

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 593**

21 Número de solicitud: 201230441

51 Int. Cl.:

F27B 9/40 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

C23C 16/52 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

23.03.2012

30 Prioridad:

24.03.2011 US 13/070661

43 Fecha de publicación de la solicitud:

02.04.2013

71 Solicitantes:

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

72 Inventor/es:

**FELDMAN-PEABODY, Scott Daniel;
SEYMOUR, Frederick Harper;
LITTLE, Edwin Jackson;
PAVOL, Mark Jeffrey y
RATHWEG, Christopher**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **Sistema dinámico para calentamiento o enfriamiento variable de sustratos transportados linealmente**

57 Resumen:

Sistema dinámico para calentamiento o enfriamiento variables de sustratos transportados linealmente. Se proporciona un sistema (100) para el calentamiento o el enfriamiento de sustratos (108) discretos, transportados linealmente, con un hueco (114) entre un borde posterior (112) de un primer sustrato y un borde anterior (110) de un sustrato subsiguiente en una dirección de transporte. El sistema incluye una cámara (102) y un transportador (132) configurados de forma funcional dentro de la cámara para mover los sustratos a través de ella a una velocidad de transporte. Una pluralidad de unidades de control de temperatura (116) controladas individualmente, por ejemplo, unidades calefactoras o refrigerantes, se disponen linealmente dentro de la cámara a lo largo de la dirección de transporte. Un controlador (118) está en comunicación con cada una de las unidades de control de temperatura (116) para hacer circular secuencialmente la salida de las unidades desde una salida de temperatura en estado estacionario a lo largo de la dirección de transporte como una función de la posición de los bordes anteriores y posteriores de los sustratos dentro de dicha cámara con relación a dichas unidades de control de temperatura con el fin de reducir las variaciones de temperatura inducidas por los bordes en los sustratos.

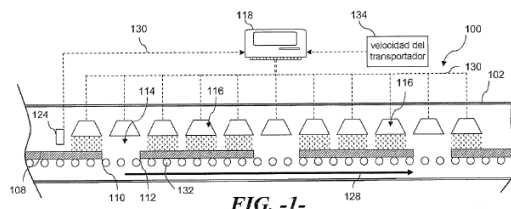


FIG. -1-

DESCRIPCIÓN

Sistema dinámico para calentamiento o enfriamiento variable de sustratos transportados linealmente

5 Campo de la invención

El presente objeto se refiere, en general, a sistemas para calentar o enfriar componentes transportados a través de ellos y, más en particular, a sistemas para calentar o enfriar sustratos transportados linealmente, tales como sustratos de vidrio en la producción de un módulo fotovoltaico (PV).

10 Antecedentes de la invención

Diversos procedimientos de fabricación requieren un calentamiento o un enfriamiento controlados de componentes transportados a través de una cámara con la intención de lograr un perfil de temperatura uniforme a lo largo de los componentes. Un ejemplo de un procedimiento de ese tipo es la producción de módulos ("paneles") fotovoltaicos (PV) de película fina, en la que se transportan linealmente sustratos de vidrio individuales a través de una fase de precalentamiento antes de depositar una capa de película fina de un material fotorreactivo sobre la superficie de los sustratos. Es importante obtener un calentamiento uniforme de los sustratos antes del procedimiento de depósito. Un calentamiento no uniforme conduce a problemas en el procesamiento, tales como la curvatura de los sustratos, un depósito no uniforme de la capa de película, propiedades de rendimiento de la película incompatibles y similares, la totalidad de los cuales afectan de forma adversa al rendimiento global del módulo PV.

Un flujo lineal continuo de componentes discretos, tales como sustratos de vidrio individuales, a través de una cámara calefactora o refrigerante en estado estacionario es propenso a producir faltas de uniformidad en los componentes. Estas faltas de uniformidad pueden ser el resultado de una combinación de factores, incluidos huecos o espacios existentes entre estos componentes, mover los componentes por los elementos calefactores o refrigerantes estacionarios y las velocidades de transporte no uniformes de los componentes. Con respecto a los huecos entre los componentes, debido a que los bordes de los componentes tienen un área de superficie mayor en comparación con la región interior o central del componente, las regiones de borde tienen una masa térmica reducida y se calentarán o enfriarán más rápidamente a medida que se transportan por el elemento calefactor o refrigerante en estado estacionario. Las cámaras de calentamiento o enfriamiento en estado estacionario convencionales no compensan de forma adecuada estas irregularidades de la temperatura inducidas por los bordes.

Otra causa potencial de las variaciones de temperatura a lo largo de los sustratos es que, en determinados sistemas, los sustratos se transportan rápidamente al interior de la cámara de calentamiento, de forma que se crea un diferencial de tiempo despreciable entre el momento en que los bordes anteriores y posteriores comienzan a calentarse. Después de esto, los sustratos se transportan a una velocidad relativamente constante a través de la cámara. Esto da como resultado un gradiente de temperatura creciente a lo largo de la longitud del sustrato a medida que el sustrato se mueve linealmente hacia fuera de la zona de calor, debido a que las partes de borde posterior permanecen en la zona de calor durante más tiempo que las partes de borde anterior.

