

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 430 190**

51 Int. Cl.:

H01J 37/32 (2006.01)

C23C 16/509 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2002** **E 02715845 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2013** **EP 1359611**

54 Título: **Dispositivo para CVD por plasma**

30 Prioridad:

22.01.2001 JP 2001012702

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

19.11.2013

73 Titular/es:

IHI CORPORATION (100.0%)
1-1, TOYOSU 3-CHOME KOTO-KU
TOKYO, JP

72 Inventor/es:

ITO, NORIKAZU

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 430 190 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).

DISPOSITIVO PARA CVD POR PLASMA**DESCRIPCIÓN****5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un aparato de CVD por plasma y, más particularmente, al aparato de CVD por plasma para formar películas delgadas de grosor uniforme excelente sobre ambas superficies de un sustrato.

10 Antecedentes de la invención

Una célula solar consiste generalmente en una unión p-n o unión p-i-n con silicio (Si) o semiconductores compuestos formados sobre un sustrato para convertir la luz solar incidente sobre su superficie delantera en electricidad. Para aumentar la generación de potencia eléctrica, se propone una célula solar que utiliza luz solar incidente sobre la superficie trasera así como la superficie delantera. Una célula solar de este tipo tiene, por ejemplo, la configuración mostrada en la figura 7, y se fabrica depositando una película 102 de Si amorfo de tipo p (a-Si de tipo p) y una película 103 de Si amorfo de tipo n (a-Si de tipo n) en las superficies respectivas de silicio 101 cristalino de tipo i usando un método de CVD por plasma, y formando a continuación un electrodo 104 transparente usando un método de bombardeo catódico y electrodos 105 de toma de corriente usando un método de serigrafía sobre ambas superficies.

Por ejemplo, se ha usado un aparato de CVD por plasma de tipo de placa paralela mostrado en la figura 8(b) principalmente para la deposición de la película de a-Si. Este aparato está compuesto por una cámara 110 de bloqueo de carga, una cámara 120 de calentamiento, una cámara 130 de CVD por plasma (PCVD) para depositar la película de a-Si, y una cámara 140 de enfriamiento. Las cámaras adyacentes están conectadas a través de una válvula 106 de compuerta. Los sustratos 101 de silicio de tipo i se montan en un soporte 107 de sustrato, que actúa como placa de apoyo, tal como se muestra en la figura 8(a) y se transporta en la dirección de la flecha de la figura 8(b). Es decir, después de que los sustratos se monten en el soporte de sustrato tal como se muestra en la figura 8(a), el soporte de sustrato se transporta a la cámara 110 de bloqueo de carga, y después se vacía la cámara. A continuación, se abre la válvula de compuerta para transportar el soporte de sustrato a la cámara 120 de calentamiento. Después de que los sustratos se calienten hasta una temperatura predeterminada usando un calentador 121, el soporte de sustrato se transporta a la cámara 130 de PCVD de tipo de placa paralela. Cuando el soporte de sustrato se transporta al interior de la cámara 130 de PCVD, se introduce un gas de formación de película (gas SiH_4/PH_3) en la cámara 130 de PCVD y se alimenta potencia de alta frecuencia a un electrodo 131 que funciona con electricidad para generar plasma y formar la película de a-Si de tipo n sobre el sustrato 101 de silicio. A continuación, el soporte de sustrato se transporta a la cámara 140 de enfriamiento.

Después de que descienda la temperatura de sustrato, el gas de ventilación se introduce en la cámara 140 de enfriamiento a la presión atmosférica. Se extrae el soporte 107 de sustrato y se da la vuelta a los sustratos para formar la película de a-Si de tipo p sobre la otra superficie del sustrato. El soporte de sustrato se envía a la cámara de bloqueo de carga del aparato de CVD por plasma mostrado en la figura 8(b) y la película de a-Si de tipo p se deposita de la misma manera que se mencionó anteriormente. Por tanto, se forma la unión p-i-n. Aquí, se introduce el gas $\text{SiH}_4/\text{B}_2\text{H}_6$ en la cámara de PCVD como gas de formación de película.

A continuación, se forma una película conductora transparente tal como ITO sobre ambas superficies del sustrato 101 de silicio en el aparato de bombardeo catódico. Finalmente, se forman electrodos de toma de corriente usando, por ejemplo, el método de serigrafía para completar la célula solar.

El documento JP 63-276 222 A da a conocer un aparato que comprende dos compartimentos de una cámara de reacción. El sustrato se monta como partición de modo que pueden formarse películas diferentes sobre ambos lados del sustrato. Cada compartimento está equipado con un electrodo de AF.

Descripción de la invención

Tal como se mencionó anteriormente, el aparato de CVD por plasma de tipo de placa paralela se ha usado principalmente para la deposición de una película de a-Si. Sin embargo, cuando la película delgada se forma sobre un sustrato con alta resistencia eléctrica o un aislante con el aparato de PCVD de tipo de placa paralela, la corriente de alta frecuencia difícilmente fluirá a través del sustrato a no ser que la placa de apoyo se sitúe detrás del sustrato y la densidad de plasma en la superficie delantera del sustrato disminuya notablemente. Por consiguiente, el grosor de película en la parte central del sustrato es diferente del de la parte de circunferencia, lo que significa que la película delgada de grosor uniforme excelente es difícil de obtener. Esta tendencia se vuelve más notable cuando el sustrato se hace más grande. Por tanto, la placa de apoyo que actúa como canal de corriente de alta frecuencia es indispensable para formar películas delgadas de grosor uniforme excelente. Por este motivo, la productividad se deteriora notablemente cuando se forma la película delgada sobre ambas superficies del sustrato. Es decir, el soporte de sustrato debe extraerse del aparato para dar la vuelta al sustrato después de que la película delgada se forme sobre la superficie. Por tanto, el proceso de evacuación de la cámara de bloqueo de carga, el proceso de

ventilación de la cámara de enfriamiento y el proceso de calentamiento/enfriamiento del sustrato deben realizarse dos veces.

Por tanto, si se solicita una producción superior, deben instalarse dos conjuntos de aparatos mostrados en la figura 8(b), lo que invita a la ampliación de todo el aparato de fabricación y aumenta su coste.

En tales circunstancias, el objeto de la presente invención es proporcionar un método de CVD por plasma y un aparato de CVD por plasma, que haga posible formar películas delgadas de grosor uniforme excelente sobre ambas superficies de un sustrato sin la etapa de dar la vuelta al sustrato.

