

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 361**

51 Int. Cl.:

C23C 14/06 (2006.01)

C23C 14/35 (2006.01)

C23C 14/56 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2011 E 11163134 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2013 EP 2381010**

54 Título: **Procedimientos de deposición electroquímica de tasa elevada de un compuesto semiconductor sobre sustratos de gran superficie**

30 Prioridad:

22.04.2010 US 765268

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

09.04.2013

73 Titular/es:

**PRIMESTAR SOLAR, INC (100.0%)
14401 West 65th Way Unit B
Arvada, CO 80004, US**

72 Inventor/es:

**HALLORAN, SEAN TIMOTHY;
GOSSMAN, ROBERT DWAYNE y
BLACK, RUSSELL WELDON**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 400 361 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

Procedimientos de deposición electroquímica de tasa elevada de un compuesto semiconductor sobre sustratos de gran superficie

5 La materia objeto divulgada en la presente memoria se refiere, en general, a los procedimientos de deposición electroquímica de finas películas sobre un sustrato. Más en concreto, la materia objeto divulgada en la presente memoria se refiere a unos procedimientos de deposición electroquímica de tasa elevada de finas películas sobre un sustrato de gran superficie.

10 Los módulos fotovoltaicos (PV) de finas películas (designados, así mismo, como “paneles solares” o “módulos solares”) están consiguiendo amplia aceptación e interés en la industria, en particular los módulos a base de telururo de cadmio (CdTe) emparejado con sulfuro de cadmio (CdS) como componentes fotorreactivos. El CdTe es un material semiconductor que ofrece unas características particularmente indicadas para la conversión de energía solar (luz solar) en electricidad. Por ejemplo, el CdTe ofrece un ancho de banda de 1,45 eV, lo cual hace posible convertir más energía a partir del espectro solar en comparación con materiales semiconductores con un ancho de banda inferior (1,1 eV) históricamente utilizados en aplicaciones de células solares. Así mismo, el CdTe convierte la energía de una manera más eficiente en condiciones de luz tenue o difusa en comparación con materiales de ancho de banda inferiores y, de esta manera, ofrece un tiempo de conversión más prolongadamente eficaz a lo largo del transcurso de un día o en unas condiciones de luz baja (por ejemplo, cielo nublado) en comparación con otros materiales convencionales.

20 Típicamente, los módulos PV de CdTe incluyen múltiples capas de película depositadas sobre un sustrato de vidrio antes de la deposición de la capa de CdTe. Por ejemplo, una capa de óxido conductor transparente (TCO) es depositada, en primer término, sobre la superficie del sustrato de vidrio, y una capa amortiguadora transparente resistiva (RTB) se aplica, a continuación, sobre la capa de TCO. La capa RTB puede ser una capa de óxido de estaño - cinc (ZTO) y puede ser designada como “capa ZTO”. Una capa de sulfuro de cadmio (CdS) es aplicada a la capa RTB. Estas diversas capas pueden ser aplicadas en un procedimiento de deposición electroquímica convencional que implique la eyección del material desde un objetivo (esto es, la fuente del material), y el depósito del material expulsado sobre el sustrato para formar la película.

30 Los módulos PV de CdTe que utilizan sistemas de energía solar se consideran generalmente como los de coste más eficiente de los sistemas comercialmente disponibles en términos de coste por espacio de energía generada. Sin embargo, las ventajas del CdTe con todo y admitiendo la explotación y aceptación comercial sostenible de la energía solar como fuente suplementaria o primaria de energía industrial o residencial depende de la capacidad para producir módulos PV a gran escala y de una manera rentable. Los costes de capital asociados con la producción de los módulos PV, en particular la maquinaria y el tiempo requeridos para la deposición de múltiples capas de finas películas analizadas con anterioridad, es una consideración comercial de la máxima importancia.

35 En particular, la deposición electroquímica a partir de un objetivo semiconductor que sea de naturaleza resistiva (por ejemplo, sulfuro de cadmio) puede ser difícil de desarrollar a una tasa elevada con una uniformidad suficiente para la producción en masa de dispositivos PV, en particular cuando el objetivo presenta una superficie relativamente extensa, tal y como se aprecia en el documento US 2009/0014065.

De acuerdo con ello, en la industria persiste la necesidad de un sistema mejorado para la producción a gran escala, económicamente factible y eficiente, de módulos PV, en particular de módulos en base a CdTe.

40 Diversos aspectos y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto en parte en la descripción subsecuente, o pueden resultar evidentes a partir de la descripción, o pueden aprenderse mediante la práctica de la invención.

45 En términos generales, se proporcionan unos procedimientos para la deposición electroquímica de finas películas sobre sustratos individuales. Los sustratos individuales pueden ser conducidos hasta el interior de una cámara de vacío para producir una presión de deposición electroquímica que sea inferior a aproximadamente 66,5 mbares. A continuación, los sustratos individuales pueden ser conducidos hasta el interior de una cámara de deposición electroquímica y para pasar por delante de un magnetrón llevando a cabo una deposición electroquímica en continuo de un objetivo mediante un gas ionizado a la presión de deposición eléctrica, de tal manera que se forme una fina película sobre una superficie del sustrato individual. El objetivo es sometido a una energía de alta frecuencia con una frecuencia de, de manera aproximada, 400 kHz a, de manera aproximada, 4 MHz a unos niveles de potencia superiores a, de manera aproximada, 1 kW.

55 En una forma de realización concreta, el procedimiento puede referirse, en general, a la deposición electroquímica de finas películas sobre sustratos individuales que definen una superficie que presenta un área, de manera aproximada, de 1000 cm² a, de manera aproximada, 2500 cm². Por ejemplo, los sustratos individuales pueden ser conducidos hasta el interior de una cámara de vacío para producir una presión de deposición electroquímica que sea inferior a, de manera aproximada, 66,5 mbares y calentados a una temperatura de deposición electroquímica de, de manera aproximada, 50° C a, de manera aproximada 200° C. Los sustratos individuales pueden ser conducidos hasta el interior de una cámara de deposición electroquímica para pasar por un magnetrón plano que pulverice en continuo un objetivo mediante un gas ionizado a la presión de deposición, de tal manera que se forme una fina

película sobre la superficie del sustrato individual. Los sustratos pueden ser conducidos en continuo a una tasa de conducción lineal sustancialmente constante durante la deposición eléctrica, de tal manera que la fina película formada sobre la superficie del sustrato individual presente un grosor medio de, de manera aproximada, 50 nm a, de manera aproximada, 250 nm con una no uniformidad de, de manera aproximada, un 7% a, de manera aproximada, un 15% del grosor medio. El objetivo puede ser sometido a una energía de alta frecuencia con una frecuencia de, de manera aproximada, de 400 kHz a, de manera aproximada, 4 MHz a unos niveles de potencia, superiores a, de manera aproximada, 1 kW.

Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se comprenderán de forma más acabada con referencia a la descripción subsecuente y a las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos que se acompañan, los cuales se incorporan en y constituyen parte de la presente memoria descriptiva, ilustran formas de realización de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

La Fig. 1 es una vista en sección transversal de un módulo fotovoltaico ejemplar de CdTe;

la Fig. 2 muestra una vista en planta de un sistema ejemplar de acuerdo con aspectos de la invención;

la Fig. 3 muestra una vista en planta de un sistema alternativo de acuerdo con aspectos de la invención;

la Fig. 4 es una vista en perspectiva de una forma de realización de una configuración de soportes de sustratos;

la Fig. 5 es una vista en perspectiva de una forma de realización alternativa de una configuración de soportes de sustratos;

la Fig. 6 es una vista esquemática de una forma de realización de una cámara de deposición electroquímica para la deposición de una fina película sobre un sustrato; y

la Fig. 7 es una vista esquemática de una forma de realización alternativa de una cámara de deposición eléctrica.

El uso repetido de los caracteres de referencia en la presente memoria descriptiva y en los dibujos tiene por objeto representar las mismas o análogas características o elementos.

A continuación se hará referencia con detalle a formas de realización de la invención, uno o más de cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se ofrece a modo de explicación de la invención, no de limitación de la misma.

En la presente divulgación, cuando una capa se describe como dispuesta "sobre" o "por encima" de otra capa o sustrato, debe entenderse que las capas pueden o bien estar directamente en contacto una con otra o bien incorporar otra capa o característica entre las capas. De esta manera, estos términos simplemente describen la posición relativa de las capas unas con respecto a otras y no significa de manera necesaria "sobre la parte superior de", dado que la posición relativa por encima o por debajo depende de la orientación del dispositivo con relación al espectador. Así mismo, aunque la invención no está limitada a ningún grosor de película concreto, el término "fina", que describe cualquier capa de película del dispositivo fotovoltaico, se refiere, en términos generales, a la capa de película que ofrezca un grosor inferior, de manera aproximada, a 10 micrómetros (μm).

Debe entenderse que los rangos y los límites mencionados en la presente memoria incluyen todos los rangos situados dentro de los límites prescritos (esto es, los subrangos). Por ejemplo, un rango de, de manera aproximada, de 100 a, de manera aproximada, 200 incluye, así mismo, rangos desde 110 a 150, 170 a 190, 153 a 162 y de 145,3 a 149,6. Así mismo, un límite de hasta, de manera aproximada, 7 incluye, así mismo, un límite de hasta, de manera aproximada, 5 hasta 3 y hasta, de manera aproximada, 4,5 así como rangos dentro del límite, como por ejemplo desde, de manera aproximada, 1 a, de manera aproximada, 5 y, de manera aproximada, de 3,2 a, de manera aproximada, 6,5.

