



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 289 980**

51 Int. Cl.:  
**H01L 21/20** (2006.01)  
**H01L 21/00** (2006.01)  
**H01L 31/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **00106258 .7**  
86 Fecha de presentación : **22.03.2000**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1079422**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **28.02.2001**

54 Título: **Procedimiento para limpiar un aparato formador de películas semiconductoras delgadas de silicio.**

30 Prioridad: **20.08.1999 JP 11-234009**  
**20.08.1999 JP 11-234010**  
**06.10.1999 JP 11-285334**  
**15.10.1999 JP 11-293975**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.02.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.02.2008**

73 Titular/es: **KANEKA CORPORATION**  
**2-4, Nakanoshima 3-chome**  
**Kita-ku, Osaka-shi, Osaka 530-8288, JP**

72 Inventor/es: **Nishio, Hitoshi;**  
**Yamagishi, Hideo y**  
**Kondo, Masataka**

74 Agente: **Sugrañes Moliné, Pedro**

ES 2 289 980 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 para limpiar un aparato formador de películas semiconductoras delgadas de silicio.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de lavado de un aparato de formación de película de semiconductor basado en silicio, como un aparato de fabricación de células solares, a un procedimiento de fabricación de un dispositivo semiconductor que comprende las etapas de formación de una capa de semiconductor de tipo p, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor de tipo n en un aparato de formación de película.

10 En la formación de un panel de batería solar, que es un dispositivo semiconductor, se forman sucesivamente una capa de semiconductor de tipo p, una capa de semiconductor de tipo i y un semiconductor de tipo n una sobre otra en la superficie de, por ejemplo, un sustrato de vidrio. Esta capa de semiconductor de tipo p, capa de semiconductor de tipo i y capa de semiconductor de tipo n se forman para diferir unas de otras en grosor. En general, la capa de semiconductor de tipo p se forma fina para aumentar la cantidad de luz eficaz. Además, la capa de semiconductor de tipo i se forma gruesa para mejorar la eficacia de conversión. Por ejemplo, la capa de semiconductor de tipo p se forma en un grosor de 70 Å aproximadamente, la capa de semiconductor de tipo i se forma en un grosor de 3.000 Å aproximadamente y la capa de semiconductor de tipo n se forma en un grosor de 150 Å aproximadamente en muchos casos.

15 Cada una de la capa de semiconductor de tipo p, la capa de semiconductor de tipo i y la capa de semiconductor de tipo n se forma por un procedimiento de DQV. La formación de película por el procedimiento de DQV se efectúa dentro de una cámara de formación de película. En este caso, se sabe en la técnica que en una única cámara de formación de película se forman sucesivamente una capa de semiconductor de tipo p, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor de tipo n. En este procedimiento, sin embargo, el tiempo de procedimiento se prolonga, lo que conduce a una baja productividad.

20 Para superar esta dificultad, se usan cámaras de formación de película exclusivas para formar sucesivamente la capa de semiconductor de tipo p, la capa de semiconductor de tipo i y la capa de semiconductor de tipo n. Debe observarse en esta conexión que el tiempo requerido para formar la capa de semiconductor de tipo i, que tiene el mayor grosor, es considerablemente mayor que el tiempo requerido para formar cualquiera de las capas de semiconductores de tipo p y de tipo n. Es inevitable que las cámaras de formación de película para formar las capas de semiconductores de tipo p y de tipo n incurran en un tiempo perdido, lo que conduce a una baja productividad.

25 Por otra parte, las capas de semiconductores de tipo p, de tipo i y de tipo n se forman en general a diferentes temperaturas. Por ejemplo, la capa de semiconductor de tipo p que actúa como una capa de ventana en el lado de la luz incidente se forma a una temperatura inferior a la de formación de la capa de semiconductor de tipo i con el fin de ampliar el intervalo de banda y para suprimir el daño hecho en el electrodo dispuesto por debajo de la capa de semiconductor de tipo p. Asimismo, la capa de semiconductor de tipo i se forma a una temperatura superior a la de formación de la capa de semiconductor de tipo p en vista de la fotoestabilidad. El documento EP-A-0.932.207 desvela un aparato para fabricar un dispositivo fotovoltaico y un procedimiento para lavar el aparato.

30 Cuando las capas de semiconductores de tipo p, de tipo i y de tipo n se forman en cámaras de formación de película exclusivas dispuestas en serie, cada cámara de formación de película se ajusta a una temperatura adaptada para formar la capa de semiconductor deseada. Por ejemplo, la cámara de formación de película para formar la capa de semiconductor de tipo p se ajusta a 160°C aproximadamente. Asimismo, cada una de las cámaras para formar las capas de semiconductor de tipo i y de tipo n se ajusta a aproximadamente 200°C.

35 Para mejorar la productividad para formar capas de semiconductor en un sustrato de esta forma, se requiere realizar control de temperatura para permitir que la temperatura del sustrato transferido a cada una de las cámaras de formación de película se ajuste a una temperatura de formación de película dentro de la cámara en un tiempo breve. Por ejemplo, si una capa de semiconductor de tipo p se ha formado en un sustrato cuya temperatura se ha controlado a 160°C, es necesario elevar la temperatura del sustrato a 200°C aproximadamente, para formar una capa de semiconductor de tipo i en la capa de semiconductor de tipo p en la siguiente etapa.

40 Sin embargo, incluso si el sustrato se transfiere a la cámara de formación de película controlada a una temperatura predeterminada, lleva tiempo que el sustrato se caliente desde 160°C a una temperatura deseada de 200°C, con el resultado de que el tiempo de procedimiento para formar una capa de semiconductor en el sustrato se prolonga. Por el contrario, incluso si la temperatura del sustrato se ajusta dentro de un tiempo de procedimiento breve, es difícil ajustar la temperatura del sustrato a una temperatura predeterminada dentro del tiempo breve. Además, si las cámaras de formación de película se ajustan a temperaturas diferentes en conformidad con las temperaturas de las capas de semiconductor formadas dentro de estas cámaras, el esfuerzo térmico recibido por el sustrato transferido a la cámara de formación de película de diferentes temperaturas se incrementa. Seguidamente es posible que se den malos efectos en el sustrato y en la capa de semiconductor formada en el sustrato. Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento mejorado para lavar un aparato de formación de película de semiconductor.

45 Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de fabricación de un dispositivo semiconductor, que permite formar sucesivamente una capa de semiconductor de tipo p, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor de tipo n en una superficie del sustrato en cámaras de formación de película exclusivas a la vez que se evita un tiempo perdido en el funcionamiento de cada una de las cámaras de formación de película.

## ES 2 289 980 T3

Otro objeto es proporcionar un aparato para fabricar un dispositivo semiconductor, que permite formar sucesivamente una capa de semiconductor de tipo p, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor de tipo n en una superficie del sustrato en cámaras de formación de película exclusivas a la vez que se evita un tiempo perdido en funcionamiento de cada una de las cámaras de formación de película.

5

Otro objeto es proporcionar un procedimiento de fabricación de un dispositivo semiconductor, que permite formar sucesivamente una capa de semiconductor de tipo p, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor de tipo n en una superficie del sustrato en un tiempo breve en cámaras de formación de película exclusivas a la vez que se suprime un esfuerzo térmico impuesto al sustrato y a las capas de semiconductor formadas en la superficie del sustrato.

10

Otro objeto más de la presente invención es proporcionar un aparato para fabricar un dispositivo semiconductor, que permite formar sucesivamente una capa de semiconductor de tipo p, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor de tipo n en una superficie de sustrato en un tiempo breve en cámaras de formación de película exclusivas a la vez que se suprime un esfuerzo térmico impuesto al sustrato y a las capas de semiconductor formadas en la superficie del sustrato. El objeto de la invención se consigue con las características de las reivindicaciones.

15

Según un primer aspecto ilustrativo, se proporciona un procedimiento de fabricación de un dispositivo semiconductor en el que un sustrato se transfiere sucesivamente a una primera cámara de formación de película para formar una capa de semiconductor de un primer tipo de conductividad, a una pluralidad de segundas cámaras de formación de película para formar una capa de semiconductor de tipo i y a una tercera cámara de formación de película para formar una capa de semiconductor de un segundo tipo de conductividad, estando dispuestas las cámaras de formación de película primera, segunda y tercera en serie, para formar sucesivamente una capa de semiconductor del primer tipo de conductividad, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor del segundo tipo de conductividad dentro de estas cámaras de formación de película primera, segunda y tercera, respectivamente, en la superficie del sustrato, comprendiendo el procedimiento la etapa de transferir simultáneamente los sustratos dispuestos dentro de las cámaras de formación de película primera, segunda y tercera y teniendo cada uno una capa de semiconductor formada en el mismo en cámaras adyacentes en el lado descendente.

20

25

Según un segundo aspecto ilustrativo, se proporciona un aparato para fabricar un dispositivo semiconductor, que comprende un cuerpo de cámara de formación de película que incluye una primera cámara de formación de película para formar una capa de semiconductor de un primer tipo de conductividad, una segunda cámara de formación de película para formar una capa de semiconductor de tipo i y una tercera cámara de formación de película para formar una capa de semiconductor de un segundo tipo de conductividad, que están dispuestas en serie, elementos que pueden abrirse para abrir-cerrar orificios de comunicación formados en tabiques de división, sirviendo cada tabique de división para dividir dos cámaras de formación de película adyacentes; elementos de control para accionar simultáneamente todos los elementos que pueden abrirse de manera que se controle la abertura-cierre del orificio de comunicación realizado en cada uno de los tabiques de división; y elementos de transferencia para transferir simultáneamente en la dirección descendente los sustratos que tienen una capa de semiconductor del primer tipo de conductividad, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor del segundo tipo de conductividad formadas en los mismos en las cámaras de formación de película primera, segunda y tercera, respectivamente.

30

35

40

La invención puede comprenderse más completamente a partir de la siguiente descripción detallada cuando se toma en conjunción con los dibujos adjuntos, en los que:

45

la fig. 1 es una vista frontal que muestra la construcción completa de un aparato para fabricar un dispositivo semiconductor según un primer ejemplo;

la fig. 2 es una vista lateral en sección transversal que muestra la construcción completa de un aparato para fabricar un dispositivo semiconductor según el primer ejemplo;

50

la fig. 3 es una vista en sección transversal que muestra una película de semiconductor formada por el aparato de fabricación de semiconductores mostrado en la fig. 1;

55

la fig. 4 es un gráfico que muestra los cambios con el tiempo en las temperaturas del sustrato y el soporte según el primer ejemplo;

la fig. 5 es una vista frontal que muestra una modificación del aparato para fabricar un dispositivo semiconductor según el primer ejemplo;

60

la fig. 6, que muestra esquemáticamente un aparato para fabricar un dispositivo semiconductor, es para describir un segundo ejemplo;

la fig. 7 ilustra un aparato de DQV de plasma;

65

las fig. 8A y 8B que muestran colectivamente un aparato de DQV de plasma, son para describir una forma de realización de la presente invención; y

## ES 2 289 980 T3

las fig. 9A a 9C muestran colectivamente una instalación de lavado usada en la forma de realización de la presente invención.

Los ejemplos primero y segundo se distinguen porque una primera cámara de formación de película para formar una capa de semiconductor de un primer tipo de conductividad, una pluralidad de segundas cámaras de formación de película cada una para formar una capa de semiconductor de tipo i y una tercera cámara de formación de película para formar un segundo tipo de conductividad se disponen en serie, y porque los sustratos que tienen las capas de semiconductor formadas en las cámaras de formación de película primera, segunda y tercera, respectivamente, se transfieren simultáneamente a las cámaras de formación de película adyacentes en el lado descendente.

En los ejemplos primero y segundo, se dispone una pluralidad de segundas cámaras de formación de película porque lleva más tiempo formar una capa de semiconductor de tipo i en la segunda cámara de formación de película. Dada la disposición de una pluralidad de segundas cámaras de formación de película, los sustratos que tienen capas de semiconductor formadas en las cámaras de formación de película primera, segunda y tercera, respectivamente, pueden transferirse simultáneamente a las cámaras de formación de película adyacentes en el lado descendente de manera que eliminen el tiempo de espera de funcionamiento y, así, mejoren la productividad.