La primera característica de esta invención es un aparato de CVD por plasma tal como se define en la reivindicación 1. En particular, el aparato comprende una cámara de vacío equipada con una abertura de suministro de gas y una abertura de escape; al menos dos electrodos acoplados de manera inductiva con una parte de alimentación de potencia y una parte puesta a tierra dispuesta en la cámara de vacío, y un soporte de sustrato dispuesto entre los dos electrodos acoplados de manera inductiva, que soporta un sustrato en una parte de circunferencia de modo que ambas superficies del sustrato están expuestas, con lo cual se introduce un gas de formación de película desde el sistema de suministro de gas y se alimenta potencia de alta frecuencia a la parte de alimentación de potencia para generar plasma a lo largo del electrodo acoplado de manera inductiva para formar simultánea o separadamente una película delgada sobre ambas superficies del sustrato.

Además, pueden formarse películas delgadas diferentes sobre superficies respectivas de sustrato dotando la cámara de vacío de una segunda abertura de suministro de gas y cambiando simultáneamente la introducción de dos gases diferentes y el suministro de potencia de alta frecuencia a dos electrodos acoplados de manera inductiva. Además, también es posible formar simultáneamente películas delgadas diferentes sobre superficies respectivas de sustrato disponiendo una placa de partición para dividir la cámara en dos espacios de formación de película conjuntamente con el soporte de sustrato y proporcionando una abertura de escape en cada espacio de formación de película o controlando el flujo de gas de modo que fluirán gases diferentes en los espacios de formación de película respectivos sin mezclarse.

También es posible realizar el aparato de CVD por plasma con una productividad alta disponiendo al menos tres capas de disposición de electrodos, cada una de las cuales tiene una pluralidad de electrodos acoplados de manera inductiva formando un plano, y disponiendo el soporte de sustrato entre dos capas de disposición de electrodos.

La segunda característica de esta invención es un aparato de CVD por plasma, que comprende: dos cámaras de vacío conectadas, cada una equipada con una abertura de suministro de gas y una abertura de escape, y un electrodo acoplado de manera inductiva con una parte de alimentación de potencia y una parte puesta a tierra dispuesta en cada cámara de vacío, con lo cual un soporte de sustrato que soporta un sustrato en una parte de circunferencia de modo que ambas superficies del sustrato están expuestas se transporta a la primera cámara de vacío de las dos cámaras de vacío, se introduce un primer gas de formación de película a través de la abertura de suministro de gas y se alimenta potencia de alta frecuencia a la parte de alimentación de potencia del electrodo acoplado de manera inductiva para generar plasma y para formar una primera película delgada sobre la superficie de sustrato orientada hacia el electrodo acoplado de manera inductiva, después el soporte de sustrato se transporta a la segunda cámara de vacío de modo que la otra superficie del sustrato sobre la que no se forma la primera película delgada está orientada hacia el electrodo acoplado de manera inductiva, un segundo gas de formación de película se introduce a través de la abertura de suministro de gas y se alimenta potencia de alta frecuencia a la parte de alimentación de potencia del electrodo acoplado de manera inductiva para generar plasma y para formar una segunda película delgada sobre la superficie de sustrato sobre la que no se forma la primera película delgada.

Además, para construir un aparato de productividad alta, unas disposiciones de electrodos, cada una de las cuales está compuesta por una pluralidad de electrodos acoplados de manera inductiva dispuestos en paralelo entre sí formando un plano, están dispuestas en N capas en la primera cámara de vacío (o en la segunda cámara) y (N- 1) capas en la segunda cámara de vacío (o en la primera cámara), y dos soportes de sustrato están dispuestos entre dos capas de disposición de electrodos. Aquí, N es el número natural 2 o superior.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista esquemática que muestra la primera realización del aparato de CVD por plasma de esta invención.

La figura 2 es una vista esquemática que muestra la segunda realización del aparato de CVD por plasma de esta invención.

La figura 3 es una vista esquemática que muestra la tercera realización del aparato de CVD por plasma de esta invención.

La figura 4 es una vista esquemática que muestra la cuarta realización del aparato de CVD por plasma de esta

invención.

La figura 5 es una vista esquemática del aparato de CVD por plasma para la producción en masa correspondiente al aparato de la figura 2.

La figura 6 es una vista esquemática del aparato de CVD por plasma para la producción en masa correspondiente al aparato de la figura 1.

La figura 7 es una vista esquemática que muestra una configuración de célula solar.

La figura 8 es una vista esquemática de un aparato de CVD por plasma convencional.

En los dibujos, el número 1 denota el sustrato, 2; portador, 3; soporte de sustrato, 7; fuente de potencia de alta frecuencia, 8; cable coaxial, 10 y 110; cámara de bloqueo de carga, 20 y 120; cámara de calentamiento, 30, 40, 70, y 130; cámara de CVD por plasma, 31 y 41; conducto de suministro de gas, 32; abertura de escape, 33 y 43; electrodo acoplado de manera inductiva, 34; parte de alimentación de potencia, 35; parte puesta a tierra, 36; plantilla de fijación de soporte de sustrato, 50 y 140; cámara de enfriamiento, 61-64 y 106; válvula de compuerta, 101; silicio cristalino de tipo i, 102; a-Si de tipo p, 103; a-Si de tipo n, 104; electrodo transparente, y 105; electrodo de toma de corriente.

Realizaciones preferidas de la invención

Las realizaciones de esta invención se explicarán en detalle a continuación con referencia a los dibujos.

(Primera realización)

La primera realización de esta invención se muestra en la figura 1. La figura 1 es una vista esquemática que muestra un ejemplo del aparato de CVD por plasma usado para fabricar las células solares mostradas en la figura 7.

Tal como se muestra en la figura 1(a), un aparato de CVD por plasma está compuesto por una cámara 10 de bloqueo de carga, una cámara 20 de calentamiento, una primera cámara 30 de CVD por plasma (PCVD), una segunda cámara 40 de PCVD y una cámara 50 de enfriamiento. Estas cámaras están conectadas a través de válvulas 61-64 de compuerta. Los sustratos 1 se soportan mediante un soporte 3 de sustrato de modo que ambas superficies de formación de película delgada del sustrato se exponen, por ejemplo, presionando la parte de circunferencia del sustrato con una placa 4 que tiene orificios y placas 5 de presión, y fijándolas con tornillos 6, tal como se muestra en la figura 1(f)

El soporte 3 de sustrato que soporta una pluralidad de sustratos se fija en un portador 2 (figura 1(e)), y se transporta a lo largo de carriles contruidos en las cámaras en la dirección de la flecha mostrada en la figura 1(a) para procesar los sustratos en cámaras respectivas. Es decir, el soporte de sustrato se transporta desde la cámara 10 de bloqueo de carga hasta la cámara 20 de calentamiento en la que los sustratos se calientan hasta una temperatura predeterminada desde ambos lados del soporte 3 de sustrato usando calentadores tales como lámparas infrarrojas. A continuación, el soporte de sustrato se transporta a la primera cámara 30 de PCVD y a continuación a la segunda cámara 40 de PCVD para formar la película de a-Si de tipo n y la película de a-Si de tipo p en las superficies respectivas de sustrato. Después de que se formen las películas delgadas, el soporte de sustrato se envía a la cámara 50 de enfriamiento que va a enfriarse hasta una temperatura predeterminada. A continuación se extrae el soporte de sustrato de la cámara y se envía a los aparatos para formar la película conductora transparente tal como una película ITO y electrodos de toma de corriente. Aquí, una cámara de bombardeo catódico puede conectarse a la cámara de PCVD en lugar de la cámara de enfriamiento para formar la película conductora transparente inmediatamente después de que se forme la película de a-Si.