Se disponen, en general, procedimientos de deposición electroquímica de una fina película sobre sustratos individuales. Los procedimientos están particularmente indicados para la deposición electroquímica a partir de objetivos de un material semiconductor (por ejemplo sulfuro de cadmio) sobre los sustratos individuales. Los procedimientos pueden depositar las capas de finas películas con una uniformidad aceptable a través de la superficie del sustrato, incluso sobre sustratos relativamente extensos (por ejemplo, que definen una superficie mayor de, de manera aproximada, 1000 cm^2 , como por ejemplo, de manera aproximada, de 1500 cm^2 a, de manera aproximada, 2500 cm^2). De esta manera, los procedimientos divulgados en la actualidad pueden ser apropiados para procedimientos de fabricación a gran escala.

Por ejemplo, la fina película formada sobre la superficie del sustrato individual puede presentar una no uniformidad de, de manera aproximada, un 20% del grosor medio (por ejemplo, de manera aproximada, de un 7% a, de manera aproximada, un 15% del grosor medio). Las capas de deposición eléctricas pueden tener un grosor medio de, de

manera aproximada, 50 nm hasta, de manera aproximada, 250 nm (por ejemplo, de manera aproximada, de 70 nm a, de manera aproximada, 100 nm).

Las capas de fina película, en particular cuando son sometidas a deposición electroquímica desde objetivos semiconductores, pueden estar formadas a partir de unas fuentes de energía de RF de frecuencia relativamente bajas. Por ejemplo, en una forma de realización concreta, la frecuencia de la fuente de energía de RF aplicada a la cámara de deposición electroquímica puede ser, de manera aproximada, de 400 kHz a, de manera aproximada, 4 MHz a unos niveles de potencia superiores a, de manera aproximada, 1 kW, como por ejemplo, de manera aproximada, 1 MHz hasta, de manera aproximada, 3 MHz a niveles de potencia desde, de manera aproximada, 2 kW a, de manera aproximada 5 kW. Sin que se pretenda adscripción a ninguna teoría concreta, se prevé que el uso de estas fuentes de energía de RF de baja frecuencia pueden formar unas capas de finas películas más uniformes en comparación con los, por otro lado, idénticos procedimientos de deposición electroquímica excepto los que utilizan fuentes de energía de RF de frecuencia más alta (por ejemplo de, de manera aproximada, 10 kW a, de manera aproximada 14 kW).

De acuerdo con lo indicado, el sistema y procedimiento actuales presentan particular utilidad para la deposición de múltiples capas de finas películas en la fabricación de los módulos PV, especialmente módulos PV de finas películas de telururo de cadmio. La Fig. 1 representa un módulo 10 ejemplar de CdTe que puede fabricarse, al menos en parte, de acuerdo con la forma de realización del sistema y el procedimiento descritos en la presente memoria. El módulo 10 incluye una hoja superior de vidrio como sustrato 12, la cual puede ser un vidrio de gran transmisión (por ejemplo un vidrio de borosilicato de gran transmisión) vidrio que pasa desde el horno a través de un baño de hierro a menor temperatura para que se solidifique u otro material de vidrio altamente transparente. El vidrio es en general lo suficientemente grueso para proporcionar un soporte para las capas de las películas posteriores (por ejemplo, un grosor de, de manera aproximada, 0,5 mm a, de manera aproximada, 10 mm), y es sustancialmente plano para proporcionar una superficie satisfactoria para formar las capas de película siguientes.

Una capa 14 de óxido conductor transparente (TCO) se muestra sobre el sustrato 12 del módulo 10 de la Fig. 1. La capa 14 de TCO hace posible que la luz pase a través de ella con una absorción mínima haciendo posible también al tiempo que la corriente eléctrica producida por el módulo 10 se desplace en sentido lateral hasta unos conductores de metal opacos (no mostrados). La capa 14 de TCO puede tener un grosor de entre, de manera aproximada, 0,1 μm y, de manera aproximada, de 1 μm , por ejemplo, de manera aproximada, de 0,1 μm a, de manera aproximada, 0,5 μm , como por ejemplo, de manera aproximada, de 0,25 μm a, de manera aproximada, 0,35 μm .

Una capa 16 amortiguadora transparente resistiva (RTB) se muestra sobre la capa 14 de TCO. Esta capa 16 es, en general, más resistiva que la capa 14 de TCO y puede ayudar a proteger el módulo 10 de las interacciones químicas entre la capa 14 de TCO y las capas posteriores durante el tratamiento del módulo 10. En determinadas formas de realización, la capa 16 de RTB puede tener un grosor de entre, de manera aproximada, 0,075 μm y, de manera aproximada, 1 μm , por ejemplo, de manera aproximada, de 0,1 μm a, de manera aproximada, 0,5 μm . En formas de realización concretas, la capa 16 de RTB puede tener un grosor de entre, de manera aproximada, 0,08 μm y, de manera aproximada, 0,2 μm , por ejemplo de, de manera aproximada, de 0,1 μm a, de manera aproximada, 0,15 μm . En formas de realización concretas, la capa 16 RTB puede incluir, por ejemplo, una combinación de óxido de cinc (ZnO) y óxido de estaño (SnO₂) y se designa como capa 16 de óxido de cinc - estaño ("ZTO").

La capa 16 de ZTO puede ser formada mediante deposición electroquímica, deposición de vapores químicos, pirólisis por pulverización o cualquier otro procedimiento de deposición apropiado. En formas de realización concretas, la capa 16 de ZTO se forma mediante deposición electroquímica (por ejemplo una deposición electroquímica por CC o una deposición electroquímica por RF) sobre la capa 14 de TCO. Por ejemplo, la capa 16 puede ser depositada utilizando un procedimiento de deposición electroquímica por CC mediante la aplicación de una CC sobre un material de fuente metálico (por ejemplo cinc elemental, estaño elemental, o una mezcla de éstos) y llevando a cabo una deposición eléctrica del material de fuente metálico sobre la capa 14 de TCO en presencia de una atmósfera oxidizante (por ejemplo, un gas O₂).

La capa 18 de CdS se muestra sobre la capa 16 de ZTO del módulo 10 de la Fig. 1, la capa 18 de CdS es una capa tipo n que generalmente incluye sulfuro de cadmio (CdS) pero puede, así mismo, incluir otros materiales, como por ejemplo sulfuro de cinc, sulfuro de cinc - cadmio, etc, y mezclas de éstos, así como adulterantes y otras impurezas. La capa 18 de CdS puede incluir oxígeno hasta, de manera aproximada, un 25% en porcentaje atómico, por ejemplo, de manera aproximada, de un 5% a, de manera aproximada, un 20% en porcentaje atómico. La capa 18 de CdS puede tener un ancho de banda (por ejemplo, de manera aproximada, de 2,25 eV a, de manera aproximada, 2,5 eV, como por ejemplo, de manera aproximada, 2,4 eV) con el fin de hacer posible que pase la mayoría de la energía de radiación (por ejemplo la radiación solar). En cuanto tal, la capa 18 de sulfuro de cadmio es considerada como una capa transparente dispuesta sobre el dispositivo 10.

La capa 18 de CdS puede ser formada mediante deposición eléctrica, deposición de vapores químicos, deposición por baño químico, y otros procedimientos de deposición apropiados. En una forma de realización concreta, la capa 18 de CdS se forma mediante deposición electroquímica (por ejemplo, deposición electroquímica por radiofrecuencia (RF)) sobre la capa 16 RTB, y puede tener un grosor que sea inferior a, de manera aproximada, 0,1

µm. Este grosor reducido de menos de, de manera aproximada, 0,1 µm reduce la absorción de energía de radiación mediante la capa 18 de CdS, incrementando de manera eficaz la cantidad de energía de radiación que llega hasta la capa 20 de CdTe subyacente.

5 La capa 20 de CdTe se muestra sobre la capa 18 de sulfuro de cadmio en el módulo 10 ejemplar de la Fig. 1. La
 10 capa 20 es una capa tipo p que generalmente incluye telururo de cadmio (CdTe), pero, así mismo, puede incluir
 otros materiales. Como capa de tipo p del módulo 10, la capa 20 de CdTe es la capa fotovoltaica que interactúa con
 la capa 18 de CdS (esto es, la capa tipo n) para producir una corriente a partir de la absorción de la energía de
 radiación mediante la absorción de la mayoría de la energía de radiación que pasa hasta el interior del módulo 10
 debido a su elevado coeficiente de absorción y a la creación de pares de electrón - agujero. La capa 20 de CdTe
 puede tener un ancho de banda diseñado a medida para absorber la energía de radiación (por ejemplo, de manera
 aproximada, de 1,4 eV hasta, de manera aproximada, 1,5 eV, como por ejemplo, de manera aproximada, 1,45 eV)
 para crear el máximo número de pares de electrón - agujero con el potencial eléctrico (voltaje) más alto tras la
 absorción de la energía de radiación. Los electrones pueden desplazarse desde el lado tipo p (esto es, la capa 20
 de CdTe) a través de la unión hasta el lado de tipo n (esto es, la capa 18 de CdS) y, al revés, unos agujeros pueden
 15 pasar desde el lado de tipo n al lado de tipo p. De esta manera, la unión p - n formada entre la capa 18 de CdTe y la
 capa 20 de CdTe forma un diodo en el cual el desequilibrio de la carga conduce a la creación de un campo eléctrico
 que abarca la unión p - n. Se deja que la corriente convencional fluya en una sola dirección y separe los pares de
 electrón - agujero inducidos por la luz.

20 La capa 20 de telururo de cadmio se puede formar mediante cualquier procedimiento conocido, como por ejemplo la
 deposición por transporte del vapor, la deposición de vapores químicos (CVD), pirolisis por pulverización,
 electrodeposición, deposición eléctrica, sublimación en espacio cerrado (CSS), etc. En formas de realización
 concretas, la capa 20 de CdTe puede tener un grosor de entre, de manera aproximada, 0,1 µm y, de manera
 aproximada, 10 µm, como por ejemplo, de manera aproximada, de 1 µm y, de manera aproximada, 5 µm.