En los ejemplos primero y segundo, la presión en cada una de las cámaras de formación de película primera y tercera para formar las capas de semiconductores de tipo p y de tipo n puede hacerse inferior a en la segunda cámara de formación de película para formar la capa de semiconductor de tipo i. Dado que la presión en la segunda cámara de formación de película para formar la capa de semiconductor de tipo i se ajusta más alta, se evita que las impurezas usadas para formar las capas de semiconductores de tipo p y de tipo n entren en la segunda cámara de formación de película cuando los sustratos se transfieren simultáneamente a las cámaras de formación de película adyacentes en el lado descendente.

Asimismo, la temperatura dentro de la primera cámara de formación de película puede ajustarse sustancialmente igual a la de dentro de la segunda cámara de formación de película. En este caso, la temperatura del sustrato en la etapa de formación de la capa de semiconductor del primer tipo de conductividad dentro de la primera cámara de formación de película puede ajustarse inferior a en la etapa de formación de la capa de semiconductor de tipo i dentro de la segunda cámara de formación de película dado el retardo de tiempo para la elevación de la temperatura por calentamiento.

En este caso, la temperatura del sustrato se eleva gradualmente desde la temperatura para formar la capa de semiconductor de tipo p a la temperatura para formar la capa de semiconductor de tipo p, incluso si la temperatura de una pluralidad de cámaras de formación de película se ajusta sustancialmente igual. En consecuencia, la capa de semiconductor de tipo i puede formarse a una temperatura superior a la de formación de la capa de semiconductor de tipo p. Además, como la temperatura del sustrato se eleva gradualmente durante la formación de la capa de semiconductor de tipo p, el tiempo requerido para calentamiento del sustrato a la temperatura adaptada para formación de la capa de semiconductor de tipo i puede acortarse.

En este caso, la temperatura de las cámaras de formación de película para formar la capa de semiconductor de tipo p y la capa de semiconductor de tipo i se ajusta a entre 170 y 230°C, de manera se forme la capa de semiconductor de tipo p a entre 150 y 190°C dado el retardo de tiempo observado anteriormente. Asimismo, el grosor de la capa de semiconductor de tipo p puede ajustarse a entre 50 y 200 Å. Además, es posible no calentar la cámara de formación de película para formar la capa de semiconductor de tipo n. Además, el control de temperatura puede realizarse por medio de un soporte que sostiene el sustrato y transferirse sucesivamente a través de una pluralidad de cámaras de formación de película que se comunican entre sí, estando formado dicho soporte por un material que tiene una capacidad calorífica predeterminada.

A continuación se describirán varios ejemplos y formas de realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. Específicamente, la fig. 1 es una vista vertical parcial en sección transversal que muestra la construcción completa de un aparato para fabricar un dispositivo semiconductor según un primer ejemplo y la fig. 2 es una vista lateral en sección transversal del aparato mostrado en la fig. 1. Según se muestra en los dibujos, el aparato de fabricación comprende un cuerpo del aparato 1 que tiene la forma de una caja alargada. El espacio interior del cuerpo del aparato 1 se divide en una pluralidad de cámaras mediante tabiques de división 2.

Para ser más concreto, el cuerpo del aparato 1 se divide mediante los tabiques de división 2 en una cámara de calentamiento 3, una primera cámara de formación de película 4, una pluralidad de segundas cámaras de formación de película 5, una tercera cámara de formación de película 6 y una cámara de extracción 7 en el orden mencionado según se ve desde una parte de extremo en la dirección longitudinal del cuerpo del aparato 1. Se disponen aproximadamente de dos a seis segundas cámaras de formación de película 5, aunque en este ejemplo se disponen cinco segundas cámaras de formación de película 5. Incidentalmente, en las fig. 1 y 2 se omiten tres segundas cámaras de formación de película.

Según se muestra en la fig. 2, en cada tabique de división 2 que divide el espacio interior del cuerpo del aparato 1 en las cámaras 3 a 7 y los dos tabiques laterales en la dirección longitudinal del cuerpo del aparato 1 se forma un par de orificios de comunicación rectangulares 8 del mismo tamaño y forma. Cada orificio de comunicación 8 se cierra herméticamente mediante un obturador que puede abrirse 9. Cada obturador 9 está accionado por una fuente de

## ES 2 289 980 T3

accionamiento 10 para abrir o cerrar el orificio de comunicación 8, y el accionamiento de la fuente de accionamiento 10 se controla mediante un dispositivo de control 11. Como fuente de accionamiento 10 puede usarse un motor lineal o un cilindro de aire.

5 En este ejemplo, se suministra una señal de accionamiento desde el dispositivo de control 11 a las fuentes de accionamiento 10 al mismo tiempo para permitir que los obturadores 9 cierren los orificios de comunicación 8 simultáneamente.

10 Se dispone un calentador 12 en posición vertical en la parte central en la dirección a lo ancho de cada una de las cámaras 3 a 5, aunque el calentador 12 no se dispone dentro de cada una de la tercera cámara de formación de película 6 y la cámara de extracción 7. Estos calentadores 12 sirven para calentar la cámara de calentamiento 3, la primera cámara de formación de película 4 y las segundas cámaras de formación de película 5 al recibir una señal de control suministrada desde el dispositivo de control 11.

15 Se transfiere un par de soportes 14, cada uno sosteniendo un sustrato 13 en una superficie, a través de los orificios de comunicación 8 de la cámara de calentamiento 3 de manera que la otra superficie, en la que el sustrato 13 no está dispuesto, de cada uno de los soportes se coloca enfrente del calentador 12. El soporte 14 está hecho de un material que tiene una capacidad calorífica predeterminada, por ejemplo, un metal.

20 Al igual que el calentador 12, el soporte 14 se dispone también en una posición vertical y se transfiere sucesivamente desde la cámara de calentamiento 3 hacia la cámara de extracción 7, por ejemplo, mediante un robot de transferencia (no mostrado) dispuesto dentro de cada una de las cámaras 3 a 7 como elemento de transferencia. Adicionalmente, es posible disponer una cinta transportadora como elemento de transferencia en lugar del robot dentro de cada una de las cámaras 3 a 7 para permitir que la cinta transportadora transfiera el soporte 14 hacia las cámaras en el lado descendente  
25 en la dirección de transferencia.

La transferencia del soporte 14 en la cámara de calentamiento 3, la transferencia del soporte 14 fuera de la cámara de extracción 7 y la transferencia del soporte 14 en las cámaras adyacentes 4 a 7 en el lado descendente se trasladan de forma sincronizada con el tiempo en el que se abren los orificios de comunicación 8 cerrados por los obturadores 9.  
30 En otras palabras, los sustratos 13 que tienen los tratamientos, que se describirán más adelante en la presente memoria descriptiva, aplicados a los mismos en las cámaras 4 a 7, se transfieren sucesivamente junto con los soportes 14 en las cámaras dispuestas en el lado descendente al mismo tiempo.

El sustrato 13 es un panel de vidrio usado para formar, por ejemplo, un panel de batería solar. Según se muestra  
35 en la fig. 3, se forma una película de electrodo transparente 15 por delante de una superficie del sustrato 13. Según se describe en la presente memoria descriptiva más adelante, se forman una capa de semiconductor de tipo p 16, una capa de semiconductor de tipo i 17 y una capa de semiconductor de tipo n 18 consistentes cada una en una capa de silicio amorfo, sucesivamente en la capa de electrodo transparente 15.

40 La capa de electrodo transparente 15 consiste en  $\text{SnO}_2$ . Cuando la capa de electrodo transparente 15 se forma a una alta temperatura en el caso de usar  $\text{SnO}_2$ , es improbable que  $\text{SnO}_2$  se reduzca incluso si  $\text{SnO}_2$  se pone en contacto con un plasma reductor que contenga átomos de hidrógeno. Asimismo, la cantidad de metal formada se reduce. Seguidamente se evita que las capas de semiconductor se contaminen y, así, es posible suprimir marcadamente el deterioro de las características.  
45

En cada una de las cámaras de formación de película primera a tercera 4 a 6, se dispone un par de electrodos de alta frecuencia 21 para enfrentarse al sustrato 13 sostenido por el soporte 14. Se suministra energía de alta frecuencia desde el dispositivo de control 21 a cada uno de los electrodos de alta frecuencia 21.

50 Según se muestra en la fig. 1, se conecta una primera tubería de suministro 22 a la primera cámara de formación de película 4. Se suministra un primer gas de materia prima usado para formar la capa de semiconductor de tipo p 16 a través de la primera tubería de suministro 22 en la primera cámara de formación de película 4. Análogamente, se conecta una segunda tubería de suministro 23 para suministrar un gas de materia prima usado para formar la capa de semiconductor de tipo i 17 a cada una de las segundas cámaras de formación de película 5. Además, se conecta una  
55 tercera tubería de suministro 24 para suministrar un gas de materia prima usado para formar la capa de semiconductor de tipo n 18 a la tercera cámara de formación de película 6.

Como gas de materia prima se usa, por ejemplo,  $\text{SiH}_4$ . El gas de materia prima suministrado a la primera cámara de formación de película 4 se mezcla, por ejemplo, con  $\text{BH}_3$  usado como impureza, y el gas de materia prima suministrado  
60 a la tercera cámara de formación de película 6 se mezcla, por ejemplo, con  $\text{PH}_3$  como impureza. En algunos casos, el gas de materia prima se suministra a través de una pluralidad de tuberías de suministro en cada una de las cámaras de formación de película.

Además, se conecta una bomba de vacío 25 a cada una de la primera cámara de formación de película 4 y la  
65 tercera cámara de formación de película 6 de manera que se reduzca la presión interna de cada una de estas cámaras de formación de película primera y tercera 4 y 6. Adicionalmente, se usa cada una de las segundas cámaras de formación de película 5 a presión atmosférica, haciendo innecesario conectar una bomba de vacío a estas segundas cámaras de formación de película 5.

## ES 2 289 980 T3

La presión interna dentro de cada una de la primera cámara de formación de película 4 y la tercera cámara de formación de película 6 se reduce a un nivel predeterminado, seguido por suministro de los gases de materia prima en estas primera cámara de formación de película 4, segunda cámara de formación de película 5 y tercera cámara de formación de película 6. Si se suministra una energía de alta frecuencia en esta condición a los electrodos de alta frecuencia 21, el gas de materia prima suministrado a cada una de las cámaras de formación de película 4 a 6 se excita para formar un plasma. En consecuencia, en estas cámaras de formación de película 4, 5 y 6 se forman respectivamente la capa de semiconductor de tipo p 16, la capa de semiconductor de tipo i 17 y la capa de semiconductor de tipo n 18 en el sustrato 13.

El aparato de fabricación de un dispositivo semiconductor construido según se describe anteriormente se usa del modo siguiente para formar capas de semiconductor (capas de silicio amorfo) en el sustrato 13.

En la primera etapa, los calentadores 12 dispuestos dentro de la cámara de calentamiento 3, la primera cámara de formación de película 4 y las segundas cámaras de formación de película 5 se giran de manera que se calienten estas cámaras 3, 4 y 5 a la misma temperatura. Para ser más concreto, para formar las capas de semiconductor en el sustrato 13, se requiere que la capa de semiconductor de tipo i 17 se forme a una temperatura superior a la de formación de la capa de semiconductor de tipo p 16 con el fin de mejorar el rendimiento. Por tanto, la temperatura dentro de las cámaras de formación de película 3, 4, 5 se ajusta a entre 170°C y 230°C, preferentemente 200°C aproximadamente, que se adapta a la formación de la capa de semiconductor de tipo i 17.

Después de reducir la presión interna de las cámaras de formación de película primera y tercera 4 y 6 a un nivel predeterminado, se suministra un gas de materia prima usado para formar capas de semiconductor en cada una de estas cámaras de formación de película 4 y 6. Por otra parte, el gas de materia prima se introduce en cada una de las segundas cámaras de formación de película 5 sin reducir la presión interna de las mismas.