La configuración de la primera cámara 30 de PCVD se explica usando las figuras 1(b) y 1(c).

Las figuras 1(b) y 1(c) son vistas esquemáticas del interior de la cámara visto desde la parte delantera y visto hacia la dirección de transporte, respectivamente. Un conducto 31 de suministro de gas para un gas de formación de película (por ejemplo, gas SiH_4/PH_3) y una abertura 32 de escape se proporcionan en la cámara de PCVD, y el electrodo 33 acoplado de manera inductiva que se dobla de nuevo en el centro se dispone en la cámara. El extremo del electrodo 33 acoplado de manera inductiva, es decir, la parte 34 de alimentación de potencia, está conectado a una fuente 7 de potencia de alta frecuencia a través de un cable 8 coaxial, y el otro extremo, es decir, la parte 35 puesta a tierra, está conectado a la pared de cámara que va a conectarse a tierra.

Cuando el portador 2 que transporta el soporte 3 de sustrato se transporta a la cámara 30 de PCVD, una plantilla 36 de fijación de soporte de sustrato comienza a moverse desde la posición mostrada por la línea discontinua hasta la posición mostrada por la línea continua para fijar el soporte de sustrato poniendo en contacto ambas superficies del soporte de sustrato. En este estado, se introduce gas SiH_4/PH_3 en la cámara a través del conducto 31 de suministro de gas y la presión se ajusta a un valor predeterminado. A continuación, se alimenta potencia de alta frecuencia al

electrodo 33 acoplado de manera inductiva. El plasma se genera a lo largo del electrodo 33 y la película de a-Si de tipo n se deposita sobre la superficie de sustrato orientada hacia el electrodo 33. Aunque el gas también fluye por la otra superficie así como la superficie de formación de película del sustrato, la película delgada no se depositará sobre la otra superficie del sustrato que no está orientada hacia el electrodo puesto que el soporte de sustrato y la antilla de fijación de soporte de sustrato impiden que el plasma lleguen a la otra superficie del sustrato.

Cuando el grosor de película alcanza un valor predeterminado, se cortan el suministro de potencia de alta frecuencia y el gas de formación de película y a continuación se evacua la cámara. La válvula 63 de compuerta se abre para transportar el soporte de sustrato a la segunda cámara 40 de PCVD. La figura 1(d) es una vista esquemática que muestra el interior de la segunda cámara de PCVD tal como se ve hacia la dirección de transporte. La configuración es casi la misma que la de la primera cámara de PCVD, excepto en que el electrodo 43 acoplado de manera inductiva está dispuesto en el lado opuesto al soporte de sustrato. Cuando el soporte de sustrato se transporta a la segunda cámara 40 de PCVD, la plantilla 46 de fijación de soporte de sustrato empieza a cerrarse y fijar el soporte de sustrato. A continuación, el gas $\text{SiH}_4/\text{B}_2\text{H}_6$ se introduce en la cámara a través de un conducto 41 de suministro de gas y se alimenta potencia de alta frecuencia al electrodo 43 acoplado de manera inductiva para formar la película de a-Si de tipo p sobre la otra superficie del sustrato sobre la que no se forma la película de a-Si de tipo n. Por tanto, la película de a-Si de tipo p y la película de a-Si de tipo n se depositan en las superficies respectivas del sustrato de silicio cristalino de tipo i para formar la unión p-i-n.

Tal como se mencionó anteriormente, la formación de película de la película de a-Si de tipo p y la película de a-Si de tipo n sobre las superficies respectivas del sustrato puede llevarse a cabo de manera continua transportando el portador 2 con el soporte 3 de sustrato a las cámaras respectivas de manera sucesiva.

Tal como se mencionó anteriormente, para formar la película delgada de grosor uniforme excelente, la placa de apoyo debe situarse detrás del sustrato en el aparato de PCVD de tipo de placa paralela convencional. Como resultado, se requiere la etapa de dar la vuelta a los sustratos. Además, el proceso de calentamiento/enfriamiento debe realizarse dos veces. Por otro lado, en esta invención, no se requiere la etapa de dar la vuelta a los sustratos y el proceso de calentamiento/enfriamiento se realiza sólo una vez, lo que hace posible reducir el número de cámaras de procesamiento y mejorar la producción. Además, se requieren dos conjuntos de una cámara de bloqueo de carga, una cámara de calentamiento, una cámara de PCVD y la cámara de enfriamiento para realizar la fabricación de producción alta en el caso del aparato de fabricación convencional. Sin embargo, en el aparato de fabricación de la realización mostrada en la figura 1, aunque son necesarias dos cámaras para el proceso de PCVD, sólo es necesaria una cámara para otros procesos. Esto permite reducir notablemente el espacio de suelo de la instalación y el coste del aparato.

El electrodo acoplado de manera inductiva en forma de U se ejemplifica en la figura 1. También puede emplearse la forma doblada de manera rectangular así como la forma de U como electrodo doblado de nuevo en el centro. Aquí, se prefiere que la distancia desde la parte 34 de alimentación y la parte 35 puesta a tierra hasta la parte de vuelta sea casi $N/2$ veces (N : un número natural) una longitud de onda de excitación de la potencia de alta frecuencia para generar y mantener la descarga de manera estable. Aquí, la parte de vuelta se ejemplifica mediante partes semicirculares que tienen una curvatura en el caso de la forma de U y mediante una parte recta más corta entre las dos partes rectas más largas en el caso de la forma doblada de manera rectangular. Estos electrodos no se limitan a uno construido doblando, por ejemplo, una única varilla, y por tanto pueden ejemplificarse mediante una estructura en la que dos electrodos rectos se unen y se fijan con una placa de metal o similar.

Además, también puede emplearse un electrodo lineal en esta invención. En este caso, se prefiere que la distancia entre la parte de alimentación y la parte puesta a tierra sea casi $N/2$ veces una longitud de onda de excitación de la potencia de alta frecuencia.