25 Una serie de tratamientos postformación pueden ser aplicados a la superficie expuesta de la capa 20 de CdTe.
 Estos tratamientos pueden estar diseñados para adaptarse a la funcionalidad de la capa 20 de CdTe y separar la
 superficie para su posterior adhesión a la(s) capa(s) 22 de contacto trasera(s). Por ejemplo, la capa 20 de telururo
 de cadmio puede ser recocida a temperaturas elevadas (por ejemplo, de manera aproximada, de 350° C hasta, de
 manera aproximada, 500° C, por ejemplo, de manera aproximada de 375° C hasta, de manera aproximada, 424° C)
 durante un tiempo suficiente (por ejemplo, de manera aproximada de 1 a, de manera aproximada, 10 minutos) para
 30 crear una capa tipo p de telururo de cadmio. Sin pretender adherirse a ninguna teoría, se cree que el recocido de la
 capa 20 de telururo de cadmio (y del módulo 10) convierte la capa 20 de CdTe alterada de tipo p normalmente de
 un tipo ligero, e incluso la capa alterada de tipo n en una capa tipo p de mayor fortaleza que presenta una
 resistividad relativamente baja. Así mismo, la capa 20 de CdTe puede recristalizar y experimentar un crecimiento de
 grano durante el recocido.

35 Así mismo se puede añadir cobre a la capa 20 de CdTe. Junto con un ataque al ácido apropiado, la adición de cobre
 a la capa 20 de CdTe puede formar una superficie de telururo de cobre (Cu₂Te) sobre la capa 20 de CdTe con el fin
 de obtener un contacto eléctrico de resistencia baja entre la capa 20 de telururo de cadmio (esto es, la capa tipo p) y
 la(s) capa(s) 22 de contacto trasero.

40 La capa 22 de contacto trasero sirve en general como el contacto eléctrico trasero, en relación con la capa 14 de
 TCO opuesta, que sirve como contacto eléctrico frontal. La capa 22 de contacto trasero puede estar formada sobre,
 y en una forma de realización está en contacto directo con la capa 20 de CdTe. La capa 22 de contacto trasero está
 fabricada de manera apropiada a partir de uno o más materiales altamente conductores, como por ejemplo níquel
 elemental, plomo, cobre, estaño, aluminio, oro, plata, tecnecio o aleaciones o mezclas de éstos. Así mismo, la capa
 45 22 de contacto trasero puede ser una única capa o una pluralidad de capas. En una forma de realización concreta, la
 capa 22 de contacto trasero puede incluir grafito, como por ejemplo una capa de carbono depositada sobre la capa p
 seguida por una o más capas de metal, como por ejemplo los metales descritos con anterioridad. La capa 22 de
 contacto trasero si está fabricada en o comprende uno o más metales es oportunamente aplicada mediante una
 técnica del tipo de la deposición electroquímica o la evaporación del metal. Si está fabricada en una mezcla de
 grafito y polímero, o a partir de una pasta de carbono, la mezcla o la pasta es aplicada al dispositivo semiconductor
 mediante cualquier procedimiento apropiado para la diseminación de la mezcla o la pasta, como por ejemplo
 50 estampación con estarcido, pulverización o mediante una cuchilla "rascadora". Después de la aplicación de la
 mezcla de grafito o de la pasta de carbono, el dispositivo puede ser calentado para convertir la mezcla o la pasta en
 una capa conductora de contacto trasero. Una capa de carbono, si es que se utiliza, puede tener un grosor de,
 de manera aproximada, entre 0,1 µm y, de manera aproximada, 10 µm, por ejemplo, de, de manera aproximada, 1 µm
 55 a, de manera aproximada, 5 µm. Una capa de metal de contacto trasero, si se utiliza para o como parte de la capa
 22 de contacto trasero, puede tener un grosor, de manera aproximada, de 0,1 µm a, de manera aproximada 1,5 µm.

En la forma de realización de la Fig. 1, se muestra un vidrio 24 de encapsulación sobre la capa 22 de contacto trasero.

60 Otros componentes (no mostrados) pueden ser incluidos en el módulo 10 ejemplar, como por ejemplo barras
 colectoras, cableados externos, grabados con láser, etc. El módulo 10 puede ser dividido en una pluralidad de

células individuales que estén conectadas en serie con el fin de conseguir un voltaje deseado, por ejemplo por medio de una conexión de cableado eléctrico. Cada extremo de las células conectadas en serie puede ser fijado a un conductor apropiado, como por ejemplo un alambre o una barra colectora, para dirigir la corriente generada de forma fotovoltaica a los emplazamientos oportunos para la conexión a un dispositivo u otro sistema que utilice la corriente eléctrica generada. Un medio apropiado para la consecución de las células conectadas en serie en trazar por láser el módulo 10 para dividir el dispositivo en una serie de células conectadas mediante interconexiones. Así mismo, unos hilos eléctricos pueden estar conectados a unos terminales positivo y negativo del módulo 10 PV para proporcionar unos hilos conductores para aprovechar la corriente eléctrica producida por el módulo 10 PV.

La Fig. 2 representa un sistema 100 ejemplar de acuerdo con aspectos de la invención para la deposición de múltiples capas de fina película sobre los sustratos 12 del módulo PV (Fig. 4) que son conducidos a través del sistema 100. Como primera cuestión, debe destacarse que el sistema 100 no está limitado por cualquier tipo particular de fina película o de procedimiento de deposición de finas películas de acuerdo con lo descrito con mayor detalle en la presente memoria.

El sistema 100 ilustrado incluye un primer lado 102 de tratamiento en el que los sustratos cargados sobre los soportes 122 son conducidos en una primera dirección indicada mediante la flecha 103. El primer lado 102 de tratamiento incluye una pluralidad de diferentes estaciones 104 de tratamiento que están configuradas para la deposición de una primera capa de fina película sobre los sustratos a medida que los sustratos son conducidos a lo largo del primer lado 102 de tratamiento. Las estaciones 104 de tratamiento pueden incluir unas unidades modulares dispuestas en serie que estén alineadas para llevar a cabo todas las etapas del tratamiento necesarias para la deposición de la primera capa de película sobre los sustratos. Los soportes 122 que presentan uno o más sustratos cargados sobre ellos son introducidos en el interior del primer lado 102 de tratamiento en un emplazamiento 106 de entrada. Los soportes 122 pueden ser cargados de forma manual en una estación 152 de carga o, en una forma de realización alternativa, se puede utilizar una maquinaria automatizada para la introducción de los soportes 122 dentro de la estación 152 de carga. Por ejemplo, pueden ser utilizados unos robots u otra maquinaria automatizada para este proceso.

Los soportes 122 son retirados del primer lado 102 de tratamiento en un emplazamiento 108 de salida opuesto, el cual puede incluir un amortiguador 144 externo. De nuevo aquí, los soportes 122 pueden ser descargados de forma manual o recibidos por un equipamiento móvil automatizado que incluya máquinas robóticas o similares.

El sistema 100 incluye un segundo lado 110 de tratamiento que está dispuesto de forma operativa con respecto al primer lado 102 de tratamiento para conducir los soportes 122 (y los sustratos conducidos con aquellos) que salen del primer lado 102 de tratamiento en una segunda dirección indicada por la flecha 111 direccional a través del segundo lado 110 de tratamiento. El segundo lado 110 de tratamiento incluye una pluralidad de estaciones 112 de tratamiento que están configuradas y dispuestas en serie para la deposición de una segunda capa de fina película sobre la primera capa de fina película. Como en el primer lado 102 de tratamiento, los módulos 112 de tratamiento a lo largo del segundo lado 110 de tratamiento están configurados para llevar a cabo todas las etapas de tratamiento necesarias para la deposición de la capa de fina película a medida que los soportes 122 y los sustratos son conducidos a través del segundo lado 110 de tratamiento.

Una primera estación 118 de transferencia está dispuesta de forma operativa entre el primer lado 102 de tratamiento y el segundo lado 110 de tratamiento para recibir los sustratos desde la salida 108 del primer lado 102 de tratamiento y para desplazar de forma automática los sustratos hasta una entrada 114 hasta el segundo lado 110 de tratamiento. La estación 118 de transferencia puede incluir cualquier tipo de maquinaria automatizada para llevar a cabo la transferencia de los soportes 122. Por ejemplo, la estación 118 de transferencia puede incluir una mesa giratoria 121 automatizada que esté configurada para recibir un soporte 122 desde la salida 108 del primer lado 102 de tratamiento, rotar 180° en sentido contrario a las agujas del reloj e introducir el soporte 122 en la entrada 144 del segundo lado 110 de tratamiento. La mesa giratoria 121 puede incluir cualquier tipo de maquinaria robótica u otro tipo de maquinaria automatizada para el fin indicado. En una forma de realización alternativa, la estación 118 de transferencia puede incluir cualquier tipo de transportadores que lleven a cabo la tarea de recepción y conducción de los soportes 122 desde la salida 108 del primer lado 102 de tratamiento hasta la entrada 144 del segundo lado 110 de tratamiento. Se debe apreciar sin dificultad que cualquier tipo de configuración de transferencia y conducción puede ser utilizado para este fin.