Después de la introducción de los gases de materia prima en las cámaras de formación de película, se inicia el funcionamiento del aparato haciendo funcionar el dispositivo de control 11 de manera que accione los obturadores 9 para permitir que se abran los orificios de comunicación 8 dentro de cada una de las cámaras 3 a 7. Al mismo tiempo, el soporte 14 que sostiene el sustrato 13 se introduce en la cámara de calentamiento 3. Si el soporte 14 está presente en esta fase en cada una de las cámaras de formación de película primera a tercera 4 a 6 y la cámara de extracción 7, los soportes 14 se transfieren sucesivamente en las cámaras adyacentes en el lado descendente. Asimismo, el soporte 14 en la cámara de extracción 7 es retirado de la cámara de extracción 7. La siguiente descripción aborda el caso en el que un solo soporte 14 se transfiere sucesivamente a las cámaras en el lado descendente.

El soporte 14 se transfiere intermitentemente cada cierto tiempo predeterminado. Para ser más concreto, un tiempo predeterminado después de la introducción del soporte 14 en la cámara de calentamiento 3; el soporte 14 se transfiere a la primera cámara de formación de película 4 en sucesión. En esta fase, se suministra una energía de alta frecuencia a los electrodos de alta frecuencia 21 dentro de la primera cámara de formación de película 4 de manera que excite la materia prima dentro de la primera cámara de formación de película 4 y, así, genere un plasma. En consecuencia, se forma una capa de semiconductor de tipo p 16 en el sustrato 13 sostenido por el soporte 14 transferido a la primera cámara de formación de película 4.

Un periodo de tiempo predeterminado más tarde, el soporte 14 dentro de la primera cámara de formación de película 4 se transfiere a una de una pluralidad de segundas cámaras de formación de película 5, es decir, la segunda cámara de formación de película 5 en el lado ascendente. Dentro de la segunda cámara de formación de película 5 en particular, se forma una capa de semiconductor de tipo i 17 sobre la capa de semiconductor de tipo p 16 que se formó primero en el sustrato 13. La formación de la capa de semiconductor de tipo i se realiza repetidamente dentro de las varias segundas cámaras de formación de película 5. En consecuencia, la capa de semiconductor de tipo i 17 final se hace suficientemente más gruesa que la capa de semiconductor de tipo p 16.

Después de la formación de la capa de semiconductor de tipo i 17 en un grosor predeterminado dentro de las varias segundas cámaras de formación de película 5, el soporte 14 que sostiene el sustrato 13 se transfiere a la tercera cámara de formación de película 6. Dentro de la tercera cámara de formación de película 6, se forma una capa de semiconductor de tipo n 18 en la capa de semiconductor de tipo i 17 en el sustrato 13. Además, después de la formación de la capa de semiconductor de tipo n 18, el soporte 14 que sostiene el sustrato 13 se retira al exterior a través de la cámara de extracción 7 de manera que se transfiera más en el procedimiento siguiente.

Debe observarse que, si el primer soporte 14 se transfiere desde la cámara de calentamiento 3 a la primera cámara de formación de película 4, el soporte siguiente 14 se transfiere a la cámara de calentamiento 3. Seguidamente los tratamientos requeridos se realizan simultáneamente dentro de todas las cámaras 3 a 7. Asimismo, los soportes 14 se transfieren simultáneamente desde todas las cámaras 3 a 7 a las cámaras adyacentes en el lado descendente. Las figs. 1 y 2 muestran que el soporte 14 se coloca dentro de cada una de las cámaras 3 a 7.

La fig. 4 es un gráfico que muestra los cambios con el tiempo en las temperaturas del sustrato 13 y el soporte 14 que cubren el procedimiento que se inicia con la introducción del soporte 14 que sostiene el sustrato 13 en la cámara de calentamiento 3 y que finaliza con la descarga del soporte 14 de la cámara de extracción 7. La curva en trazo continuo W mostrada en el gráfico representa el cambio en la temperatura del sustrato 13. Asimismo, otra curva H denotada por una línea en trazo discontinuo representa el cambio en la temperatura del soporte 14.

## ES 2 289 980 T3

Según se ha descrito anteriormente, el calentador 12 dentro de la cámara de calentamiento 3 se dispone enfrente de la superficie del soporte 14 en la que el sustrato 13 no está sostenido. Naturalmente, la velocidad de elevación de la temperatura del soporte 14 es superior al del sustrato 13 cuando el soporte 14 que sostiene el sustrato 13 se introduce en la cámara de calentamiento 3, visible en el gráfico de la fig. 4. Por otra parte, el tiempo de residencia del soporte 14 dentro de la cámara de calentamiento 3 se ajusta a un valor predeterminado, es decir, el tiempo que no es suficientemente prolongado para que el soporte 14 se caliente a aproximadamente 200°C que es la temperatura de ajuste de la cámara de calentamiento 3. En consecuencia, el soporte 14 y el sustrato 13 se transfieren a la primera cámara de formación de película 4 a, por ejemplo, entre 140°C y 150°C, que es inferior a los 200°C ajustados para la cámara de calentamiento 3.

La temperatura de la primera cámara de formación de película 4 se ajusta a 200°C. Por tanto, si el soporte 14 y el sustrato 13 se transfieren a la primera cámara de formación de película 4, las temperaturas del soporte 14 y el sustrato 13 aumentan gradualmente dentro de la primera cámara de formación de película 4, en comparación con las temperaturas a las que el soporte 14 y el sustrato 13 se transfieren fuera de la cámara de calentamiento 3. Durante el procedimiento de elevación de la temperatura, la capa de semiconductor de tipo p 16 se forma en la superficie del sustrato 13 dentro de la primera cámara de formación de película 4.

En este ejemplo, la capa de semiconductor de tipo p 16 se forma en el estado en que el sustrato 13 se calienta a 160°C aproximadamente. La temperatura del sustrato 13 dentro de la primera cámara de formación de película 4 se determina por el periodo de tiempo entre la introducción del sustrato 13 en la cámara de calentamiento 3 y la formación de la capa de semiconductor de tipo p dentro de la primera cámara de formación de película 4 y por la capacidad calorífica del soporte 14, es decir, por el material y el grosor del soporte 14. Por tanto, incluso si la temperatura dentro de la cámara de calentamiento 3 y la primera cámara de formación de película 4, se ajusta a 200°C, la capacidad calorífica del soporte 14 hace posible que el sustrato 13 se introduzca en la primera cámara de formación de película 4 a 160°C aproximadamente, lo cual es suficientemente inferior a 200°C. En consecuencia, la capa de semiconductor de tipo p 16 puede formarse a aproximadamente 160°C, lo que es suficientemente inferior a la temperatura ajustada en la primera cámara de formación de película 4.

La capa de semiconductor de tipo p 16 se forma en general con un grosor de 50 a 200 Å. En este ejemplo, la capa de semiconductor de tipo p 16 se forma con un grosor de 70 Å aproximadamente. Si la capa de semiconductor de tipo p 16 se forma suficientemente fina, la cantidad de luz eficaz puede aumentarse. Incidentalmente, el grosor de la capa de semiconductor de tipo p 16 puede controlarse controlando el tiempo de formación de película.

Hasta que el sustrato 13 se transfiere desde la primera cámara de formación de película 4 a la segunda cámara de formación de película adyacente 5, el soporte 14 se calienta suficientemente para alcanzar la temperatura de 200°C ajustada en la segunda cámara de formación de película 5. Naturalmente, el sustrato 13 sostenido por el soporte 14 también se calienta a 200°C, lo que es sustancialmente igual a la temperatura ajustada en la segunda cámara de formación de película 5.

Se forma sucesivamente una capa de semiconductor de tipo i 17 en el sustrato 13 dentro de las varias segundas cámaras de formación de película 5. En este ejemplo, se incluyen cinco segundas cámaras de formación de película 5 en el aparato de fabricación de dispositivos de semiconductor. Como la capa de semiconductor de tipo i 17 se forma en las cinco segundas cámaras de formación de película 5, el grosor de la capa de semiconductor de tipo i 17 puede hacerse marcadamente más grande que el de la capa de semiconductor de tipo p 16 de manera que el grosor de la capa de semiconductor de tipo i 17 alcance, por ejemplo, 700 Å aproximadamente.

El sustrato 13 que tiene la capa de semiconductor de tipo i 17 formada en el mismo se transfiere a continuación a la tercera cámara de formación de película 6 para formar una capa de semiconductor de tipo n 8 en la capa de semiconductor de tipo i 17. No se dispone un calentador dentro de la tercera cámara de formación de película 6. Por tanto, el sustrato 13 calentado a 200°C dentro de las segundas cámaras de formación de película 5 se enfría gradualmente durante la formación de la capa de semiconductor de tipo n 18.

Debe observarse que el soporte 14 produce un efecto de acumulación de calor, con el resultado de que se evita que el sustrato 13 se enfríe rápidamente. Debe observarse también que la capa de semiconductor de tipo n 18 se forma en un grosor de 150 Å aproximadamente.

El sustrato 13 que tiene la capa de semiconductor de tipo n 18 formada en el mismo en la tercera cámara de formación de película 6 se transfiere a la cámara de extracción 7 y se deja en reposo dentro de la cámara de extracción 7 hasta que el sustrato 13 se enfría a temperaturas a las que el sustrato 13 pueda manipularse.

Durante la formación de la capa de semiconductor de tipo n 18 dentro de la tercera cámara de formación de película 6, el sustrato 13 no se calienta con un calentador. Naturalmente, el sustrato 13 transferido a la tercera cámara de formación de película 6 se enfría gradualmente. Asimismo, el sustrato 13 que tiene la capa de semiconductor de tipo n 18 formada en el mismo se sostiene dentro de la cámara de extracción 6 durante un periodo de tiempo predeterminado. En consecuencia, el sustrato 13, cuando se retira de dentro de la cámara de extracción 7, se enfría suficientemente a una temperatura a la que el sustrato 13 pueda manipularse. En otras palabras, el sustrato 13 retirado de dentro de la cámara de extracción 7 puede manipularse de inmediato.

## ES 2 289 980 T3

5 Cuando los soportes 14 dentro de las cámaras 3 a 7 se transfieren a cámaras adyacentes en el lado descendente o al exterior desde la cámara de extracción 7, todos los obturadores 9 son accionados simultáneamente por las fuentes de accionamiento 10 de manera que abren los orificios de comunicación 8 de las cámaras 3 a 7. A continuación, los soportes 14 dentro de las cámaras 3 a 7 se transfieren simultáneamente a través de los orificios de comunicación 8 a las cámaras adyacentes en el lado descendente o al exterior por elementos de transferencia como robots (no mostrados).

10 Dado que se disponen cinco segundas cámaras de formación de película 5 para formar la capa de semiconductor de tipo i 17, la capa de semiconductor de tipo i 17 se forma repetidamente dentro de estas cinco segundas cámaras de formación de película 5. Por tanto, la capa de semiconductor de tipo i 17 puede formarse más gruesa que una cualquiera de la capa de semiconductor de tipo p 16 y la capa de semiconductor de tipo n 18 incluso si todos los soportes 14 dentro de las cámaras 3 a 7 se desplazan simultáneamente en la dirección descendente. Además, las capas de semiconductores de tipo p, tipo i y de tipo n se forman en grosores deseados en el sustrato 13 sostenido por el soporte 14 dentro de las cámaras de formación de película 4, 5 y 6 ya que se dispone una pluralidad de segundas cámaras de formación de película 5.

15 Lo que debe observarse es que, incluso cuando la capa de semiconductor de tipo i 17 se forma más gruesa que una cualquiera de la capa de semiconductor de tipo p 16 y la capa de semiconductor de tipo n 18, estas capas de semiconductor pueden formarse continuamente dentro de las cámaras de formación de película 4, 5 y 6 sin producir un aumento del tiempo de espera de funcionamiento. En consecuencia, el tiempo de procedimiento que empieza con la introducción del sustrato 13 en la primera cámara de formación de película 4 y que termina con la transferencia del sustrato 13 desde dentro de la tercera cámara de formación de película 6 puede acortarse de manera que se aumente la productividad.