(Segunda realización)

Aunque las películas de a-Si de tipo p y tipo n se forman en las diferentes cámaras de PCVD en el aparato de CVD por plasma de la figura 1, también es posible formar películas diferentes sobre superficies respectivas del sustrato en una cámara de PCVD. La realización para este fin se muestra en la figura 2. Tal como se muestra en la figura 2(a), todo el aparato es casi el mismo que el que se muestra en la figura 1, excepto en que el número de cámaras de PCVD es uno.

Tal como se muestra en las figuras 2(b) y 2(c), dos electrodos acoplados de manera inductiva, cuyas partes 34, 34' de alimentación de potencia se conectan a las fuentes de potencia de alta frecuencia, están dispuestos en la cámara 30 de CVD por plasma. El soporte de sustrato se transporta al interior de la cámara de PCVD y se sitúa entre estos dos electrodos. Además, dos conductos 31, 31' de suministro de gas para dos gases de formación de película (gas SiH_4/PH_3 y gas $\text{SiH}_4/\text{B}_2\text{H}_6$) se conectan a la cámara de PCVD.

Cuando el soporte de sustrato se transporta al interior de la cámara 30 de PCVD, se introduce gas SiH_4/PH_3 a través del conducto 31 de suministro de gas en la cámara y su presión se fija a un valor predeterminado. A continuación, se alimenta potencia de alta frecuencia al electrodo 33 para generar plasma a lo largo del electrodo 33. Por tanto, la

película de a-Si de tipo n se deposita sobre la superficie de sustrato que está orientada hacia el electrodo 33. Cuando se deposita la película delgada con un grosor predeterminado, se cortan el suministro de potencia de alta frecuencia y el gas de formación de película y se evacua la cámara.

5 A continuación, se introduce gas $\text{SiH}_4/\text{B}_2\text{H}_6$ a través del conducto 31' de suministro de gas, se alimenta potencia de alta frecuencia de manera similar al electrodo 33' para generar plasma y formar la película de a-Si de tipo p con un grosor predeterminado sobre la superficie de sustrato que está orientada hacia el electrodo 33'. Por tanto, se forma la unión p-i-n. A continuación, el soporte de sustrato se transporta a la cámara 50 de enfriamiento y se extrae de la cámara después de que se enfríe.

10 Tal como se ha mencionado, la formación de películas diferentes puede llevarse a cabo en la única cámara.

(Tercera realización)

15 En el ejemplo de la figura 2, la película de a-Si de tipo p se forma después de que se forme la película de a-Si de tipo n. También es posible en esta invención formar simultáneamente dos películas diferentes. La tercera realización que hace posible la formación de películas diferentes simultánea se muestra en la figura 3.

20 El aparato tiene casi la misma configuración que la de la figura 2(a), excepto la cámara de PCVD. La cámara de PCVD de esta realización, que se muestra en la figura 3, difiere de la mostrada en las figuras 2(b) y 2(c) en los siguientes puntos. Es decir, en el caso de la figura 2, el bloqueo se proporciona para impedir que el plasma generado en un espacio de formación de película para la película de a-Si de tipo n o película de a-Si de tipo p se difunda al otro espacio de formación de película y se deposite sobre la película de a-Si de tipo p o película de a-Si de tipo n, respectivamente. Sin embargo, en la tercera realización, la longitud de la plantilla 36 de fijación de soporte de sustrato debe realizarse lo más cerca posible a la longitud de la cámara, de modo que pueda actuar como placa de partición para impedir la mezcla de gas mutua entre los espacios de formación de película para la película de a-Si de tipo n y de tipo p (contaminación cruzada). Además, la longitud de la cámara también se realiza casi igual que la longitud del soporte de sustrato para estrechar el hueco. Se proporcionan un conducto de suministro de gas y una abertura 32, 32' de escape, en cada espacio de formación de película. En este caso, el gas de escape que fluye a través de dos aberturas 32 y 32' de escape se recoge aguas abajo (32"), Por tanto, se instala un sistema de gas de escape para esta cámara.

35 Cuando se introducen dos gases diferentes simultáneamente, los gases respectivos pueden influir a otros espacios de formación de película a través del hueco entre el soporte de sustrato y la placa de partición, y las paredes de cámara. Sin embargo, la concentración de portador en la película de tipo p o tipo n se determina principalmente mediante la diferencia de concentración entre el elemento de fósforo (P) y el elemento de boro (B) en la película. Por tanto, la contaminación del elemento B en la película de a-Si de tipo n o elemento P en la película de a-Si de tipo p casi no influyen en las características de la célula solar siempre que la cantidad de elemento B o elemento P sea pequeña, en comparación con la densidad de número de elemento P o elemento B, respectivamente. Por tanto, pueden fabricarse células solares para que tengan una característica deseada.

40 Por tanto, puede acortarse adicionalmente el tiempo de ciclo de la cámara de PCVD llevando a cabo la formación de película simultánea en la misma cámara.

45 En esta realización, se proporciona la abertura de escape en cada espacio de formación de película. Sin embargo, por ejemplo, también está disponible la configuración que tiene una abertura de escape alrededor del centro de la placa inferior de la cámara de vacío. Además, puesto que la plantilla de fijación de soporte de sustrato también se usa como placa de partición, la placa de partición se construye para entrar en contacto con el soporte de sustrato en la realización. Sin embargo, en el caso en el que la plantilla de fijación de soporte de sustrato es innecesaria o la placa de partición se dispone por separado, la placa de partición no está necesariamente en contacto con el soporte de sustrato y puede impedirse la contaminación cruzada controlando el flujo de gas incluso si existe una holgura.

(Cuarta realización)

55 Las realizaciones hacen referencia al aparato de fabricación y el método de fabricación de la película de a-Si de tipo p y de tipo n directamente sobre el sustrato de silicio. Sin embargo, para reducir los defectos en la unión p-i y la unión i-n y para mejorar adicionalmente las características de la célula solar, es preferible formar la película de a-Si de tipo i sobre ambas superficies de sustrato de silicio cristalino antes de formar la película de a-Si de tipo p y de tipo n. La configuración del aparato para este fin se muestra en la figura 4 como la cuarta realización de esta invención.

60 El aparato de CVD por plasma de la figura 4 se construye conectando una cámara 70 de PCVD para la deposición de película de a-Si de tipo i a la cámara 30 de PCVD del aparato de CVD por plasma mostrado en la figura 2(a). La cámara 70 de PCVD tiene la misma configuración que la que se muestra en las figuras 2(b) y 2(c), y tiene un conducto de suministro de gas de gas SiH_4 . Se alimenta potencia de alta frecuencia a dos electrodos acoplados de manera inductiva simultáneamente después de que el gas SiH_4 se introduzca para depositar la película de a-Si de tipo i sobre ambas superficies del sustrato.