En las formas de realización ilustradas, el primer lado 102 de tratamiento y el segundo lado 110 de tratamiento son, en lo esencial, paralelos, uno respecto de otro, de tal manera que la dirección de transporte 103 y 111 de los respectivos lados de tratamiento son, en lo esencial, paralelos y opuestos en cuanto a la dirección. Esta disposición puede ser ventajosa desde el punto de vista del ahorro de espacio dentro de una instalación fabril. Sin embargo, se debe apreciar sin dificultad, que la segunda dirección de conducción puede estar dispuesta en cualquier ángulo funcional relativo con respecto al eje geométrico de la primera estación 102 de tratamiento (incluyendo un ángulo en línea o cero) y que la invención no está limitada a la configuración ilustrada en las figuras.

Con la configuración global ilustrada en la Fig. 2, debe ser apreciado sin dificultad que los soportes 122 (con los sustratos) son desplazados en continuo a través de los primero y segundo lados 102, 110 de tratamiento para la deposición sobre ellos de múltiples capas de fina película. La configuración de la Fig. 2 es una configuración en

bucle con extremos abiertos, en la que los soportes 122 son exteriores al sistema y son introducidos en el interior del primer lado 102 de tratamiento por el emplazamiento 106 de entrada. Los soportes son, a continuación, retirados del sistema 100 por el emplazamiento 116 de salida del segundo lado 110 de tratamiento. Este proceso de carga y descarga puede ser llevado a cabo de manera manual o mediante maquinaria automatizada, de acuerdo con lo indicado con anterioridad.

Todavía con referencia a la Fig. 2, las diversas estaciones 104, 112 de tratamiento pueden estar definidas por unos módulos 125 de tratamiento verticales, desempeñando cada uno de los módulos 125 alineados de forma adyacente una función de tratamiento específica, tal y como se describe con mayor detalle más adelante. Cada uno de los módulos 125 puede incluir un transportador 126 accionado y controlado de forma independiente. Los soportes 122 de los sustratos descansan sobre los transportadores 126 y, de esta manera, son desplazados de forma controlada a través de los respectivos módulos 125. En formas de realización específicas, los transportadores 126 pueden ser transportadores tipo de rodillo, transportadores de correa, y similares. Los transportadores 126 para cada uno de los respectivos módulos 125 pueden estar provistos de un mecanismo de accionamiento independiente (no ilustrado en la figura). En una forma de realización alternativa, un mecanismo de accionamiento puede estar configurado para accionar múltiples transportadores 126 de diferentes módulos 125 a través de cualquier tipo de disposición de engranajes. Un único transportador 126 puede estar asociado con múltiples módulos 125.

Los diversos módulos 125 están orientados verticalmente en el sentido de que los soportes 122 conducen los sustratos en una orientación vertical a través de los lados 102, 110 de tratamiento. Con referencia a la Fig. 4, un soporte 122 ejemplar se ilustra como un tipo de estructura bastidor fabricado a partir de unos miembros 124 del bastidor. Los miembros 124 del bastidor definen unas posiciones de recepción de los sustratos 12, de forma que los sustratos 12 sean recibidos horizontal o verticalmente (con respecto a su eje geométrico longitudinal) dentro del soporte 122. Se debe apreciar que el soporte 122 puede estar definido por cualquier tipo de estructura o de miembro del bastidor para soportar uno o más sustratos 12 en orientación vertical a través de los lados de tratamiento. En la forma de realización de la Fig. 4, el soporte 122 está configurado para la recepción de dos sustratos 12 en posición horizontal. Se debe apreciar sin dificultad que los múltiples sustratos 12 podrían, así mismo, estar dispuestos de tal manera que el eje geométrico longitudinal de los respectivos sustratos estuviera en posición vertical. Cualquier orientación de los sustratos 12 dentro del soporte 122 se contempla dentro del alcance de la invención. Los miembros 124 del bastidor pueden definir un tipo abierto de bastidor en el que los sustratos 12 sean esencialmente recibidos dentro de una "abertura de ventana" definida por el soporte 122. En una forma de realización alternativa, el soporte 122 puede definir un panel trasero contra el cual estén dispuestos los sustratos 12.

La forma de realización del soporte 122 ilustrado en la Fig. 5 está configurado para la recepción de cuatro sustratos 112, en la que los pares de sustratos 12 están en una relación de espalda con espalda. Por ejemplo, un par de sustratos 12 está dispuesto en la porción superior del bastidor del soporte 112, y un segundo par de sustratos 12 está dispuesto en la porción inferior del bastidor del soporte 112. La configuración de la Fig. 5 puede ser utilizada cuando cuatro o más de los sustratos 12 sean tratados de manera simultánea en el sistema 100, tal y como se describe con mayor detalle más adelante con respecto al aparato de deposición ilustrado en la Fig. 7.

Con referencia de nuevo a la Fig. 2, el primer lado 108 de tratamiento puede estar específicamente configurado con uno o más módulos 128 de deposición verticales que definen una cámara de deposición electroquímica de vacío para la deposición de una capa de óxido de estaño - cinc (ZTO) sobre los sustratos conducidos a través del referido lado. Así mismo, el segundo lado 110 de tratamiento puede incluir uno o más módulos 128 de deposición que definen una cámara de deposición electroquímica de vacío configurada con carácter específico para la deposición de una capa de sulfuro de cadmio (CDS) sobre la capa de ZTO. El funcionamiento de las cámaras de deposición electroquímica de vacío es bien conocido por los expertos en la materia y no necesita ser descrito con detalle en la presente memoria. Básicamente, la deposición electroquímica implica, en general, la eyección del material a partir de un objetivo, el cual es la fuente del material, y la deposición del material expulsado sobre el sustrato en forma de una capa de fina película. La deposición electroquímica por CC implica generalmente la aplicación de un voltaje a un objetivo metálico (esto es, el cátodo) situado cerca del sustrato dentro de la cámara para formar una descarga de corriente continua. La cámara de deposición electroquímica puede tener una atmósfera reactiva (por ejemplo una atmósfera de oxígeno) que forme un campo de plasma entre el objetivo metálico y el sustrato. La presión de la atmósfera reactiva puede oscilar entre, de manera aproximada, 1,33 mbares y, de manera aproximada, 26,6 mbares, para la deposición electroquímica con magnetrón. Cuando los átomos de metal son liberados del objetivo tras la aplicación del voltaje, los átomos de metal reaccionan con el plasma y se depositan sobre la superficie del sustrato. Por ejemplo, cuando la atmósfera contiene oxígeno, los átomos de metal liberados del objetivo de metal forman una capa de óxido metálico sobre el sustrato. La deposición electroquímica por RF es un procedimiento que implica la excitación de una descarga capacitiva mediante la aplicación de una corriente alterna (CA) o una señal de radiofrecuencia (RF) entre el material de fuente del objetivo y el sustrato. La cámara de deposición electroquímica puede presentar una atmósfera inerte, (por ejemplo una atmósfera de argón) que tenga una presión de entre, de manera aproximada 1,33 mbares y, de manera aproximada, 26,6 mbares.

La Fig. 6 muestra una vista en sección transversal esquemática general de un módulo 128 de deposición vertical ejemplar configurado como una cámara 166 de deposición electroquímica por RF o CC. Una fuente 168 de energía está configurada para controlar y suministrar energía de CC o RF a la cámara 166. En el caso de una cámara 166 de CC, la fuente 168 de energía aplica un voltaje al cátodo 170 para crear un potencial de voltaje entre el cátodo 170

y un ánodo 172. En la forma de realización ilustrada, el ánodo 172 se define por la pared de la cámara. Los sustratos 12 de vidrio están sujetos por el soporte 122 para situarse en posición opuesta en términos generales respecto del cátodo 170 (el cual es, así mismo, el material 176 de fuente del objetivo). Un campo 174 de plasma se crea una vez que la atmósfera de deposición electroquímica se inflame y es sostenido en respuesta al potencial de voltaje entre el cátodo 170 y la pared de la cámara que actúa como el ánodo 172. El potencial de voltaje provoca que los iones del plasma situados dentro del campo 174 de plasma se aceleren hacia el cátodo 170, provocando que los átomos procedentes del cátodo 170 sean expulsados hacia la superficie del sustrato 12. En cuanto tal, el cátodo 170 es el "objetivo" y se define por el material de fuente para la formación del tipo específico de fina película deseado de aplicación sobre la superficie de los sustratos 12. Por ejemplo, el cátodo 170 puede ser un objetivo de aleación de metal, como por ejemplo estaño elemental, cinc elemental, o mezclas de diferente aleaciones de metal. El oxígeno existente en la cámara 166 reacciona con los átomos del objetivo expulsado para formar una capa de óxido sobre los sustratos 12 como por ejemplo una capa de ZTO.

Una capa de fina película de sulfuro de cadmio (CdS) puede ser formada dentro de una cámara 166 de deposición electroquímica por RF (Fig. 6) en aplicación de una corriente alterna (CA) o por una señal de radiofrecuencia (RF) entre un material cerámico fuente del objetivo y los sustratos 12 en una atmósfera esencialmente inerte.

Aunque se ilustran fuentes de energía simples en las Figs. 6 y 7, se entiende en general que fuentes de energía múltiples pueden ser acopladas junto con una fuente de un respectivo objetivo para la generación de las condiciones de deposición electroquímica deseadas dentro de la cámara 166.

La Fig. 6 ilustra un elemento 178 calefactor situado dentro de la cámara 166. Cualquier modo o configuración de elementos calefactores se pueden configurar dentro de la cámara 166 para mantener unas temperatura y atmósfera deseadas dentro de la cámara.

En la forma de realización de la Fig. 6, el módulo 128 de deposición vertical está configurado para la deposición de una capa de fina película sobre el lado de los sustratos 12 orientado hacia el material 176 de fuente del objetivo. La Fig. 7 ilustra una forma de realización en la que la cámara 166 incluye unos sistemas de deposición electroquímica dobles para la aplicación de una fina película sobre las superficies encaradas hacia fuera de los sustratos 12 de espalda con espalda fijados dentro de los soportes 122, como por ejemplo la configuración del soporte 122 ilustrada y descrita con anterioridad con respecto a la Fig. 5. De esta manera, en el módulo 128 de deposición vertical ilustrado en la Fig. 7, cuatro sustratos son tratados de forma simultánea para la deposición sobre ellos de una capa específica de fina película.