20 La presión interna de cada una de la primera cámara de formación de película 4 y la tercera cámara de formación de película 6 es reducida por la bomba de vacío 25 para hacer la presión interna expuesta anteriormente inferior a la de la segunda cámara de formación de película 5. En consecuencia, incluso si se permite que las segundas cámaras de formación de película se comuniquen con la primera cámara de formación de película 4 y con la tercera cámara de formación de película 6 transfiriendo simultáneamente los soportes 14 dentro de las cámaras 3 a 7, se evita que los gases de materia prima que contienen impurezas que se suministran a la primera cámara de formación de película 4 y la tercera cámara de formación de película 6 fluyan en las segundas cámaras de formación de película 5 que tienen una presión interna superior. Seguidamente es posible evitar sin fallo que se mezclen las impurezas en la capa de semiconductor de tipo i 17 formada en la segunda cámara de formación de película 5.

25 Los dispositivos no se limitan a los ejemplos descritos anteriormente y pueden modificarse de varias maneras. Por ejemplo, en el ejemplo descrito anteriormente, se dispone una cámara de extracción 7 en sentido descendente desde la tercera cámara de formación de película 6. Sin embargo, no es absolutamente necesario disponer dicha cámara de extracción. Asimismo, es posible disponer un calentador dentro de la tercera cámara de formación de película 6 para controlar la temperatura dentro de la tercera cámara de formación de película a un nivel igual al de dentro de las cámaras de formación de película primera y segunda. En este caso, la temperatura de la tercera cámara de formación de película 6 puede ajustarse a 200°C, que es igual a la de las cámaras de formación de película primera y segunda 4 y 5, o a un nivel ligeramente inferior a 200°C.

30 Asimismo, en el ejemplo descrito anteriormente, se forman una capa de semiconductor de tipo p, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor de tipo n en el orden mencionado en un sustrato transparente. Sin embargo, es posible formar una capa de semiconductor de tipo n, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor de tipo p en el orden mencionado. Además, las capas de semiconductor pueden ser una estructura en tándem que tiene una pluralidad de estructuras laminadas, consistente cada una en una capa de semiconductor de tipo p, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor de tipo n.

35 Asimismo, el número de segundas cámaras de formación de película para formar una capa de semiconductor de tipo i no se limita a entre dos y seis. En otras palabras, es posible usar siete o más segundas cámaras de formación de película. Lo que es importante es que el número de segundas cámaras de formación de película se determina de modo que permita que la capa de semiconductor de tipo i retirada de la segunda cámara de formación de película final tenga un grosor deseado en el caso de transferir simultáneamente los soportes dentro de todas las cámaras.

40 En el ejemplo descrito anteriormente, el aparato de fabricación de dispositivos de semiconductor comprende una única primera cámara de formación de película y una única tercera cámara de formación de película. Sin embargo, es posible, por supuesto, usar una pluralidad de primeras cámaras de formación de película y una pluralidad de terceras cámaras de formación de película dependiendo del grosor deseado de la capa de semiconductor de tipo p y de la capa de semiconductor de tipo n.

45 En el ejemplo descrito anteriormente, la bomba de vacío 25 se conecta a sólo la primera cámara de formación de película 4 y la tercera cámara de formación de película 6, según se muestra en la fig. 1. Alternativamente, la bomba de vacío 25 puede conectarse a cada una de las cámaras, según se muestra en la fig. 5, de manera que se reduzca la presión interna de cada una de las cámaras.

50 Según se describe anteriormente, se dispone una pluralidad de segundas cámaras de formación de película para formar una capa de semiconductor de tipo i en un grosor grande, y todos los sustratos sostenidos dentro de la cámara

## ES 2 289 980 T3

de calentamiento, las cámaras de formación de película y la cámara de extracción se transfieren simultáneamente a las cámaras adyacentes en el lado descendente. En consecuencia, puede eliminarse un tiempo de espera de funcionamiento de manera que se mejora la productividad.

5 Debe observarse también que la presión dentro de la cámara de formación de película para formar cada una de la capa de semiconductor de tipo p y la capa de semiconductor de tipo n se ajusta como inferior a la de dentro de la segunda cámara de formación de película para formar la capa de semiconductor de tipo i. Seguidamente, incluso si los sustratos sostenidos en todas las cámaras se transfieren simultáneamente a las cámaras adyacentes en el lado descendente para mejorar la productividad, es posible evitar que las impurezas usadas para formar las capas de  
10 semiconductores de tipo p y de tipo n entren en la cámara para formar la capa de semiconductor de tipo i.

Además, en este ejemplo, la primera cámara de formación de película 4 y las segundas cámaras de formación de película 5 pueden hacerse sustancialmente iguales entre sí en temperatura, aunque la temperatura del sustrato en el que se forma la capa de semiconductor de tipo i dentro de la segunda cámara de formación de película 5 es superior a la de la capa de semiconductor de tipo p que se forma dentro de la primera cámara de formación de película 4. Lo que debe observarse es que cada una de la capa de semiconductor de tipo p y la capa de semiconductor de tipo i se forma cuando la temperatura del sustrato se eleva al nivel deseado en la etapa de formación de la capa de semiconductor, debido al retardo de tiempo de la elevación de temperatura. Seguidamente es posible eliminar el tiempo de espera requerido para el calentamiento del sustrato a la temperatura deseada, de manera que se acorte el tiempo de procedimiento y, así, se mejore la productividad. Además, como las cámaras de formación de película primera y segunda se ajustan a la misma temperatura, es posible aliviar el esfuerzo térmico aplicado al sustrato, disminuyendo con ello la generación de partículas.

Como ya se ha descrito, la capa de semiconductor de tipo p se forma a una temperatura inferior a la necesaria para formar la capa de semiconductor de tipo i, haciendo posible ampliar el intervalo de banda de la capa de semiconductor de tipo p, suprimir el daño hecho al electrodo inferior y mejorar la fotoestabilidad de la capa de semiconductor de tipo i.

Asimismo, como la capa de semiconductor de tipo p se forma con un grosor predeterminado, la capa de semiconductor de tipo p puede formarse a una temperatura adecuada. Asimismo, la cantidad de luz eficaz puede aumentarse.

Lo que debe observarse también es que la tercera cámara de formación de película para formar una capa de semiconductor de tipo n no se calienta, con el resultado de que el tiempo requerido para enfriar el sustrato después de la formación de la capa de semiconductor de tipo n puede acortarse, lo que conduce a una productividad mejorada.

35 A continuación se describirá un segundo ejemplo.

En un aparato de formación de película de tipo multicámara separado en línea según se muestra en la fig. 1, el sustrato se calienta en general a 200°C aproximadamente mediante un calentador dispuesto dentro de la cámara de formación de película para formar una capa de semiconductor en el sustrato. Sin embargo, el calentamiento al vacío lleva un tiempo prolongado, lo que conduce a un alto coste de fabricación. Asimismo, como el sustrato se desplaza sucesivamente, es muy difícil monitorizar la temperatura del sustrato dentro de la cámara de formación de película.

Además, el calor se acumula en el soporte que sustenta el sustrato durante el uso repetido del soporte. Asimismo, el sustrato está afectado por la temperatura ambiente. Ante esta situación, la temperatura del sustrato dispuesto dentro de una cámara de carga no consigue mantenerse constante, haciendo difícil mantener constante la temperatura del sustrato dispuesto dentro de la cámara de formación de película.

Para superar los problemas observados anteriormente, el segundo ejemplo se dirige a un procedimiento de fabricación de un dispositivo de conversión fotoeléctrica, que comprende la etapa de transferir sucesivamente el soporte que sustenta el sustrato en una pluralidad de cámaras de formación de película dispuesto en una configuración en línea para formar una capa de semiconductor en la superficie del sustrato dentro de cada una de las cámaras de formación de película, en el que la temperatura del sustrato sustentado en el soporte, que se introduce en la primera cámara de formación de película, se controla como constante a presión atmosférica.

55 En el segundo ejemplo es posible monitorizar la temperatura del sustrato que se introduce en la primera cámara de formación de película y la temperatura del sustrato que se retira de la cámara de formación de película final. También es posible controlar las temperaturas dentro de una pluralidad de cámaras de formación de película de acuerdo con la temperatura monitorizada del sustrato introducido en la primera cámara de formación de película. Adicionalmente, la temperatura del sustrato puede monitorizarse montando un termómetro en el soporte.

La temperatura del sustrato sustentado en el soporte que se introduce en la primera cámara de formación de película puede controlarse insuflando aire caliente contra el sustrato, pulverizando el sustrato con un vapor a alta presión o irradiando el sustrato con rayos infrarrojo. Entre estos procedimientos, el más deseable es el empleo del procedimiento de insuflar aire caliente contra el sustrato, ya que el procedimiento en concreto es fácil de efectuar, de bajo coste, y permite la elevación de temperatura requerida en un tiempo breve. Es deseable usar un aire limpio purificado como aire caliente.

## ES 2 289 980 T3

5 Como dentro de la primera cámara de formación de película se forma una capa de semiconductor a entre 160°C y 240°C, es deseable que la temperatura del sustrato sustentado en el soporte que se introduce en la primera cámara de formación de película sea inferior y cercana al intervalo de temperatura ofrecido anteriormente. Para ser más concreto, es deseable que la temperatura particular se controle para que sea superior a 100°C, por ejemplo, a entre 100°C y 150°C.

10 En el segundo ejemplo construido según se describe anteriormente, la temperatura del sustrato sustentado en el soporte que se introduce en la primera cámara de formación de película se controla como constante a presión atmosférica, haciendo posible controlar la temperatura del sustrato dentro de las cámaras de formación de película fácilmente en un tiempo breve y a un coste bajo.

15 La fig. 6 muestra esquemáticamente un aparato de formación de película de DQV en línea según el segundo ejemplo. El aparato mostrado en las fig. 1 y 2 se emplea realmente en el segundo ejemplo. Específicamente, se forma una capa de semiconductor de tipo i en una pluralidad de cámaras de formación de película, y se transfiere una pluralidad de sustratos simultáneamente a las cámaras de formación de película adyacentes en el lado descendente. Por motivos de brevedad, sin embargo, el segundo ejemplo se describirá con referencia a la fig. 6, cubriendo el caso en que se transfiere sucesivamente un solo sustrato a través de una pluralidad de cámaras de formación de película.

20 Según se muestra en la fig. 6, se disponen en serie una cámara de formación de película 31 para formar una capa de semiconductor de tipo p, una cámara de formación de película 32 para formar una capa de semiconductor de tipo n y una cámara de formación de película 33 para formar una capa de semiconductor de tipo n. Asimismo, se dispone una cámara de carga 34 en sentido ascendente desde la cámara de formación de película 31, y se dispone una cámara de descarga 35 en sentido descendente de la cámara de formación de película 33.

25 Se transfiere un soporte 37 que sostiene un sustrato 36 en el que deben formarse las capas de semiconductor por un sistema de circulación de soporte 38 a través de la cámara de carga 34, las cámaras de formación de película 31, 32, 33 y la cámara de descarga 35 de manera que se use repetidamente, tal como puede verse en el dibujo.

30 En la cámara de carga 34, se insufla aire caliente a través de una boquilla de soplado 39 contra el sustrato 36 sustentado en el soporte 37, con el resultado de que el sustrato 36 se calienta a una temperatura predeterminada. En general, el sustrato 36 se calienta a entre 100°C y 150°C dentro de la cámara de carga 34. Naturalmente, la temperatura y el tiempo de soplado del aire caliente se controlan para permitir que el sustrato 36 se caliente a una temperatura deseada. Es necesario efectuar el control de temperatura en vista de la temperatura del soporte en sí y de la temperatura ambiente. Además, también se tiene en cuenta la temperatura del soporte retirado de la cámara de formación de película final 33 para efectuar el control de temperatura.

40 La presión atmosférica se mantiene dentro de la cámara de carga 34. Por tanto, la temperatura del sustrato dentro de la cámara de carga 34 puede elevarse por el insuflado del aire caliente a un nivel deseado fácilmente en un tiempo breve.