La formación de la película de a-Si de tipo n y de tipo p se lleva a cabo de la misma manera que en la segunda realización.

5 (Quinta realización)

A continuación, se explica un aparato de CVD por plasma con una productividad muy alta como la quinta realización de esta invención. Las cámaras de CVD por plasma de las figuras 1-4 se usan para formar de manera continua la película delgada sobre ambas superficies de los sustratos soportados por un soporte de sustrato. Por el contrario, para mejorar adicionalmente la productividad, la cámara se construye preferiblemente para procesar cada vez una pluralidad de soportes de sustrato que soportan tantos sustratos como sea posible. La cámara de CVD por plasma que usa los electrodos acoplados de manera inductiva de esta invención puede modificarse fácilmente para este fin. Los ejemplos de configuración del aparato para la producción en masa se muestran en las figuras 5 y 6.

El aparato de la figura 5 es la versión de producción en masa del aparato mostrado en la figura 2. Las figuras 5(a) y 5(b) son vistas esquemáticas que muestran el interior de la cámara de PCVD visto desde la parte delantera y visto hacia la dirección de transporte, respectivamente. Puesto que varios electrodos acoplados de manera inductiva están dispuestos en paralelo entre sí formando un plano orientado hacia el soporte de sustrato, tal como se muestra en la figura 5(a), la formación de película puede realizarse para un soporte de sustrato de mayor tamaño (concretamente, el soporte de sustrato que soporta más sustratos). Además, la formación de película puede realizarse para muchos soportes de sustrato en una cámara de vacío, tal como se muestra en la figura 5(b), sólo disponiendo alternativamente el soporte de sustrato y la capa de disposición de electrodos.

El gas SiH_4/PH_3 se introduce a través del conducto 31 de suministro de gas y se alimenta potencia de alta frecuencia a los electrodos 33 y 33" para formar la película de a-Si de tipo n sobre la superficie de los sustratos, que está orientada hacia estos electrodos. A continuación, el gas se cambia a $\text{SiH}_4/\text{B}_2\text{H}_6$ y se alimenta potencia de alta frecuencia a los electrodos 33' y 33'" para formar la película de a-Si de tipo p sobre la otra superficie de los sustratos que está orientada hacia estos electrodos. Aquí, puesto que la distancia entre el electrodo y el sustrato puede realizarse tan pequeña como de aproximadamente 30 mm, varios soportes de sustrato y electrodos pueden estar dispuestos en un espacio pequeño.

El aparato de la figura 5 se construye para formar películas diferentes de manera separada sobre superficies respectivas de sustratos. Puede emplearse una configuración similar para el aparato mostrado en la figura 3 que se usa para la formación simultánea de película.

El aparato de la figura 6 es la versión de producción en masa del aparato mostrado en la figura 1. Las figuras 6(a) y 6(b) son vistas esquemáticas que muestran el interior de las cámaras de PCVD primera y segunda vistas hacia la dirección de transporte, respectivamente. En este caso, dos soportes de sustrato están dispuestos entre dos capas de disposición de electrodos acopladas de manera inductiva.

Aunque la presente invención se ha explicado con respecto al método y al aparato para formar la película de a-Si sobre ambas superficies del sustrato de silicio cristalino hasta ahora, la invención no está limitada a estas realizaciones y puede aplicarse a una diversidad de aplicaciones diferentes de las células solares, tales como la modificación superficial de sustrato de vidrio y plástico.

Aplicación en la industria

La presente invención permite formar películas delgadas de grosor uniforme excelente sin situar la placa de apoyo detrás del sustrato, y por consiguiente omitir la etapa de dar la vuelta a los sustratos y reducir el número de etapas de procesamiento de calentamiento/enfriamiento, lo que mejora notablemente la productividad de la formación de película sobre ambas superficies del sustrato.

Además, puede adoptarse la configuración en la que soportes de sustrato y disposiciones de electrodos acopladas de manera inductiva se disponen alternativamente para proporcionar el aparato de CVD por plasma para la producción en masa, que hace posible procesar simultáneamente varios sustratos.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de CVD por plasma, que comprende;

5 una primera (30) y una segunda cámara (40) de vacío conectadas a través de una válvula (63) de compuerta, estando equipada cada cámara (30, 40) de vacío con una abertura (31, 31', 41) de suministro de gas y una abertura (32) de escape,

10 una disposición de electrodos en la que una pluralidad de electrodos (33, 33', 33'', 43) acoplados de manera inductiva con una parte (34, 34') de alimentación de potencia y una parte (35) puesta a tierra están dispuestos en paralelo entre sí formando un plano, estando dispuestas dichas disposiciones de electrodos en N capas (donde N es el número natural 2 o superior) en dicha primera cámara (20) de vacío (o dicha segunda cámara (40)) y en (N-1) capas en dicha segunda cámara (40) de vacío (o dicha primera cámara (30)), y

15 al menos dos soportes (3) de sustrato, soportando cada uno un sustrato (1) en una parte de circunferencia de modo que ambas superficies del sustrato están expuestas,

20 dichos al menos dos soportes (3) de sustrato son transportables a entre las al menos dos capas de disposición de electrodos en dicha primera cámara (30) de vacío,

con lo cual la abertura (31, 31') de suministro de gas está diseñada para introducir un primer gas de formación de película y las partes (34, 34') de alimentación de potencia están diseñadas para alimentar potencia de alta frecuencia para generar plasma y para formar una primera película delgada sobre las superficies de los sustratos (1) que están orientadas hacia los electrodos (33, 33', 33'') acoplados de manera inductiva,

25 dichos al menos dos soportes (3) de sustrato entonces son transportables a la segunda cámara (40) de vacío de modo que la otra superficie de los sustratos (1) sobre la que no se forma dicha primera película delgada está orientada hacia el electrodo (43) acoplado de manera inductiva, y

30 con lo cual la abertura (41) de suministro de gas está diseñada para introducir un segundo gas de formación de película y las partes (34) de alimentación de potencia de los electrodos (43) acoplados de manera inductiva están diseñadas para alimentar potencia de alta frecuencia para generar plasma y formar una segunda película delgada sobre dicha otra superficie sobre la que no se forma la primera película delgada.