Con referencia de nuevo al sistema 100 de la Fig. 2, los transportadores 126 individuales asociados con los módulos 128 de deposición vertical dispuestos en posición adyacente, son controlados para conducir los soportes 122 y son fijados a los sustratos a través de las cámaras de deposición electroquímica a vacío a una velocidad lineal constante, controlada, para asegurar una deposición uniforme de una fina película sobre la superficie de los sustratos. Por otro lado, los soportes 122 y los sustratos son introducidos de forma escalonada dentro y fuera de los respectivos lados 102, 110 de tratamiento. En este sentido, el sistema 100 incluye cualquier configuración de entrada y salida de módulos, de transportadores 126 asociados y unas válvulas 154 de bloqueo de vacío con unos controladores 156 asociados. Así mismo, los respectivos lados 102, 110 de tratamiento pueden incluir unos módulos adicionales no de vacío en sus respectivos lados de entrada y salida para la carga de los soportes 112 dentro y fuera del sistema 100, la amortiguación de los soportes 122 con respecto a la estación 118 de transferencia, y el enfriamiento de los sustratos y de los soportes 122 antes de la retirada del sistema 100 de los sustratos.

Por ejemplo, con referencia a la Fig. 2, el primer lado 102 de tratamiento incluye una pluralidad de módulos 125 verticales dispuestos en posición adyacente. Un primer módulo de estos módulos 125 define una estación 152 de carga en la que los soportes 122 son cargados dentro del sistema. Tal y como se indicó, esto puede llevarse a cabo de forma manual o por medios robóticos. Un respectivo transportador situado dentro del módulo de la estación 152 de carga desplaza los soportes 122 hasta un módulo 132 de carga a vacío. Este módulo 132 incluye una válvula 154 de vacío de entrada, la cual puede ser, por ejemplo, una válvula hendida tipo compuerta o una válvula de charnela rotativa que sea accionada por un motor 156 asociado. La válvula 154 inicial se abre y un soporte 122 es conducido hasta el interior del módulo 132 desde el módulo 152 de carga. La válvula 154 de entrada, a continuación, se cierra. En este punto, una bomba 162 de vacío "tosca" bombea a partir de la atmósfera hasta conseguir un vacío "tosco" inicial en el rango de los milibares. La bomba 162 de vacío tosco puede ser, por ejemplo, una bomba mecánica tipo garra con un soplante Roots. Después del bombeo hasta una presión de cruce definida, la válvula 154 situada entre el módulo 132 de carga y un módulo 134 amortiguador de carga adyacente se abre y el soporte 122 es transferido al interior del módulo 134 amortiguador de carga. La válvula 154 situada entre los módulos 132 y 134 a continuación se cierra, el módulo 132 de carga es purgado, y la válvula 154 inicial se abre para la recepción del siguiente soporte 122 dentro del módulo. Una bomba 164 de "alto" o "de gran precisión" vacío aspira un vacío incrementado dentro del módulo 134 amortiguador de carga, y el módulo 134 puede ser rellenado con un gas de tratamiento para adaptarse a las condiciones de las cámaras de tratamiento corriente abajo. La bomba 164 de vacío de gran precisión puede ser, por ejemplo, una combinación de criobombas configurada para el bombeo de vacío del módulo hasta, de manera aproximada, menos que o igual a 1197×10^{-5} mbares.

Un modulo 136 amortiguador de procedimiento está situado corriente abajo del módulo 134 amortiguador de carga y a la presión y a las condiciones de vacío prescritas dentro del módulo 134 amortiguador de la carga. La válvula 154 situada entre estos dos módulos se abre y el soporte 122 es conducido al interior del módulo 136 amortiguador de tratamiento. La válvula 154 situada entre los módulos 134 y 136 a continuación se cierra. El módulo 136 amortiguador del procedimiento sirve para esencialmente convertir la conducción escalonada de los soportes 122 en una conducción lineal controlada, de tal manera que el borde delantero del soporte 122 quede situado dentro de un espacio o distancia definido, estrecho (esto es, de manera aproximada, 20 mm) a partir del borde trasero del soporte 122 anterior de forma que los soportes 122 sean conducidos a través de los módulos 128 de deposición corriente abajo a una velocidad lineal constante, controlada, con escaso espacio entre los soportes 122 respectivos. De esta manera, se debe apreciar que, durante las operaciones de producción normales, la válvula 154 situada entre el módulo 136 amortiguador del procedimiento y el primer módulo 128 vertical de deposición se abre. Así mismo, la válvula 154 situada entre los módulos 128 verticales de deposición adyacentes también se abren. La válvula 154 en la salida del segundo módulo 128 vertical de deposición también se abre. De esta manera, se mantiene un flujo continuo de los soportes 122 a través de los módulos 128 verticales de deposición dispuestos en posición adyacente a una velocidad de tratamiento constante.

Con referencia todavía a la Fig. 2, un módulo 138 amortiguador de postprocesamiento está dispuesto corriente abajo del último módulo 128 vertical de deposición y la válvula 154 situada entre estos módulos se abre durante el tratamiento normal. Cuando los soportes 122 abandonan el módulo 128 vertical de deposición a una velocidad lineal constante controlada, entran en el módulo 138 del amortiguador de postratamiento y son, a continuación, tratados a una velocidad mayor en dirección al módulo 140 amortiguador de salida inmediatamente corriente abajo. Antes de esta etapa de conducción, la válvula 154 situada entre los módulos 138 y 140 se cierra y el módulo 140 es arrastrado hasta abajo por la bomba 164 de vacío de gran precisión y relleno con el gas de tratamiento para su adaptación a las condiciones de la zona de tratamiento. Una vez que estas condiciones son satisfechas, la válvula 154 situada entre las cámaras se abre y el soporte 122 es transferido a una velocidad relativamente mayor al interior del módulo 140 de amortiguador de salida. A una presión de cruce predefinida entre el módulo 140 y un módulo 142 de salida (el cual se puede obtener dentro del módulo 142 mediante una bomba 162 de vacío toscos), la válvula 154 respectiva situada entre estos módulos se abre y el soporte 122 es conducido hasta el interior del módulo 142 de salida. El módulo 142 de salida puede, a continuación, ser purgado a la atmósfera. En este punto, la válvula 154 situada en la salida del módulo 142 se abre y el soporte 122 es conducido hasta el interior de un amortiguador 144 externo.

Desde el amortiguador 144 externo, los soportes 122 son desplazados hasta el interior de la mesa giratoria 121 u otro mecanismo de transferencia configurado en la estación 118 de transferencia. Los soportes son rotados o de cualquier otra forma desplazados en la estación 118 de transferencia hasta una posición para su entrada en el interior del amortiguador 144 externo en el punto de entrada del segundo lado 110 de tratamiento.

El módulo 136 amortiguador de procedimiento y el módulo 138 amortiguador postratamiento pueden incluir una o más respectivas bombas 165 de vacío, como por ejemplo una bomba turbomolecular, montada directamente sobre la parte trasera de los módulos para el mantenimiento de las presiones de vacío de tratamiento. Así mismo, los módulos 128 verticales de deposición pueden, así mismo, incluir cualquier tipo de bombas de vacío como por ejemplo las bombas 165 turbomoleculares montadas directamente sobre la parte posterior de los módulos situados entre cada uno de los pares de cátodos asociados con los respectivos módulos.

Con referencia de nuevo al sistema 100 de la Fig. 2, los soportes 122 que son transferidos al amortiguador 144 externo asociado con el segundo lado 110 de tratamiento son a continuación conducidos a través de los diversos módulos verticales 125 de tratamiento esencialmente de la misma manera analizada con anterioridad con respecto al primer lado 102 de tratamiento. El funcionamiento y la secuencia de las diversas válvulas 154, bombas 162, 164, 165 y de los respectivos transportadores 126 tal y como se describió con anterioridad, con la finalidad de escalonar los soportes 122 de forma escalonada dentro de los módulos de tratamiento en los que los soportes 122 son, a continuación, conducidos a una velocidad lineal constante a través de los módulos 128 de deposición. Los módulos 128 verticales de deposición del segundo lado 110 de tratamiento están configurados para la deposición de una segunda fina capa de película sobre la primera fina capa de película, por ejemplo una capa de CdS de acuerdo con lo descrito con anterioridad.

Después de salir del módulo 142 de salida del segundo lado 110 de tratamiento, los soportes 122 son desplazados hasta el interior de una o más estaciones 148 de enfriamiento en las que los soportes y los sustratos unidos se dejan enfriar a una temperatura de manipulación deseada antes de ser retirados del sistema 100. El procedimiento de retirada puede ser manual o automático, por ejemplo con maquinaria robótica.

El sistema 100 de las Figs. 2 y 3, está definido por una pluralidad de módulos interconectados, de acuerdo con lo analizado con anterioridad, desempeñando cada uno de los módulos una función específica. Los respectivos transportadores 126 configurados con los módulos individuales, son, así mismo, adecuadamente controlados para llevar a cabo las diversas funciones, así como las válvulas 154 y los accionadores 156 asociados. Con fines de control, cada uno de los módulos individuales puede incorporar un controlador 158 asociado configurado para controlar las funciones individuales del respectivo módulo. La pluralidad de controladores 158 puede, a su vez, estar en comunicación con un controlador 160 del sistema central. El controlador 160 del sistema central puede verificar y

controlar (por medio de los controladores 158 independientes) las funciones de uno cualquiera de los módulos para conseguir una velocidad global de conducción y de tratamiento deseada de los sustratos soportados por los soportes 122 a medida que se desplazan a través del sistema 100.