45 El sustrato 36 calentado a la temperatura deseada se transfiere sucesivamente a la cámara de formación de película 31, la cámara de formación de película 32 y la cámara de formación de película 33 para formar una capa de semiconductor de tipo p, una capa de semiconductor de tipo i y una capa de semiconductor de tipo n, respectivamente, en el sustrato 36. En cada una de las cámaras de formación de película, la capa de semiconductor se forma en el sustrato 36 calentado a 200°C por un calentador. Debe observarse en esta conexión que el sustrato 36 se calienta a una temperatura predeterminada que se encuentra dentro de un intervalo entre 100°C y 150°C antes de que el sustrato 36 se transfiera a la cámara de formación de película 31 para formar una capa de semiconductor de tipo p. Por tanto, la elevación de temperatura a 200°C puede conseguirse con precisión en un tiempo muy breve.

50 Según se ha descrito anteriormente, se monta un termómetro en el soporte 37, y se monitoriza la temperatura del soporte 37 cuando el soporte 37 se introduce en la primera cámara de formación de película 31 y cuando se retira de la cámara de formación de película final 33. La temperatura del calentador dispuesto dentro de cada una de las cámaras de formación de película se controla en la base de la temperatura monitorizada.

55 Adicionalmente, es posible disponer al menos una cámara intermedia entre las cámaras de formación de película adyacentes mostradas en la fig. 6, es decir, entre la cámara de formación de película 31 y la cámara de formación de película 32 y/o entre la cámara de formación de película 32 y la cámara de formación de película 33. Es también posible usar una pluralidad de cámaras de formación de película para formar la misma clase de capa de semiconductor en vista de las diferencias en el grosor deseado y en el tiempo de formación de película entre las capas de semiconductor formadas en el mismo sustrato.

60 Se formaron sucesivamente una capa amorfa de semiconductor de tipo p, una capa amorfa de semiconductor de tipo i y una capa amorfa de semiconductor de tipo n en un sustrato que tenía una capa de vidrio de SnO<sub>2</sub> formada en el mismo con antelación usando un aparato de formación de película de DQV en el que se dispuso una pluralidad de cámaras de formación de película de descomposición de descarga luminiscente de tipo acoplamiento de condensador de placas paralelas en una configuración en línea.

## ES 2 289 980 T3

En la primera etapa, el sustrato 36 que tiene una capa de vidrio de SnO<sub>2</sub> formada en el mismo se dispuso con antelación en el soporte 37 dentro de la cámara de carga 34. A continuación, la temperatura del sustrato se elevó a 120°C insuflando aire caliente de 200°C a presión atmosférica contra el sustrato 36 a través de la boquilla de aire caliente 39 durante 300 segundos. La temperatura del sustrato se monitorizó mediante el termómetro montado en el soporte 37.

A continuación, se transfirió el soporte 37 que sustenta el sustrato 36 a la cámara de formación de película 31 para formar una capa de semiconductor de tipo p, y se calentó el sustrato 36 dentro de la cámara de formación de película 31 mediante un calentador ajustado a 180°C. En esta condición, se introdujeron 300 sccm de SiH<sub>4</sub>, 700 sccm de CH<sub>3</sub>, 5 sccm de B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> y 1.000 sccm de H<sub>2</sub> en la primera cámara de formación de película 31 de manera que se formara una capa amorfa de semiconductor de tipo p en un grosor de 10 nm a la presión de reacción de 1 Torr y una potencia RF de 30 mW/cm<sup>2</sup>.

En la siguiente etapa, se agotó el gas residual dentro de la cámara de formación de película 31, seguido por transferencia del soporte 37 que sustenta el sustrato 36 en la cámara de formación de película adyacente 32 para formar una capa de semiconductor de tipo i. La cámara de formación de película 32 se calentó a presión reducida con la temperatura del calentador ajustada a 200°C, seguido por la introducción de 500 sccm de SiH<sub>4</sub> en la cámara de formación de película 32 de manera que se formara una capa de semiconductor de tipo i en un grosor de 300 nm a una presión de reacción de 0,3 Torr y una potencia RF de 50 mW/cm<sup>2</sup>.

Además, se agotó el gas residual dentro de la cámara de formación de película 32, seguido por la transferencia del soporte 37 que sustenta el sustrato 36 a la cámara de formación de película adyacente 33 para formar una capa de semiconductor de tipo n. La cámara de formación de película 33 se calentó a presión reducida con la temperatura del calentador ajustada a 200°C, seguido de la introducción de 200 sccm de SiH<sub>4</sub>, 5 sccm de PH<sub>3</sub> y 4.000 sccm de H<sub>2</sub> en la cámara de formación de película 33 de manera que se formara una capa de semiconductor de tipo n en un grosor de 20 nm a una presión de reacción de 1 Torr y una potencia RF de 100 mW/cm<sup>2</sup>.

De esta forma, se formó una película amorfa de semiconductor de una estructura en tres capas que tenía una unión pin en el sustrato de vidrio 36 que tenía una capa de SnO<sub>2</sub> formada en el mismo con antelación.

Después de la formación de la película amorfa de semiconductor, el sustrato 36 se desmontó del soporte dentro de la cámara de descarga 35 y se transfirió al procedimiento posterior. Por otra parte, el soporte 37 se transfirió además desde la cámara de descarga 35 de nuevo a la cámara de carga 34.

En el procedimiento de formación de película descrito anteriormente, el sustrato 36 se calienta por aire caliente a una temperatura predeterminada antes de introducir el sustrato 36 en la cámara de formación de película 31 para formar la capa de semiconductor de tipo p. La temperatura se monitoriza mediante el termómetro montado en el soporte 37, y se ajusta la temperatura del calentador dentro de la cámara de formación de película 31 para formar la capa de semiconductor de tipo p de acuerdo con la temperatura monitorizada. Por tanto, el sustrato 36 dentro de la cámara de formación de película 31 se calienta a la temperatura requerida para formar la capa de semiconductor de tipo p con precisión en un tiempo breve. Naturalmente, la temperatura del sustrato 36 dentro de la cámara de formación de película 31 puede controlarse fácilmente.

Según se describe anteriormente, en el segundo ejemplo, la temperatura del sustrato sostenido por el soporte, que se introduce en la primera cámara de formación de película, se controla en un valor deseado a presión atmosférica. Se sigue que la temperatura del sustrato dentro de la cámara de formación de película puede controlarse fácilmente en un tiempo breve y a un coste bajo.

Una forma de realización de la presente invención se dirige a un procedimiento y aparato para lavar un aparato de formación de película de semiconductor con base de silicio como un aparato de DQV de plasma. En particular, la forma de realización se dirige a un procedimiento y aparato para lavar los elementos internos de un aparato de formación de película de tipo producción en masa como un aparato de tipo en línea de DQV de plasma y para lavar las bandejas en las que se disponen los sustratos.

En un aparato de formación de película de semiconductor con base de silicio como un aparato de DQV de plasma, se dispone un sustrato 43 en una bandeja 42 y se transfiere a una cámara de formación de película según se muestra, por ejemplo, en la fig. 7. En esta condición, se introduce un gas de semiconductor como un gas de silano desde un sistema de introducción de gas 46 en la cámara de reacción a través de una placa de ducha 41. Al mismo tiempo, se aplica una energía de alta frecuencia generada a partir de una fuente de potencia RF 45 y que tiene una frecuencia de, por ejemplo, 13,56 MHz entre un cátodo 44 y un ánodo (bandeja) 42 de manera que se decomponga el gas de semiconductor y, así, se forme una película fina de semiconductor con base de silicio en la superficie del sustrato. En este caso, la película fina de semiconductor se forma en el sustrato 43. Al mismo tiempo, es posible que se forme una película fina de semiconductor en la bandeja 42 y en la placa de ducha 41. También es posible que se forme un polvo que contiene silicio por una descarga local.

La película con base de silicio así formada no afecta a la película fina de semiconductor formada en el sustrato en la fase inicial de la formación de película. Sin embargo, la película con base de silicio en cuestión aumenta de grosor si el procedimiento de formación de película se repite muchas veces. Finalmente, la película con base de silicio se

## ES 2 289 980 T3

exfolia de la superficie interna del aparato para formar un polvo que se deposita durante la formación de película de semiconductor. En consecuencia, se genera un defecto como un poro. Dicho fenómeno constituye un problema que sucede no sólo en un aparato de DQV de plasma sino también en un aparato de pulverización catódica o un aparato de DQV térmica.

Para eliminar dicha película con base de silicio, se acostumbraba en el pasado a retirar las piezas interiores del aparato a las que se une dicha película y la bandeja del aparato. Las piezas retiradas y la bandeja se llevan a otro lugar, y la película con base de silicio no deseada se elimina mediante un tratamiento como un procedimiento de chorro de perlas de vidrio (procedimiento de proyección de partículas de vidrio), un procedimiento por emulsión química abrasiva o lavado con un ácido. Finalmente, se vuelven a montar estas piezas y la bandeja. También se conoce en la técnica la eliminación de la película con base de silicio por el procedimiento de introducir un gas de grabado en el aparato o en otro lugar para generar un plasma.

En el procedimiento convencional de retirada de la película con base de silicio descrito anteriormente, ciertamente es posible retirar con relativamente facilidad la película que se ha hecho gruesa. Sin embargo, en el procedimiento de chorro de perlas de vidrio y el procedimiento de emulsión química abrasiva, se aplica una presión mecánica a las superficies de las piezas del aparato y la bandeja, con el resultado de que estas piezas tienden a deformarse. Asimismo, cuando se aplica el procedimiento de lavado usando un ácido, es posible retirar la película de  $\text{SiO}_2$  y la película de  $\text{SiN}_x$ . Sin embargo, es difícil retirar la película de  $\alpha\text{-Si}$  y la película de poli-Si. En particular, cuando se aplica a un aparato de DQV de plasma grande, la deformación de la bandeja hace difícil colocar el sustrato con precisión según se desea. Asimismo, la deformación provoca que la película formada en el sustrato no tenga un grosor uniforme en toda la región. En esas circunstancias, fue necesario prestar suficiente atención a la deformación de la bandeja.

Por otra parte, en el caso de usar un gas de grabado, es necesario usar un gas altamente corrosivo como  $\text{NF}_3$  o  $\text{ClF}_3$  para aumentar la velocidad de retirada de la película con base de silicio. Teóricamente es necesario usar el grabado en una cantidad igual a la cantidad del gas de reacción. Asimismo, el precio del gas de grabado es igual o superior al del gas de semiconductor, lo que conduce a un alto coste del material. Lo que debe observarse también es que es necesario usar una bomba resistente al gas corrosivo o al producto de reacción en el sistema de escape del aparato de formación de película, lo que conduce a un alto coste del aparato.

Además, debe prestarse también atención al líquido residual retirado, así como al requisito de la instalación para eliminar estos gases, ya que el líquido residual eliminado constituye un material de desecho industrial con base de flúor, que plantea un serio problema ambiental. El problema ambiental imparte una imagen negativa grave a las empresas que fabrican artículos como una batería solar eficaz para resolver el problema ambiental. Se sigue que es difícil para estas empresas adoptar estos elementos fácilmente.

La forma de realización de la presente invención se dirige a un procedimiento de lavado y un aparato de lavado para realizar el lavado de manera que la fuerza para deformar la superficie de la bandeja no se aplique a la bandeja y para lavar un aparato de formación de película de semiconductor con eficacia a un coste bajo sin requerir una instalación especial.

Para ser más concreto, en la forma de realización de la presente invención, los elementos internos del aparato de formación de película y esa parte de la bandeja a la que se une un material semiconductor están formados por piezas desmontables. Asimismo, una pluralidad de las piezas desmontables están sustentadas por una herramienta, y la herramienta y las piezas sustentadas desmontables se sumergen simultáneamente en un agente de grabado alcalino. Después de completar el grabado, esta herramienta y las piezas sustentadas se lavan con un detergente acuoso, seguido por secado de la herramienta y las piezas desmontables lavadas. Como agente de grabado alcalino se usa un detergente alcalino que contiene sosa cáustica y/o a tensioactivo. Asimismo, como agua de lavado acuoso se usa agua del grifo o agua pura.