35

Fig. 1

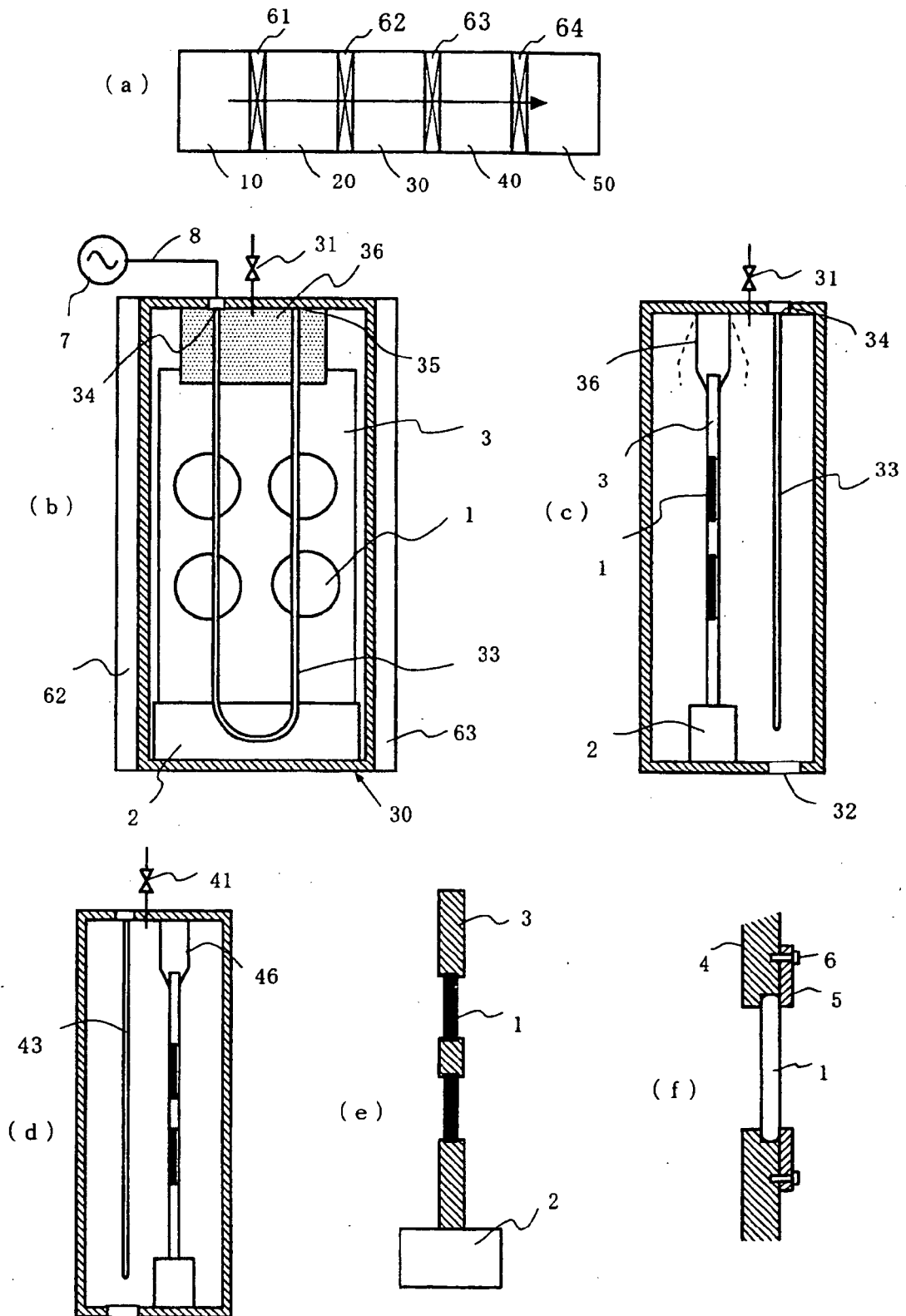


Fig. 2

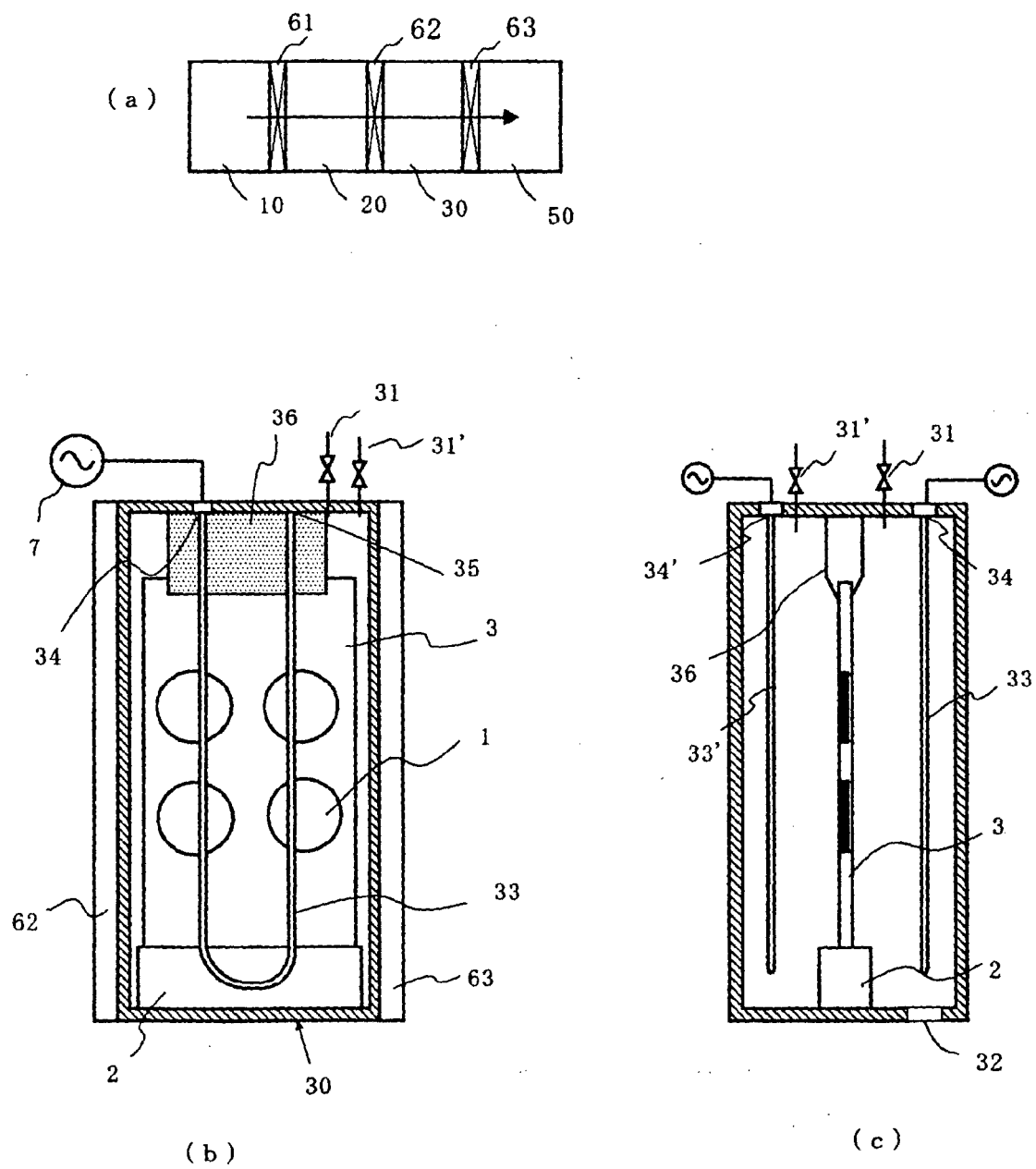


Fig. 3