5 Debe apreciarse sin dificultad que, aunque los módulos 128 de deposición se describen en la presente memoria en formas de realización específicas como módulos de deposición electroquímica, la invención no está limitada a este procedimiento de deposición electroquímica específico. Los módulos 128 verticales de deposición pueden estar configurados como cualquier otro tipo apropiado de cámara de tratamiento, como por ejemplo una cámara de deposición de vapores químicos, una cámara de evaporación térmica, una cámara de deposición de vapores físicos, etc. En las formas de realización concretas descritas en la presente memoria, el lado de tratamiento puede estar configurado para la deposición de una capa de ZTO, estando configurados los módulos 128 verticales de deposición como cámaras de deposición electroquímica de vacío de CC reactivas (utilizando oxígeno). Cada módulo 128 puede estar configurado con cuatro magnetrones de CC enfriados por agua. Tal y como se indicó con anterioridad, cada módulo 128 puede, así mismo, incluir una o más bombas de vacío montadas sobre las cámaras delanteras entre cada par de cátodos. Los módulos 128 verticales de deposición asociados con el segundo lado 110 de tratamiento pueden estar configurados como cámaras de deposición electroquímica de vacío por RF, incluyendo cada módulo 128 tres magnetrones de RF enfriados por agua para la deposición de una capa de CdS a partir de un material cerámico objetivo de CdS. Estos módulos 128 pueden, así mismo, incluir una o más bombas de vacío montadas entre los pares de cátodos.

20 La Fig. 3 ilustra un sistema 100 alternativo similar al sistema de la Fig. 2, pero incluye una segunda estación 120 de transferencia entre la salida del segundo lado 110 de tratamiento y la entrada del primer lado 102 de tratamiento. Este sistema concreto define, por tanto, un bucle continuo en el que los soportes 122 son conducidos en continuo en un bucle de tratamiento a través del sistema. Los soportes 122 se desplazan fuera del módulo 142 de salida de la segunda estación 110 de tratamiento y a través de la estación 148 de enfriamiento. Los soportes 122, a continuación, se desplazan hasta el interior de la segunda estación 120 de transferencia, la cual puede estar configurada de acuerdo con lo analizado con anterioridad con respecto a la primera estación 118 de transferencia. Los soportes son transferidos desde la última estación 148 de enfriamiento hasta una estación 150 de descarga alineada con el primer lado 102 de tratamiento. Cuando los soportes 122 se desplazan a través de la estación 150 de descarga, los sustratos son retirados de los soportes. De nuevo aquí, este proceso puede ser natural o llevarse a cabo por medio de maquinaria robótica automatizada. Los soportes vacíos, a continuación, se desplazan hasta el interior de una cámara 152 de carga en la que son cargados nuevos sustratos dentro de los soportes 122. Los soportes 122 y los sustratos asociados son, a continuación, procesados a través de los primero y segundo lados 102, 110 de tratamiento, de acuerdo con lo analizado con anterioridad con respecto a la Fig. 2. El sistema 100 de la Fig. 3 es único en el sentido de que el proceso se lleva a cabo de una forma en bucle continuo en la que los soportes 122 no necesitan ser retirados del sistema. La eficiencia y el rendimiento del sistema pueden ser incrementados de manera considerable con la configuración de la Fig. 3.

35 El rendimiento del sistema 100 mostrado en las Figs. 2 y 3 puede ser incrementado en mayor medida mediante la utilización de los módulos 128 verticales de deposición tal y como se muestra en la Fig. 7, en la que los módulos 128 son esencialmente una combinación de dos cámaras separadas configuradas en relación confrontadas para depositar las capas de fina película sobre las superficies de los sustratos espalda con espalda montados dentro de los soportes 122, tal y como se muestra en la configuración de soportes de la Fig. 5.

40 En las formas de realización del sistema 100 de las Figs. 2 y 3, un vacío de tratamiento es aplicado y mantenido de forma separada en los respectivos lados 102, 110 de tratamiento. Los soportes son retirados de los módulos 125 de tratamiento de vacío a lo largo del primero lado 102 de tratamiento, transferidos hasta el segundo lado 110 de tratamiento e introducidos en los módulos 125 de tratamiento de vacío del segundo lado 110 de tratamiento, de acuerdo con lo analizado con anterioridad. Se debe apreciar sin dificultad que la invención abarca, así mismo, aquellos sistemas 100 en los que se mantiene un vacío global entre el primer lado 102 de tratamiento y el segundo lado 110 de tratamiento. En dicho sistema, los soportes 122 serían amortiguados y transferidos desde un lado de tratamiento hasta el otro lado situado dentro de una cámara de vacío.

45 La presente invención abarca, así mismo, diversas formas de realización del proceso para la deposición de múltiples capas de finas películas sobre un sustrato de los módulos fotovoltaicos (PV). Los procedimientos pueden ser puestos en práctica con las diversas formas de realización del sistema descritas con anterioridad o mediante cualquier otra forma de configuración de componentes apropiadas del sistema. De esta manera, se debe apreciar que las formas de realización del procedimiento de acuerdo con la invención no se limitan a la configuración el sistema descrito en la presente memoria.

50 En una forma de realización específica, el procedimiento incluye la conducción de los sustratos sobre los soportes en una primera dirección a través de un primer lado de tratamiento y la deposición de una primera capa de fina película sobre los sustratos a medida que se desplazan a través del primer lado de tratamiento. Los soportes son recibidos en la salida del primer lado de tratamiento y son desplazados hasta la entrada de un segundo lado de tratamiento. Los soportes y los sustratos fijados son, a continuación, conducidos a través del segundo lado de tratamiento para la deposición de una segunda capa de fina película sobre la primera capa de fina película. Los sustratos son retirados de los soportes en una estación de descarga situada corriente abajo de una salida desde el

segundo lado de tratamiento y se sitúan nuevos sustratos en los soportes en una estación de carga situada corriente arriba de la entrada hacia el primer lado del tratamiento.

5 El procedimiento puede incluir el desplazamiento de los soportes y de los sustratos fijados dentro y fuera de la cámara de vacío a lo largo de los primero y segundo lados de tratamiento de una manera escalonada, por ejemplo mediante una serie de bloqueos de vacío conduciendo sin embargo los soportes y los sustratos unidos a través de las cámaras de vacío a una velocidad lineal continua durante el procedimiento de deposición.

En una forma de realización específica, los primero y segundo lados de tratamiento son genéricamente paralelos y los soportes son desplazados en un bloque continuo a través de los primero y segundo lados de tratamiento, estando situadas las estaciones de carga y descarga en posición adyacente dentro del bucle continuo.

10 En otra forma de realización, los primeros y segundo lados de tratamiento son genéricamente paralelos y los soportes son cargados en una entrada del primer lado de tratamiento y retirados por una salida del segundo lado de tratamiento.

15 En otra forma de realización adicional del procedimiento, las capas de fina película son depositadas dentro de las cámaras de vacío definidas a lo largo de las primera y segunda estaciones de tratamiento, y los soportes y los sustratos unidos son desplazados a través del sistema sin romper el vacío existente entre los primero y segundo lados de tratamiento.

20 La presente descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferente, y, así mismo, para hacer posible que cualquier persona experta en la materia ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y la utilización de cualquier dispositivo o sistema y la ejecución de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se incluyan como posibles por los expertos en la materia. Dichos otros ejemplos están concebidos para quedar incluidos en el alcance de las reivindicaciones si incluyen elementos estructurales que no difieran de la literalidad de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias no sustanciales respecto de la literalidad de las reivindicaciones.

25 Diversos aspectos y formas de realización de la presente invención se definen mediante las cláusulas enumeradas del modo siguiente:

1. Un procedimiento de deposición electroquímica de películas finas sobre sustratos individuales, comprendiendo el procedimiento:

30 la conducción de los sustratos individuales hasta el interior de una cámara de vacío para aplicar una presión de deposición electroquímica que sea inferior a, de manera aproximada, 66,5 mbarios; y

35 la conducción de los sustratos individuales hasta el interior de una cámara de deposición electroquímica y su paso por un magnetrón plano que lleva a cabo una deposición electroquímica de un objetivo mediante un gas ionizado a la presión de deposición electroquímica de tal manera que se forme una fina película sobre una superficie del sustrato individual, y en el que el objetivo es sometido a una energía de alta frecuencia con una frecuencia que oscila entre, de manera aproximada, 400 kHz y, de manera aproximada, 4 MHz a niveles de potencia superiores a, de manera aproximada, 1 kW.

40 2. El procedimiento de acuerdo con la cláusula 1, en el que la presión de deposición electroquímica oscila, de manera aproximada, entre 1,33 mbarios y, de manera aproximada, 32,25 mbarios.

3. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que los sustratos son conducidos en continuo a una velocidad de conducción lineal sustancialmente constante durante la deposición electroquímica.

45 4. El procedimiento de cualquier cláusula precedente en el que el objetivo es sometido a energía de alta frecuencia con una frecuencia, de manera aproximada, de 1 MHz hasta, de manera aproximada, 3 MHz a niveles de potencia que oscilan entre, de manera aproximada, 2 kW y, de manera aproximada, 5 kW.

5. El procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula precedente en el que la energía de alta frecuencia es suministrada por medio de una red de adaptación de la impedancia.

6. El procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula precedente, en el que el objetivo es un objetivo plano que presenta una superficie superior, de manera aproximada, a 1000 cm².

50 7. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que el objetivo es un objetivo plano que presenta una superficie, de manera aproximada, de 1500 cm² hasta, de manera aproximada, 2500 cm².

8. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que una película formada sobre la superficie del sustrato individual presenta un grosor medio, de manera aproximada, de 50 nm hasta, de manera aproximada, 250 nm.
- 5 9. El procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula precedente, en el que la fina película formada sobre la superficie del sustrato individual tiene un grosor medio, de manera aproximada, de 70 nm hasta, de manera aproximada, 100 nm.
10. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que la fina película formada sobre la superficie del sustrato individual tiene una no uniformidad inferior a, de manera aproximada, un 20% del grosor medio.
- 10 11. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que la película formada sobre la superficie del sustrato individual presenta una no uniformidad, de manera aproximada, de un 7% hasta, de manera aproximada, un 15% del grosor medio.
12. El procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula precedente, en el que la fina película se forma sobre la superficie del sustrato individual a una tasa superior a $15 \text{ nm} \cdot \text{m}^2 / \text{minuto}$.
- 15 13. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que la frecuencia se selecciona de tal manera que las líneas de fuerza del campo magnético formadas por la deposición electroquímica no están cerradas delante de la primera superficie del sustrato.
14. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que el gas ionizado comprende argón.
15. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que el gas ionizado consiste esencialmente en argón.
- 20 16. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que la temperatura de deposición electroquímica es, de manera aproximada, de 20°C hasta, de manera aproximada, 25°C .
17. El procedimiento de cualquier cláusula precedente que comprende así mismo el calentamiento de los sustratos individuales a una temperatura de deposición electroquímica.
- 25 18. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que la temperatura de deposición electroquímica oscila, de manera aproximada, entre 20°C y, de manera aproximada, 200°C .
19. El procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula precedente, en el que la temperatura de deposición electroquímica oscila de manera preferente, entre 50°C y, de manera aproximada, 150°C .
- 30 20. Un procedimiento de deposición electroquímica de películas finas sobre unos sustratos individuales que definen una superficie que tiene un área superficial que oscila entre, de manera aproximada, 1000 cm^2 y, de manera aproximada, 2500 cm^2 , comprendiendo el procedimiento:
- la conducción de los sustratos individuales hasta el interior de una cámara de vacío para aplicar una presión de deposición electroquímica que es inferior a, de manera aproximada, 66,5 mbarios;
- el calentamiento de los sustratos individuales a una temperatura de deposición electroquímica que oscila, de manera aproximada, entre 50°C y, de manera aproximada 200°C ; y
- 35 la conducción de lo sustratos individuales hasta el interior de una cámara de deposición electroquímica y su paso por un magnetrón plano que lleva a cabo una deposición electroquímica en continuo de un objetivo plano mediante un gas ionizado a la presión de deposición electroquímica de tal manera que se forme una fina película sobre la superficie del sustrato individual, definiendo el objetivo plano una superficie que oscila, de manera aproximada, entre
- 40 1000 cm^2 y, de manera aproximada, 2500 cm^2 ,
- en el que los sustratos son conducidos en continuo a una tasa de conducción lineal sustancialmente constante durante la deposición electroquímica, de tal manera que la fina película formada sobre la superficie del sustrato individual tiene un grosor medio que oscila, de manera aproximada, entre 50 nm y, de manera aproximada, 250 nm con una no uniformidad que oscila, de
- 45 manera aproximada, entre un 7% y, de manera aproximada, un 15% del grosor medio, y
- en el que el objetivo es sometido a una energía de alta frecuencia con una frecuencia que oscila entre, de manera aproximada, 400 kHz y, de manera aproximada, 4 MHz a niveles de potencia superiores a, de manera aproximada, 1 kW.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un procedimiento de deposición electroquímica de finas películas sobre unos sustratos (12) individuales, comprendiendo el procedimiento:
- 5 la conducción de los sustratos (12) individuales hasta el interior de una cámara de vacío para producir una presión de deposición electroquímica inferior a 66,5 mbarios; y
- la conducción de los sustratos individuales hasta una cámara (166) de deposición electroquímica y su paso por un magnetrón plano que pulveriza en continuo un objetivo (170) mediante un gas ionizado a la presión de deposición electroquímica de manera que se forma una fina película sobre una superficie del sustrato (12) individual, y en el que el objetivo es sometido a una energía de alta frecuencia con una frecuencia de
- 10 400 kHz a 4 MHz a unos niveles de potencia superiores a 1 kW.
- 2.- El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la presión de deposición electroquímica oscila entre 1,33 y 32,25 mbarios.
- 3.- El procedimiento de las reivindicaciones 1 o 2, en el que los sustratos (12) son conducidos en continuo a una tasa de conducción lineal sustancialmente constante durante la deposición electroquímica.
- 15 4.- El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que el objetivo (170) es sometido a la energía de alta frecuencia con una frecuencia que oscila entre 1 MHz y 3 MHz a unos niveles de potencia que oscilan entre 2 kW y 5 kW.
- 5.- El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que la energía de alta frecuencia es suministrada por medio de una red de adaptación de la impedancia.
- 20 6.- El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que el objetivo (170) es un objetivo plano con una superficie superior a 1000 cm², de modo preferente con una superficie de 1500 cm² a 2500 cm².
- 7.- El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que la fina película formada sobre la superficie del sustrato (12) individual tiene un grosor medio de 50 nm a 250 nm, de modo preferente de 70 nm a 100 nm.
- 25 8. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que la fina película formada sobre la superficie del sustrato (12) individual presenta una no uniformidad inferior a un 20% del grosor medio, de modo preferente de un 7% a un 15% del grosor medio.
- 9.- El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que la película se forma sobre la superficie del sustrato (12) individual a una tasa superior a 15 nm · m² / minuto.
- 30 10.- El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que la frecuencia se selecciona de tal manera que la líneas de fuerza de campo magnético durante la deposición electroquímica no están cerradas delante de la primera superficie del sustrato.
- 11.- El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que el gas ionizado comprende argón y, de modo preferente, consiste esencialmente en argón.
- 35 12.- El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que la temperatura de deposición electroquímica es de 20° C a 25° C.
- 13.- El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, que comprende así mismo el calentamiento de los sustratos (12) individuales a una temperatura de deposición electroquímica.
- 14.- El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que la temperatura de deposición electroquímica es de 20° C a 200° C, de modo preferente de 50° C a 150° C.
- 40 15.- El procedimiento de la reivindicación 1, definiendo los sustratos (12) individuales una superficie con un área de 1000 cm² a 2500 cm², comprendiendo el procedimiento:
- la conducción de los sustratos (12) individuales hasta el interior de una cámara de vacío para producir una presión de deposición electroquímica inferior a 66,5 mbarios;
- 45 el calentamiento de los sustratos (12) individuales a una temperatura de deposición electroquímica de 50° C a 200° C; y
- la conducción de los sustratos individuales hasta el interior de una cámara (166) de deposición electroquímica y su paso por un magnetrón plano que realiza la deposición electroquímica en continuo un objetivo (170) plano mediante un gas ionizado a la presión de deposición electroquímica, de tal manera que se forma una fina película sobre la superficie del sustrato (12) individual, en el que los sustratos son conducidos en continuo a una tasa de conducción lineal sustancialmente constante durante la deposición
- 50

electroquímica, de tal manera que la fina película formada sobre la superficie del sustrato (12) individual tiene un grosor medio de 50 nm a 250 nm con una no uniformidad de un 7% a un 15% del grosor medio, y en el que el objetivo (170) es sometido a una energía de alta frecuencia con una frecuencia de 400 kHz a 4 MHz a unos niveles de potencia superiores a 1 kW.