El aparato para realizar el procedimiento descrito anteriormente, que pretende superar los problemas observados anteriormente, comprende un sistema de transferencia para transferir una herramienta que sustenta una pluralidad de piezas desmontables internas de la cámara de formación de película y las partes de la bandeja a las que se une un material semiconductor, un elemento de inmersión en un agente de grabado alcalino en el que pueden sumergirse la herramienta y las piezas sustentadas en la misma simultáneamente, un elemento de lavado acuoso en el que se ponen simultáneamente la herramienta y las piezas sustentadas en la misma después de la etapa de grabado, y un elemento de secado.

A continuación se describirá la función de la forma de realización de la presente invención.

Si se une una película fina a las piezas dentro del aparato como una placa de ducha y una placa de prevención de unión o a una bandeja en la medida en que vaya a retirarse, la bandeja de la que se ha retirado el sustrato se transfiere a un carro dispuesto en la proximidad del aparato de formación de película de semiconductor. En un aparato de formación de película de semiconductor grande como un aparato de producción en masa, la transferencia se realiza usando un elemento de transferencia como una grúa o un robot unido al aparato de formación de película.

En un aparato de formación de película de semiconductor grande se usa un gran número de placas de ducha, placas de prevención de unión, bandejas y apoyos. Cuando algunas de estas bandejas se transfieren al carro, el carro se

desplaza a una posición cercana al aparato de lavado. En una parte superior del carro se dispone un mecanismo para sostener una pluralidad de materiales de lavado. El mecanismo de sostén que sostiene el lavado se desmonta del carro de manera que sea transferido por el mecanismo de transferencia del aparato de lavado y se sumerja en un vaso de agente de grabado alcalino.

5 Después de terminar el grabado, el lavado se transfiere a un vaso de enjuagado de manera que se enjuague, por ejemplo, con agua. Se usa una pluralidad de vasos de enjuagado de manera que efectúen la operación de enjuagado sucesivamente de manera que el lavado se ponga primero en un vaso de enjuagado que contenga agua del grifo de baja pureza y, a continuación, en un vaso de enjuagado para aplicar agua del grifo de alta presión al lavado. Además, 10 el lavado se pone en vasos de enjuagado que contienen agua de intercambio iónico y agua pura, respectivamente. Después de terminar el enjuagado, los elementos lavados se secan con un viento cálido. Además, después de terminar el secado, el mecanismo de sostén y los elementos lavados sostenidos en el mecanismo de sostén se transfieren de nuevo al carro y se vuelven a montar en proximidad del aparato de formación de película de semiconductor.

15 Es posible mantener una alta velocidad de funcionamiento del aparato de formación de película de semiconductor, si se prepara una pieza de repuesto y se coloca en el carro con respecto a la pieza a la que se une una película con base de silicio, aunque el uso de la pieza de repuesto depende de la velocidad de la reacción de grabado. En este caso, el lavado puede realizarse con un agente de grabado relativamente corriente sin usar un gas costoso de manera que se reduce el coste del lavado. Debe observarse también que el lavado se transfiere al carro mediante un sistema de 20 elevación. Asimismo, el elemento de sostén del carro que sostiene las piezas internas del aparato como la placa de prevención de unión o la bandeja se transfiere a través de los vasos de lavado, los vasos de enjuagado y la cámara de secado. Seguidamente que no se aplica una fuerza de deformación a los elementos de lavado. Además, puede mejorarse la eficacia del lavado.

25 A continuación se describirá más específicamente la forma de realización de la presente invención con referencia a las fig. 8A a 9C. La siguiente descripción se dirige a un aparato de manera que se facilite una ilustración de imágenes específica. Sin embargo, el ámbito técnico de la forma de realización no se limita a la siguiente descripción. No hace falta decir que la idea técnica de la forma de realización es aplicable a un aparato semejante o similar.

### 30 *Bandeja*

La bandeja 42 usada en la forma de realización de la presente invención se ilustra en la fig. 8A. En este aparato, la bandeja 42 para formación de película se monta en un apoyo 48. La bandeja 42 puede desmontarse del apoyo 48 mediante el accionamiento de cuatro tornillos 49. Asimismo, en una parte superior de cada una de las dos bandejas 35 42 se forman dos orificios de suspensión 50 para transferir al carro. Las herramientas de elevación se ajustan en estos orificios de suspensión 50, y las bandejas 42 se transfieren mediante una grúa o un robot a la parte de suspensión del carro de manera que se transfieran al carro. En el carro se dispone una pluralidad de bandejas 42.

La forma de realización mostrada en los dibujos se caracteriza porque las placas de prevención de unión 51 se 40 montan en partes superior e inferior de la placa de ducha 41 mostrado en la fig. 8B de manera que se impida que se forme una película en la parte del apoyo 48. Debe observarse en esta conexión que en el apoyo 48 está presente un mecanismo para realizar suavemente la transferencia y, así, se genera un problema porque entra líquido en las partes finas durante, por ejemplo, el tratamiento de grabado. Asimismo, las placas de prevención de unión 51 están destinadas a reducir el número de piezas en la parte de lavado en la mayor medida posible. Adicionalmente, cada 45 apoyo 48 y bandeja 42 está formado por un material resistente a los álcalis. Para ser más concreto, es deseable usar acero inoxidable, carbono, un metal recubierto con un material cerámico, etc., para formar el apoyo 48 y la bandeja 42.

Es posible diseñar adecuadamente la bandeja 42 y el carro 52 en relación con la presente invención, en la medida 50 en que la región de formación de película se limite a la bandeja 42 y la bandeja 42 sea resistente a los álcalis. Por ejemplo, puede usarse un carro en el que las bandejas se contengan en un bastidor cuando se trata de un aparato de DQV del tipo en que el sustrato se sostiene en horizontal durante la formación de película. Asimismo, cuando se trata de un aparato DQV del tipo en que los sustratos se sostienen en vertical de manera que las bandejas están suspendidas de un carrito que discurre por un riel superior dispuesto dentro del aparato de DQV, basta con preparar un carro en el 55 que se disponga un gran número de herramientas de tipo suspensión para sustentar sólo las bandejas.

### *Placa de ducha, placa de prevención de unión*

La placa de ducha 41 y la placa de prevención de unión 51 están construidas también para ser desmontables como 60 la bandeja 42. Asimismo, una pieza grande como la placa de ducha 41 está suspendida de una herramienta como la bandeja 42 de manera que se transfiera al carro 52. Por otra parte, las otras piezas pequeñas se contienen en una cesta hecha de una red metálica.

En el aparato usado en los últimos años, las piezas que no son la placa de ducha 41 y la placa de prevención de 65 unión 51 están construidas de manera que una película con base de silicio no se una a estas piezas con el fin de permitir realizar fácilmente el mantenimiento del aparato. El aparato de la presente invención se diseña también de esta forma.

## ES 2 289 980 T3

### Carro

Es deseable que el carro 52 esté construido de manera que la parte para sostener la bandeja 42 sea desmontable del cuerpo del carro. Se monta un gancho 54 para suspender todo el lavado en la parte de sostén. Como la parte en particular se coloca en un vaso del aparato de lavado, se usa un marco de metal o acero inoxidable cubierto con un recubrimiento resistente a los álcalis o recubierto con resina. Por otra parte, el carro se diseña para mantener una resistencia mecánica suficiente.

### Vaso de lavado

Las fig. 9A a 9C ilustran los vasos de lavado usados en esta forma de realización. En este ejemplo, se disponen sucesivamente un vaso de lavado con álcali 62, un primer vaso de enjuagado 63, un vaso de lavado con agua 64 que usa ducha de agua a alta presión y un segundo vaso de enjuagado 65. Asimismo, en una parte superior del vaso se dispone una instalación de grúa 21 o de robot para mover la parte superior de sostén.

En el vaso de lavado con álcali se usa un detergente fuertemente alcalino o una solución acuosa de sosa cáustica o potasa cáustica. En el caso de usar una solución acuosa de sosa cáustica (NaOH), la concentración de sosa cáustica de la solución se controla a entre el 3 y el 10% en peso. En la técnica se sabe que la velocidad de grabado se incrementa sustancialmente en proporción a la concentración de sosa cáustica, en la que la concentración de sosa cáustica se sitúa dentro de un intervalo de entre el 0 y el 3% en peso. Cuando la concentración de sosa cáustica supera el 5% en peso, la velocidad de grabado aumenta lentamente a sustancialmente una velocidad constante para alcanzar la velocidad de grabado máxima a aproximadamente el 35% en peso de la concentración de sosa cáustica. Además, la velocidad de grabado tiende a disminuir cuando la concentración de sosa cáustica supera el 40% en peso. Como la velocidad de grabado no aumenta de forma destacada cuando la concentración de sosa cáustica supera el 3% en peso, en la práctica basta con ajustar la concentración de sosa cáustica al 3%. Sin embargo, como el agente de grabado se usa repetidamente, la concentración de sosa cáustica se ajusta para que sea no superior al 5% en peso o no superior al 10% en peso. Debe observarse que, cuando la concentración de sosa cáustica supera el 10% en peso, el componente sólido dentro del agente de grabado se congela en invierno, haciendo difícil supervisar el agente de grabado. Además, el tiempo para el procedimiento de enjuagado puede acortarse en el caso de ajustar la concentración de sosa cáustica a un nivel bajo.

Si se pone un silicio amorfo o un silicio de película fina en un vaso de lavado con álcali, se desencadena una reacción vigorosa en el periodo inicial de manera que se genera una gran cantidad de nubes de hidrógeno y sosa cáustica. Por tanto, el vaso de lavado se consume montando, por ejemplo, un ventilador de arrastre en una parte superior del vaso. También se genera calor vigorosamente de manera que los 25°C aproximadamente de la temperatura del líquido antes del grabado se incrementan para superar los 40°C. Sin embargo, la reacción se efectúa en lo sucesivo de manera que la temperatura del líquido se reduce lentamente. Con el fin de promover la reacción, se dispone un calentador 66 dentro del vaso. Como la reacción se efectúa en el procedimiento de activación que puede representarse por la curva de Arrhenius con respecto a la temperatura del líquido, la velocidad de reacción puede aumentar marcadamente al elevar la temperatura a aproximadamente 80°C. La velocidad de reacción en esta fase alcanza 3  $\mu\text{m}/\text{min}$ . Si se eleva todavía más la temperatura, es posible que se genere el problema de que el agente de grabado entre en ebullición en la proximidad del calentador 66.

Además de la elevación de temperatura del líquido, una medida que permita al agente de grabado permear las piezas internas del aparato como la bandeja, el electrodo y la placa de prevención de unión es eficaz también para aumentar la velocidad de reacción. La permeación puede conseguirse añadiendo un tensioactivo fuertemente alcalino al agente de grabado. Si la película con base de silicio unida a las piezas dentro del aparato está ligeramente agrietada, el agente de grabado permea la interfaz entre la película con base de silicio y las piezas a través de la grieta por el fenómeno de capilaridad. En consecuencia, el grabado se inicia en la interfaz antes de que el grabado avance hacia la superficie. Por tanto, la película con base de silicio se despega finalmente de las piezas. Se sigue que el procesamiento puede terminarse en un tiempo marcadamente más breve que el tiempo calculado por  $A/B$ , en la que A representa el grosor de la película con base de silicio y B representa la velocidad de grabado.

Se dice que la velocidad de formación de una capa de semiconductor de silicio policristalino o silicio amorfo es de 0,1 Å a 100 Å/seg (de 0,0006 a 0,6  $\mu\text{m}/\text{min}$ ), y que el intervalo de velocidad de formación que satisface el requisito de las características de la capa formada y en economía es de 1 a 40 Å/seg (de 0,006 a 0,24  $\mu\text{m}/\text{min}$ ). Como la velocidad de grabado en esta forma de realización es de 3  $\mu\text{m}/\text{min}$ , la forma de realización de la presente invención alcanza una velocidad de grabado suficientemente económica.

Después de terminar el tratamiento de grabado, se realiza la operación de enjuagado retirando el agente de grabado. En esta forma de realización, después de que se retire aproximadamente el agente de grabado restante en las piezas de lavado, las piezas de lavado se transfieren al primer vaso de enjuagado 63 antes de que se sequen las superficies de las piezas de lavado. En esta forma de realización, los componentes alcalinos se retiran eficazmente con un chorro de agua. Como en esta etapa se usa la solución acuosa de enjuagado para neutralizar los álcalis, la solución de enjuagado se usa repetidamente para la operación de enjuagado.