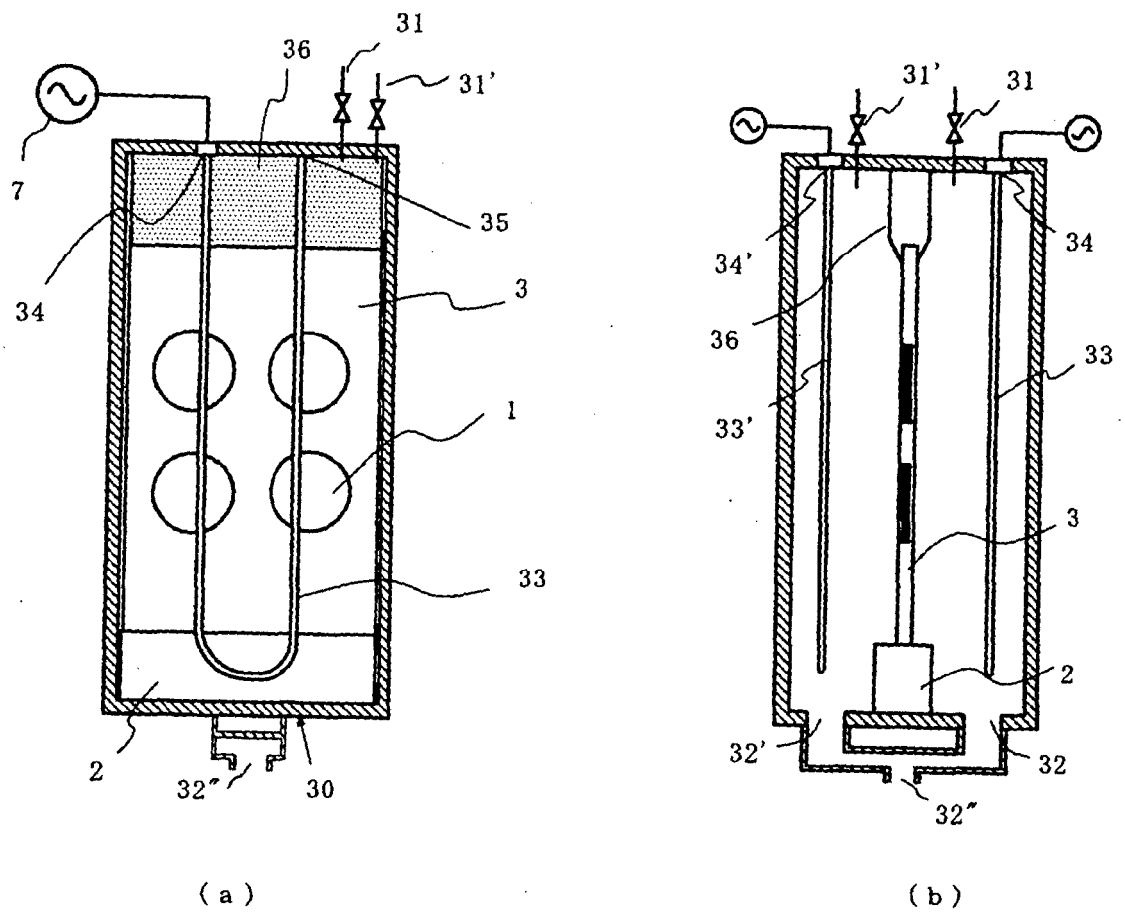


Fig. 4

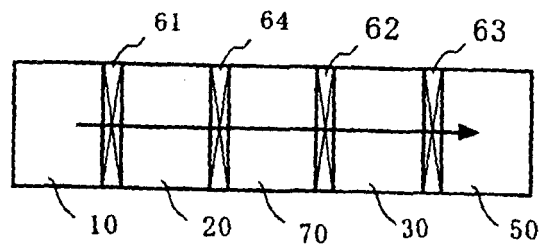


Fig. 5

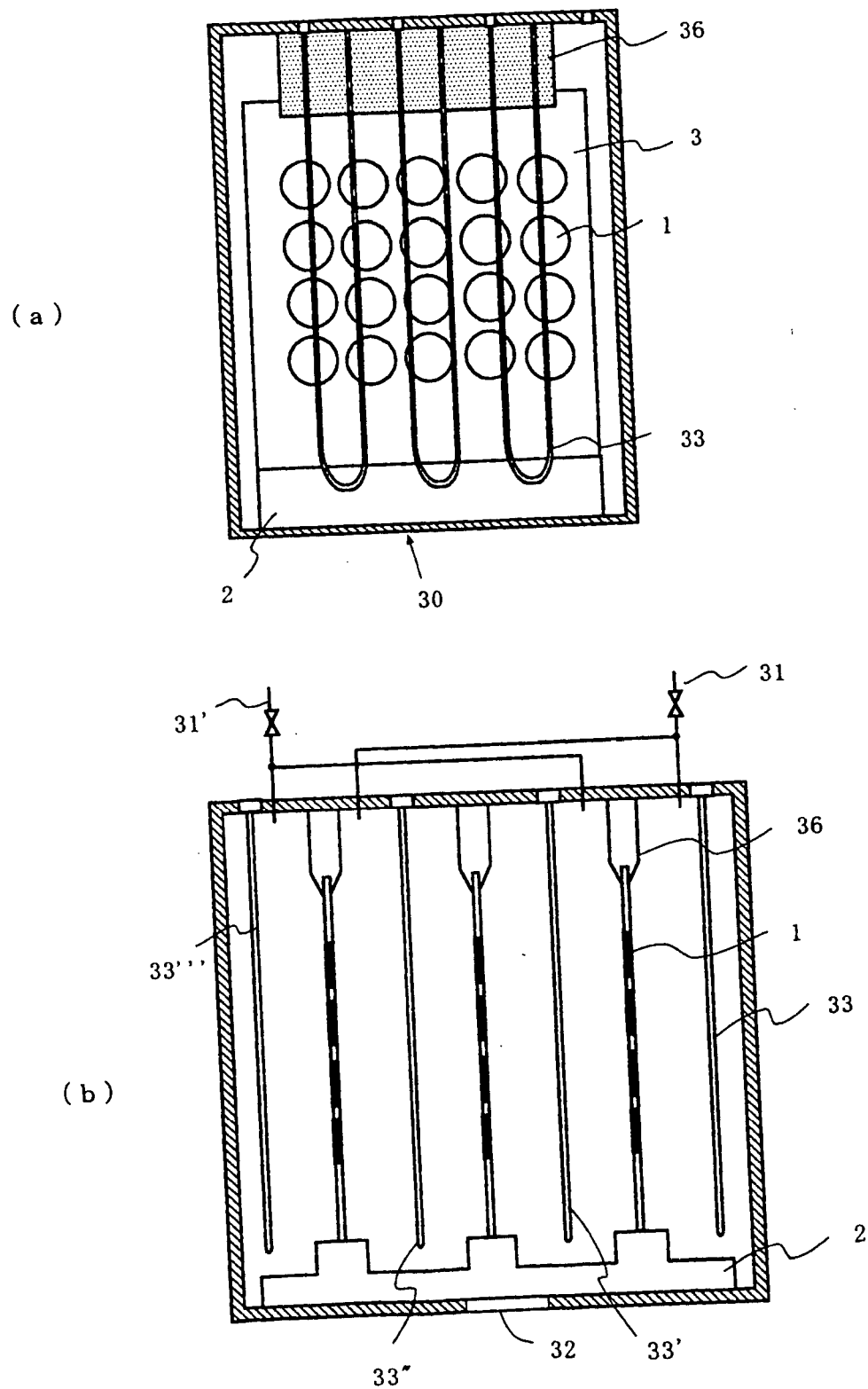