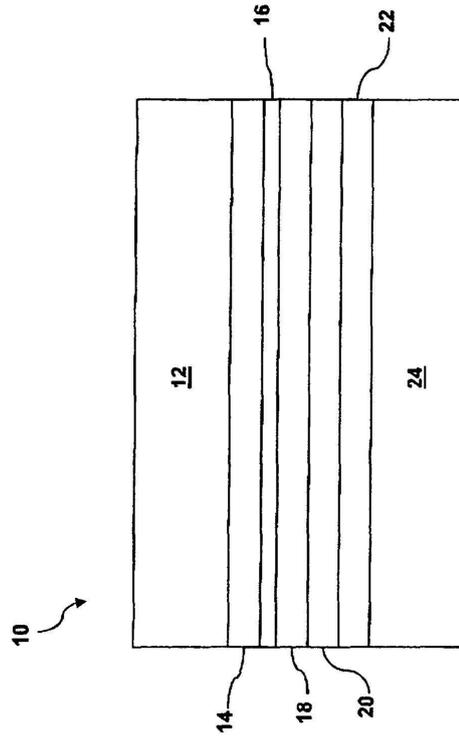


Fig. 1

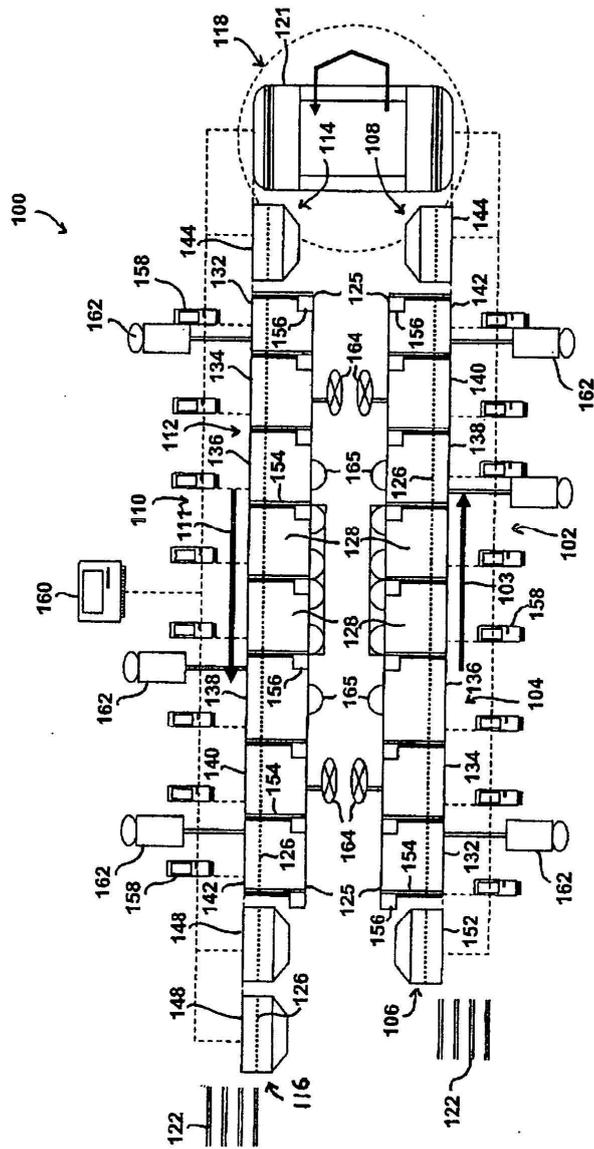


Fig. 2

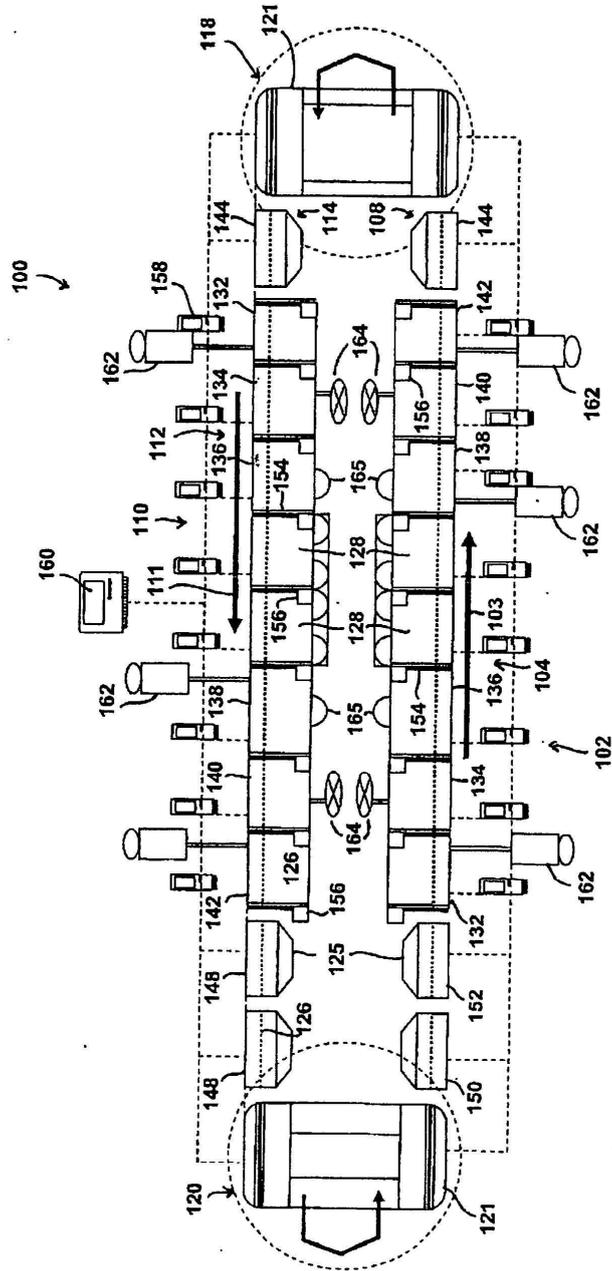


Fig. 3

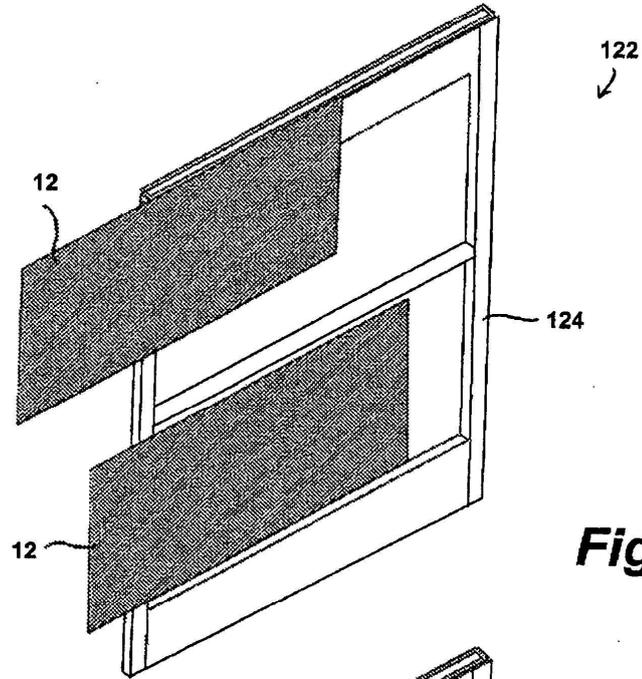


Fig. 4

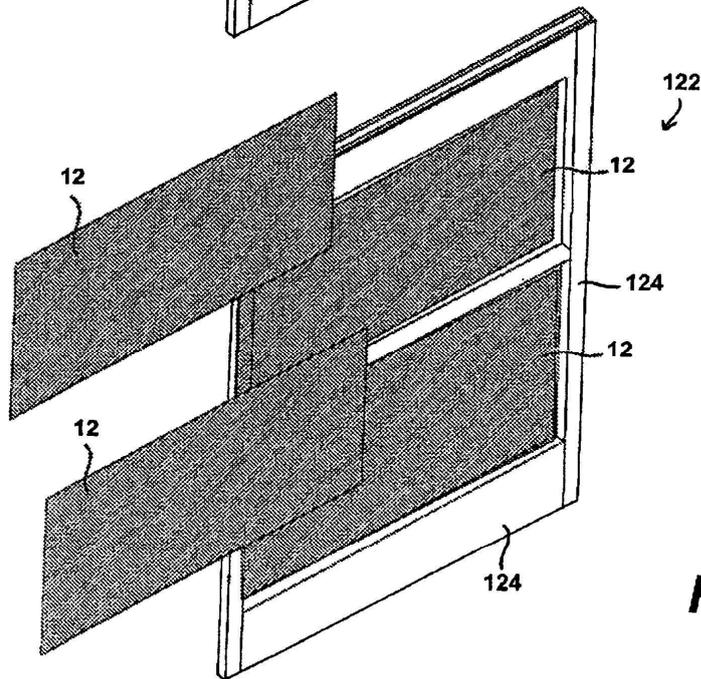


Fig. 5

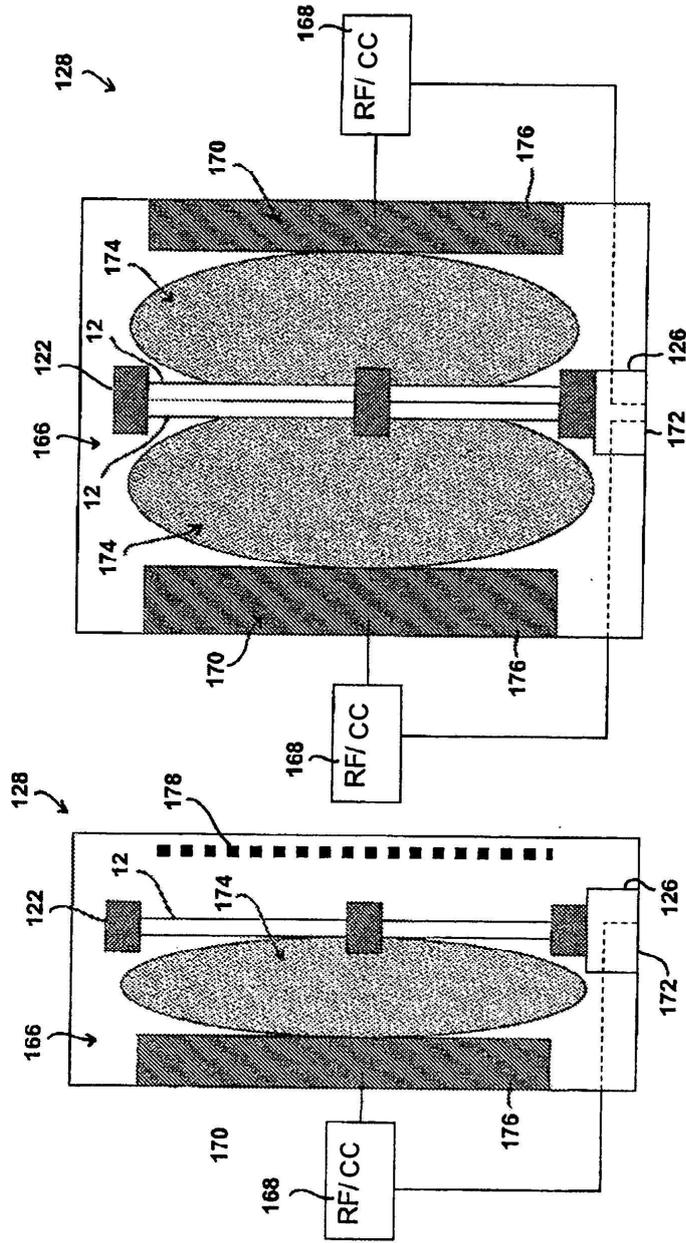


Fig. 6

Fig. 7