## ES 2 289 980 T3

En la siguiente etapa, las piezas de lavado se transfieren al vaso de lavado con agua 64 usando una ducha de agua a alta presión de manera que se eliminen completamente los álcalis. Asimismo, las escamas de silicio que quedan ligeramente en las piezas de lavado se retiran con la ducha de alta presión. La ducha de agua a alta presión es eficaz particularmente cuando en las piezas de lavado queda un componente sólido que provoca la obstrucción de la placa de ducha.

En el segundo vaso de enjuagado 65 dispuesto en la fase final, se retiran las manchas de la superficie mediante el chorro de agua y una solución de enjuagado acuosa que se repone continuamente. Al mismo tiempo, se sustituyen las impurezas de la solución de enjuagado usadas en la fase de enjuagado precedente por la nueva solución de enjuagado de manera que se termine el lavado.

Es deseable usar agua como líquido de enjuagado en cada uno de los vasos de enjuagado primero y segundo. Preferentemente, debe usarse un agua de alta pureza.

A continuación, se combinan las piezas de lavado con la parte inferior del carro y se transfieren a un gran secador de aire caliente junto con la herramienta para fines de secado, seguido de enfriamiento de las piezas secadas y posteriormente de almacenamiento de las piezas tratadas en un depósito de repuestos o del montaje nuevamente de las piezas tratadas en el cuerpo principal.

Para usar con eficacia la presente invención, es altamente eficaz usar una pieza de repuesto. Para ser más concreto, cuando se inicia el mantenimiento del aparato, la pieza de repuesto se monta inmediatamente después de que se desmonten las piezas del cuerpo principal del carro que tiene el repuesto montado en el mismo. Es posible reducir al mínimo el tiempo perdido del aparato en el caso de emplear el sistema de que el lavado de las piezas desmontadas se inicie en la etapa de lavado. Asimismo, la etapa de lavado puede acabarse en 8 horas aproximadamente, es decir, la suma de 330 minutos (5,5 horas) del tiempo de grabado y 2 horas para las operaciones de enjuagado y secado, incluso si la película con base de silicio se une en un grosor grande, por ejemplo, de 1 mm aproximadamente. Es posible automatizar el lavado de la bandeja diseñando adecuadamente el aparato. Es posible también automatizar lavado de las otras piezas excepto el desmontaje de las piezas del cuerpo principal del aparato de fabricación de semiconductor y el montaje de las piezas.

Se ha aclarado mediante la investigación realizada por los autores de la presente invención que la idea técnica de la presente invención es eficaz para su uso en un aparato de DQV de plasma para formar una película fina de silicio amorfo o una película fina de silicio policristalino. Por otra parte, se ha aclarado también que la velocidad de grabado es baja en el caso de una película que contenga carbono, como una película de a-SiC:H. En tal caso, los autores de la presente invención emplean el sistema de que se forma primero una película fina de silicio amorfo o una película fina de silicio policristalino, que puede grabarse fácilmente, en un grosor de al menos  $0,5 \mu\text{m}$ , seguido por formación de una película como una película de a-SiC:H montando las piezas lavadas en el aparato, aunque la velocidad de reacción en el caso de usar potasa cáustica es superior que en el caso de usar sosa cáustica.

En este caso, la mencionada película de silicio puede grabarse fácilmente en un tiempo temprano, si se añade un tensioactivo al líquido, lo que hace posible resolver el problema de que la velocidad de grabado de las piezas en una cámara particular sea indebidamente baja en el caso de realización simultánea del lavado en un aparato para formar diferentes clases de películas como un aparato de tipo en línea.

Asimismo, en la presente invención se emplea una reacción química. Si el aparato se forma efectivamente como un sistema, no se genera esfuerzo físico y, así, las piezas como la bandeja no se deforman en absoluto.

La sosa cáustica, la potasa cáustica y un tensioactivo (detergente alcalino) usados en la presente invención son muy comunes y baratos, en comparación con el gas de grabado. Asimismo, para formar el aparato se usa policloruro de vinilo o acero inoxidable, que son excelentes en resistencia a la corrosión. Estos materiales son comunes y son no costosos, como un aparato de vacío.

### *Desecho del líquido residual*

Es necesario eliminar las sustancias perjudiciales de la solución de grabado y del líquido en el primer vaso de enjuagado antes de desechar el líquido residual. Los productos de reacción entre silicio y una solución de sosa cáustica contienen básicamente compuestos de silicio, oxígeno, hidrógeno y sodio (principalmente, silicato de sodio). Si estos productos de reacción se neutralizan con ácido clorhídrico, se forma una solución acuosa de sal de mesa y compuesto de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), que son bastante inocuos. Por tanto, no se genera ningún problema incluso si el líquido residual se vierte en el exterior. A este respecto, la presente invención es ventajosa en términos del problema de la contaminación ambiental.

Según se describe anteriormente, según la forma de realización de la presente invención, el lavado de un aparato para formar una película de semiconductor con base de silicio como un aparato de DQV de plasma se realiza usando un carro en el que sólo las piezas del aparato que tienen una película con base de silicio unidas al mismo se separan y se montan y usando también instalaciones de lavado-secado de tipo grabado en las que se contienen las piezas particulares y el carro que sostiene estas piezas. Asimismo, se usan la sosa cáustica, la potasa cáustica y un tensioactivo (detergente alcalino) como agente de grabado. La construcción particular de la forma de realización hace posible

## ES 2 289 980 T3

retirar las diversas películas con base de silicio unidas a la bandeja sin impartir deformación a la bandeja. Asimismo, la operación de lavado puede simplificarse. Lo que debe observarse también es que el material residual del grabado consiste esencialmente en una solución acuosa de sal de mesa y silicio y, así, no produce ningún efecto perjudicial en el medio ambiente.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Un procedimiento de lavado de un aparato de fabricación de células solares provisto de una cámara de formación de película (4, 5, 6) que comprende piezas internas y una bandeja (42) que tiene un sustrato (13) montado en la misma, a una parte del cual está unido un material semiconductor, en el que las piezas internas de la cámara de formación de película y la parte de la bandeja a la que está unido un material semiconductor están formadas por piezas desmontables, estando una pluralidad de las piezas desmontables sustentadas por una herramienta, sumergiéndose simultáneamente la herramienta y las piezas desmontables sustentadas en un agente de grabado alcalino para realizar el grabado, retirando así el material semiconductor unido a las piezas internas de la cámara de formación de película (4, 5, 6) y el material semiconductor unido a la bandeja (42); lavándose la herramienta y las piezas sustentadas con un detergente líquido acuoso después de terminar el grabado y secándose la herramienta y las piezas desmontables lavadas.

15 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que las piezas internas de la cámara de formación de película (4, 5, 6) y la bandeja (42), que deben someterse a lavado, son aquellas que se usan en el procedimiento de formación de película en el que se forma sobre el sustrato (13) una película de silicio y posteriormente se forma una película de SiC sobre la película de silicio en la cámara de formación de película.

20 3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el agente de grabado alcalino contiene del 5 al 35% en peso de sosa cáustica.

4. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además neutralizar un líquido residual de agente de grabado alcalino para formar cloruro de sodio y  $\text{SiO}_2$ ; y desechar el cloruro de sodio y el  $\text{SiO}_2$ .