Fig. 6

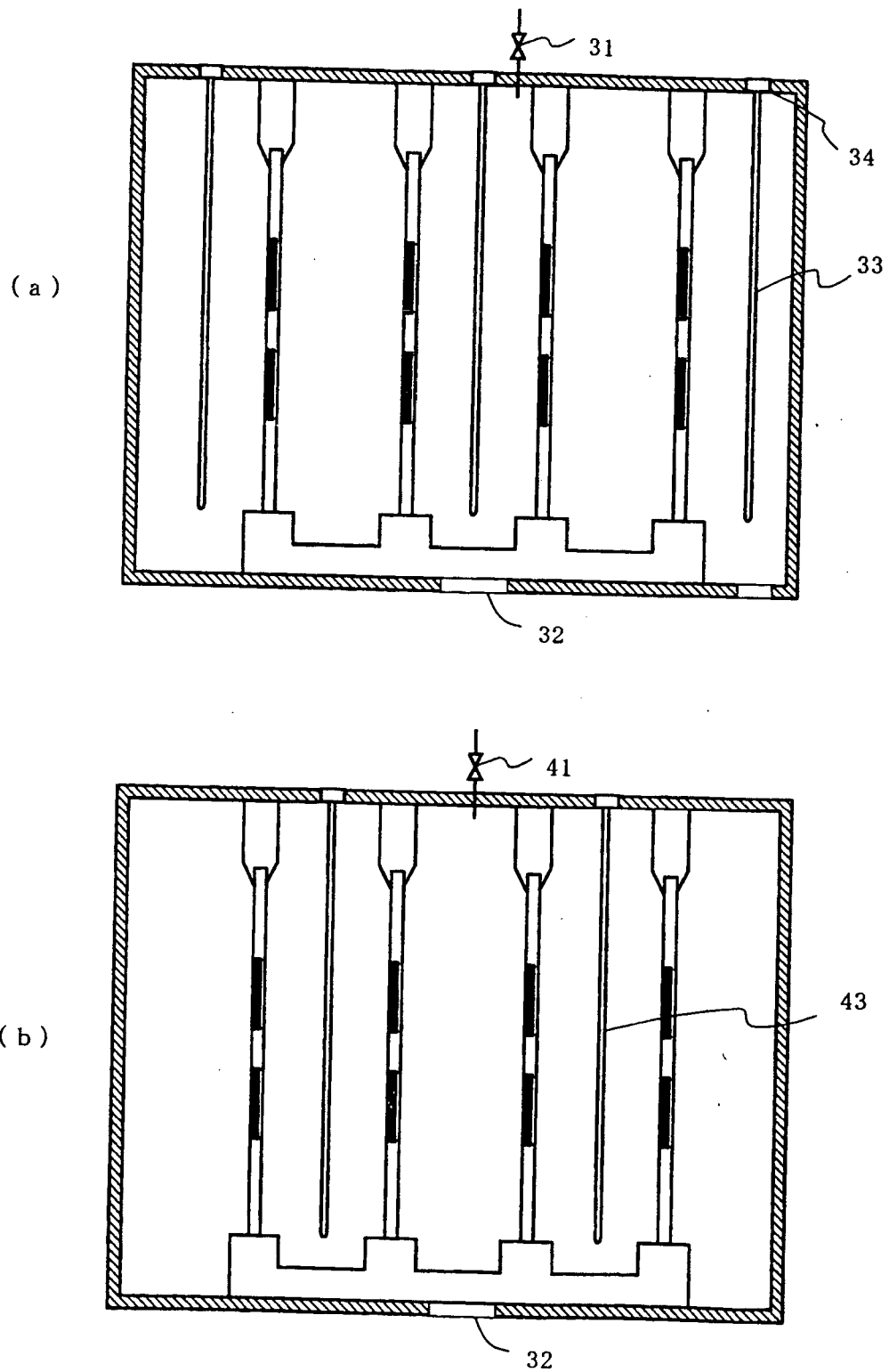


Fig. 7

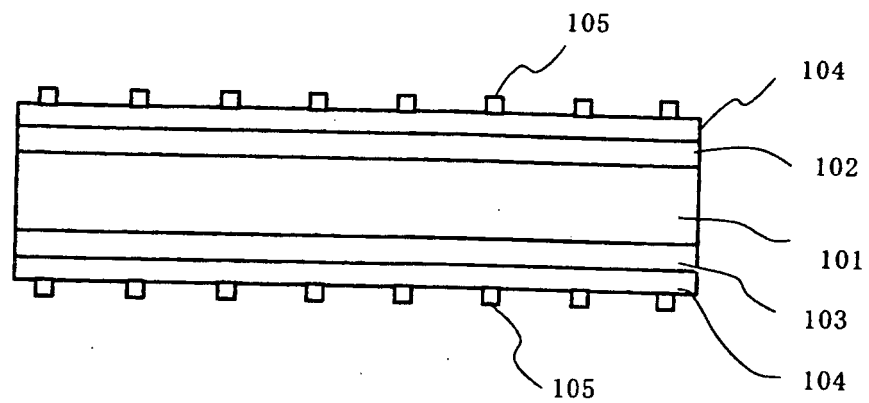


Fig. 8