25

30

35

40

45

50

55

60

65

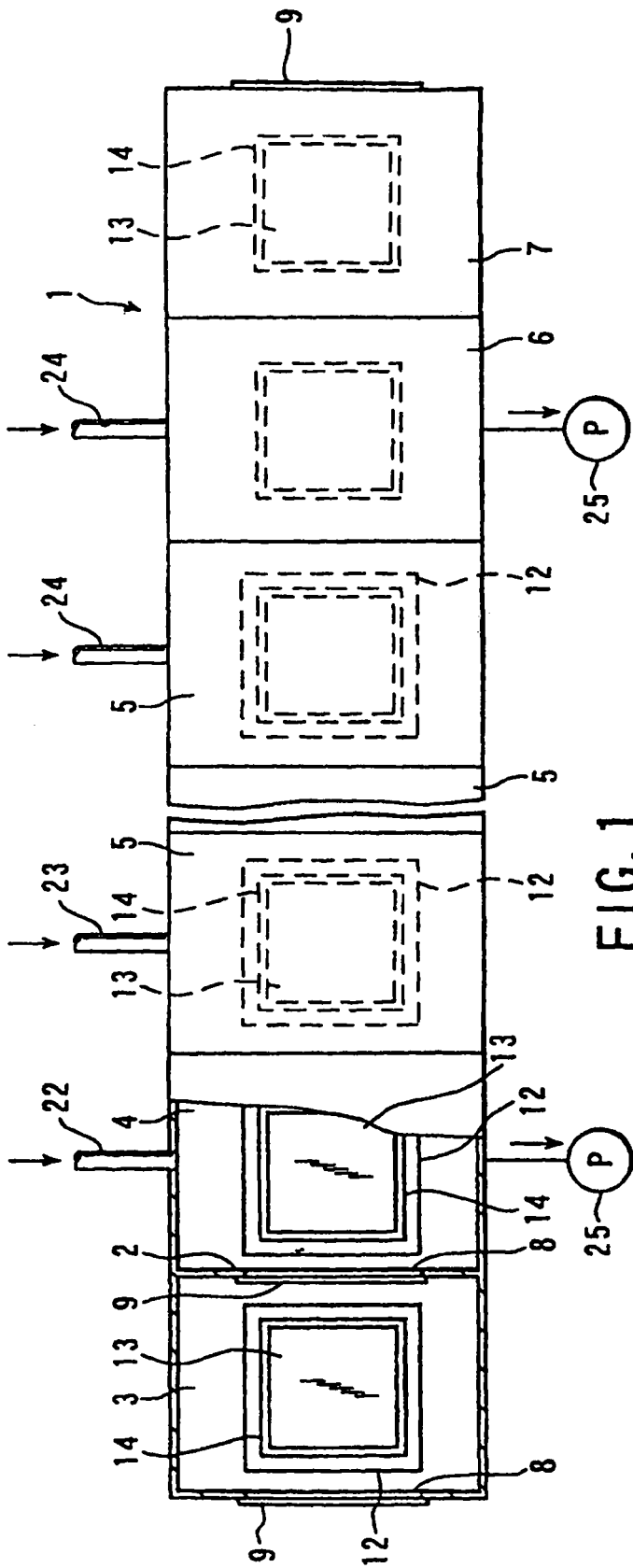


FIG. 1

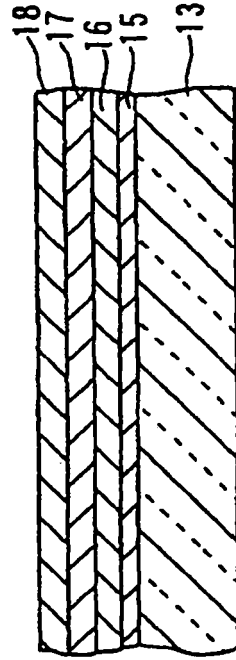


FIG. 3

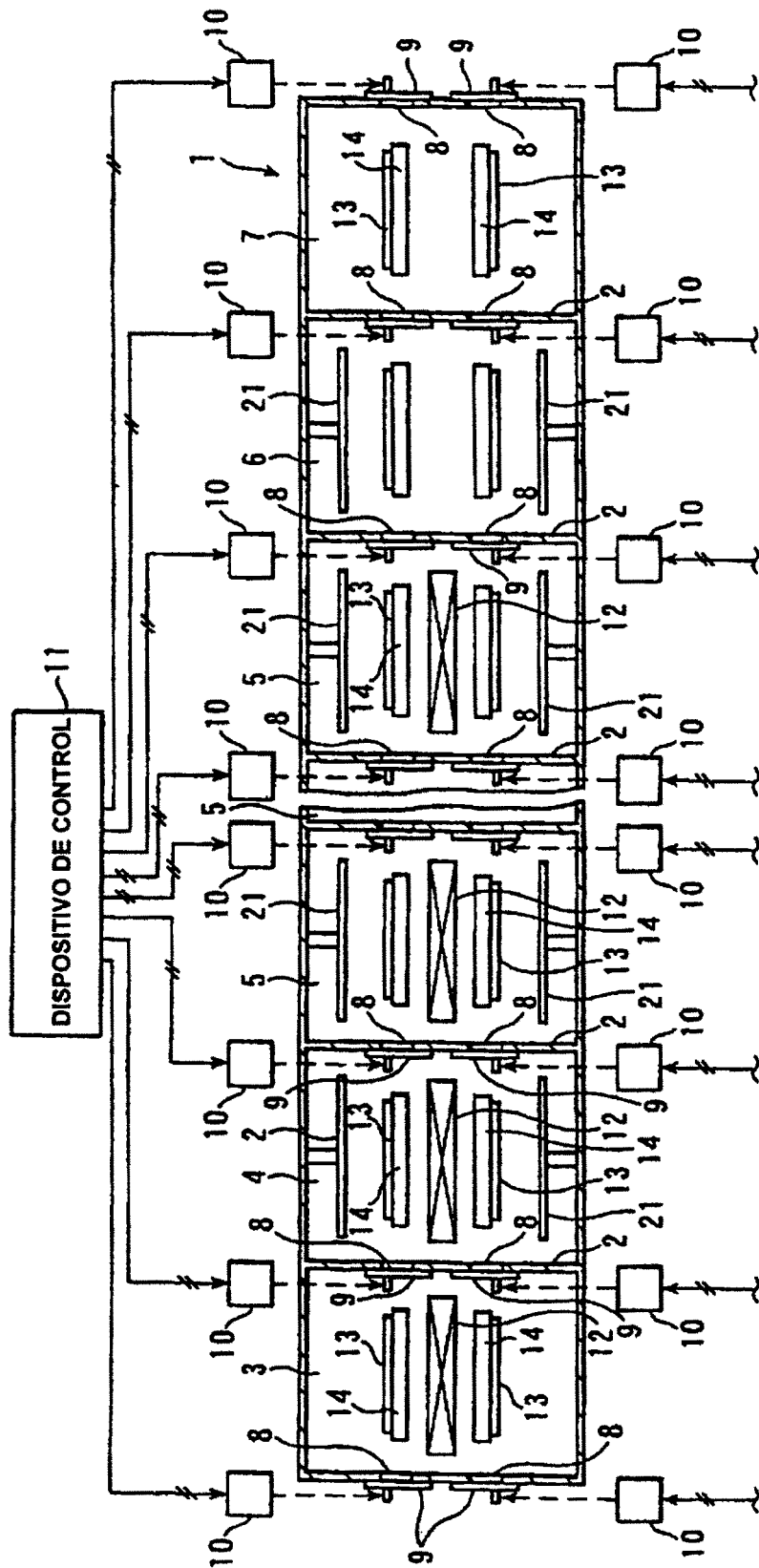


FIG. 2

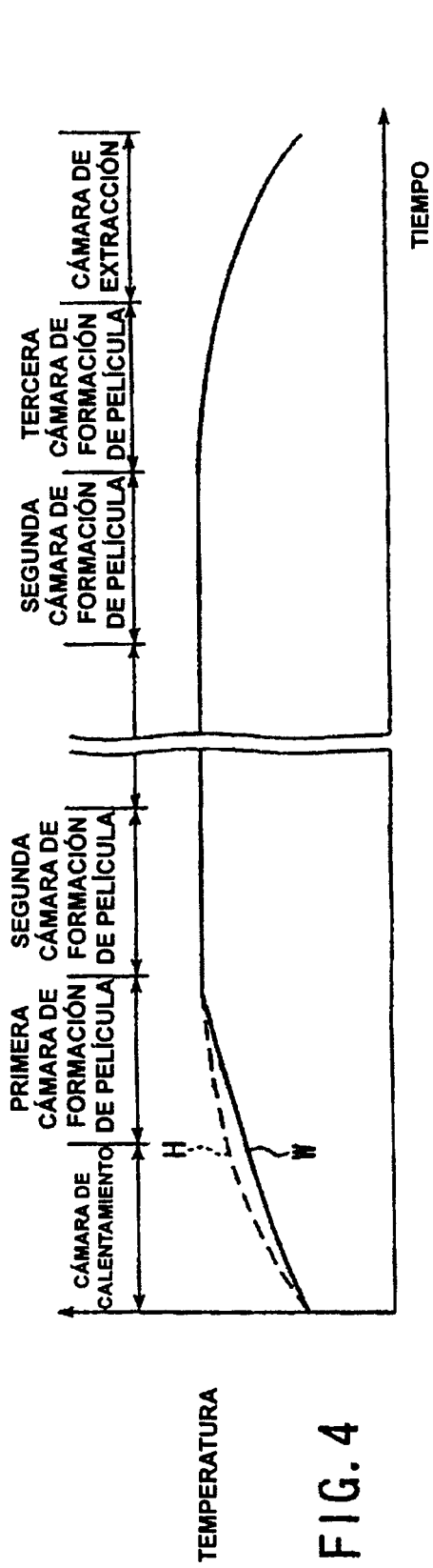


FIG. 4

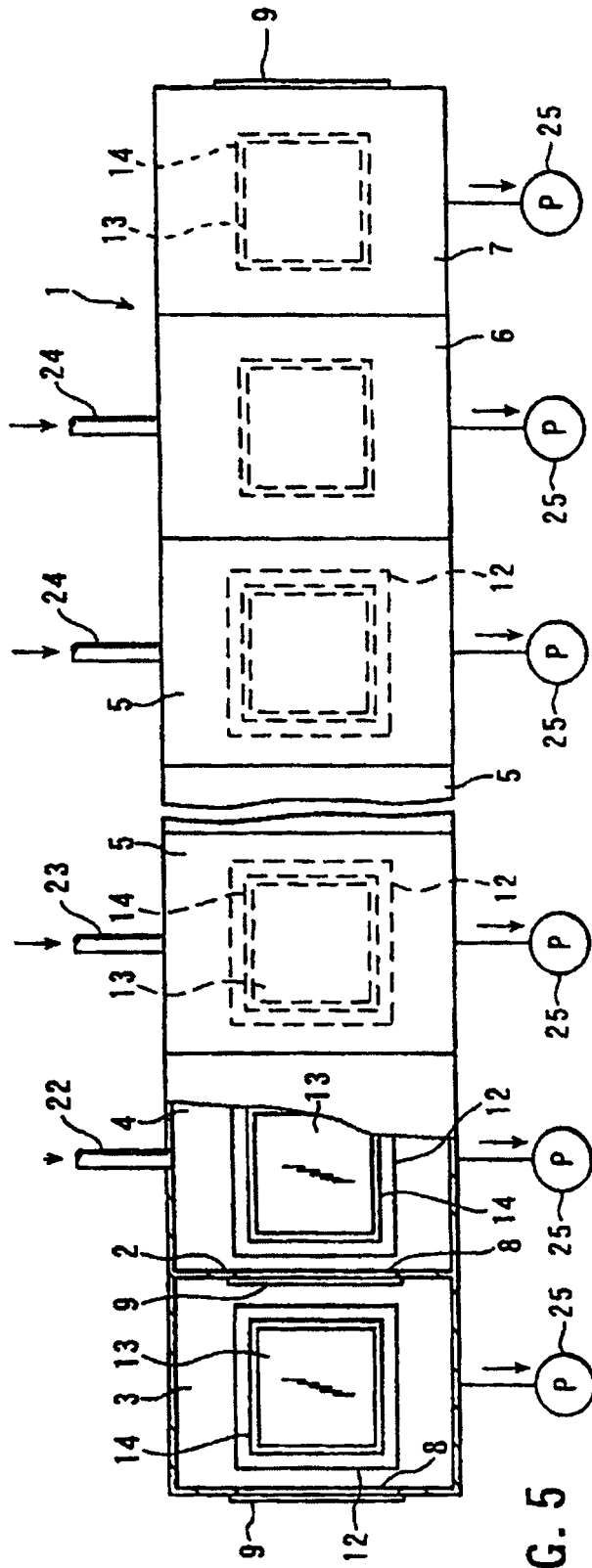


FIG. 5

FIG. 6

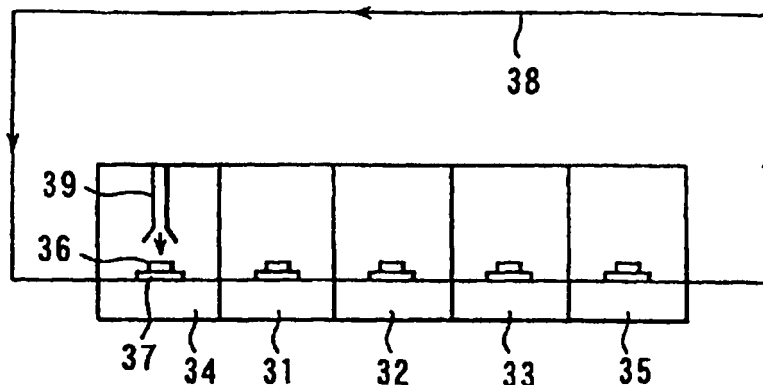


FIG. 7

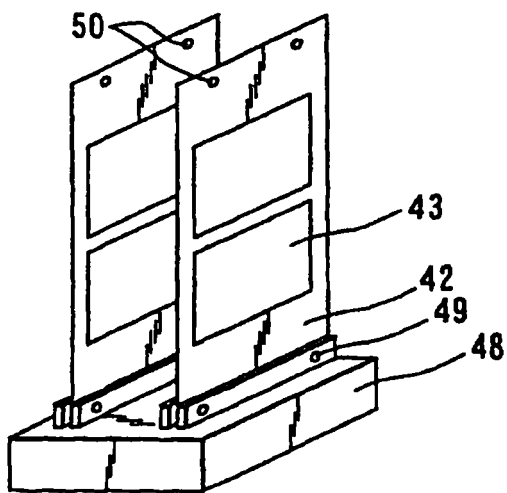
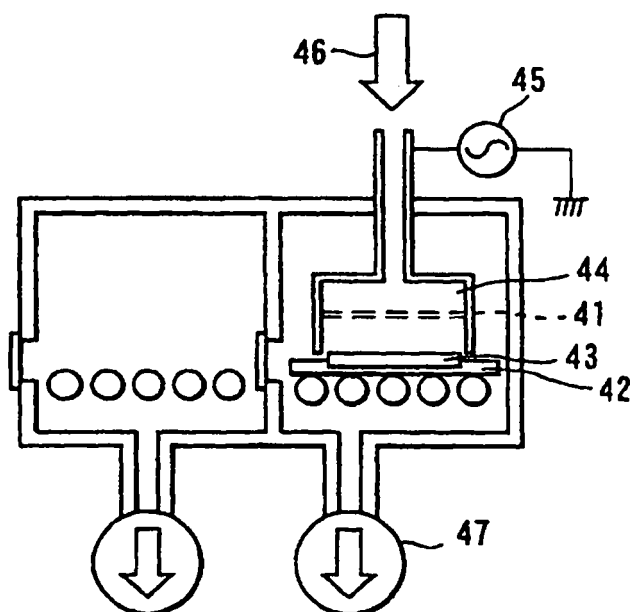


FIG. 8A

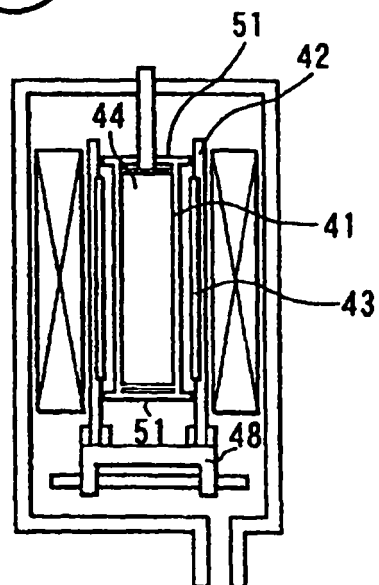


FIG. 8B