En consecuencia, existe una necesidad permanente en la industria de un sistema y un procedimiento mejorados para el calentamiento o enfriamiento uniformes de componentes discretos, transportados linealmente, especialmente sustratos de vidrio transportados a través de cámaras de calentamiento o enfriamiento durante la producción de módulos PV.

Breve descripción de la invención

En la siguiente descripción se expondrán en parte, o pueden resultar evidentes a partir de la descripción, o pueden aprenderse a través de la puesta en práctica de la invención, aspectos y ventajas de la invención.

De acuerdo con una realización de la invención, se proporciona un sistema para calentar o enfriar sustratos discretos transportados linealmente a través del sistema con un hueco entre un borde posterior de un primer sustrato y un borde anterior de un sustrato subsiguiente en una dirección de transporte. El sistema se configura para compensar la mayor masa térmica en las regiones de borde de los sustratos para reducir las variaciones de temperatura inducidas por los bordes en los sustratos. En realizaciones particulares, el sistema se configura como una sección de procesamiento de precalentamiento o refrigeración para calentar y/o enfriar sustratos de vidrio en una línea de fabricación de módulos fotovoltaicos (PV). El sistema incluye una cámara y un transportador dentro de la cámara para mover los sustratos a través de la cámara a una velocidad de transporte, que puede ser constante o variable. Una pluralidad de unidades de control de temperatura (p. ej., unidades calefactoras o refrigerantes) controladas individualmente se disponen linealmente dentro de la cámara a lo largo de la dirección de transporte. Un controlador está en comunicación con cada una de las unidades de control de temperatura y se configura para modificar secuencialmente la salida de las unidades de control de temperatura desde una salida de temperatura en estado estacionario a lo largo de la dirección de transporte como una función de la posición de los bordes anterior y posterior dentro de la cámara con relación a las unidades de control de temperatura correspondientes. De esta manera, las unidades de control de temperatura se modifican por disminución a medida que los bordes separados

entre sustratos adyacentes pasan por o cerca de cada unidad de control de temperatura correspondiente. Por lo tanto, debería apreciarse que los sustratos no se calientan a una temperatura constante, en estado estacionario a medida que se transportan a través de la cámara.

En la realización en la que los sustratos se calientan por el sistema, las unidades de control de temperatura comprenden unidades calefactoras, incluyendo además cada unidad calefactora uno o más elementos calefactores. Por ejemplo, cada unidad calefactora puede definir una zona de calor correspondiente controlada individualmente que incluye varios elementos calefactores. Los elementos calefactores pueden controlarse como un grupo o individualmente.

En particular, en un sistema de fabricación de un módulo PV, la cámara puede definirse por una pluralidad de módulos alineados, incluyendo además cada módulo al menos una unidad de control de temperatura controlada individualmente.

En realizaciones particulares, el controlador puede configurarse para modificar las unidades de control de temperatura como una función de una posición calculada de los bordes anteriores y posteriores de los sustratos que se mueven a través de la cámara, basada en un hueco de longitud de sustrato y una velocidad de transporte (medida o predefinida) del transportador predefinidos. En otras realizaciones, el controlador puede configurarse para modificar las unidades de control de temperatura como una función de bordes anteriores y posteriores detectados realmente, a medida que los sustratos se mueven a través de la cámara. Con este fin, puede disponerse cualquier cantidad y con cualquier distribución de sensores/detectores de bordes a lo largo de la cámara con respecto a la unidades de control de temperatura.

Las variaciones y modificaciones de las realizaciones del conjunto del sistema analizado anteriormente están dentro del alcance y espíritu de la invención y pueden describirse con más detalle en el presente documento.

Estos y otros aspectos, características y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

En la memoria descriptiva se expone una divulgación completa y que permite la realización de la presente invención, incluyendo su mejor modo, que hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1 es una vista en planta lateral de una realización de un sistema de acuerdo con aspectos de la invención;

La fig. 2 es una vista en planta lateral de la realización de la fig. 1 que ilustra el avance de los sustratos a través del sistema;

La fig. 3 es una vista en planta lateral de otra realización de un sistema de acuerdo con aspectos de la invención;

La fig. 4 es una vista en planta lateral de otra realización diferente de un sistema de acuerdo con aspectos de la invención;

La fig. 5 es un diagrama de bloques de un controlador PID convencional;

La fig. 6 es un diagrama de bloques y una leyenda asociada de un bucle de control PID modificado con una función modulada espacial que justifica la ubicación espacial relativa de los sustratos dentro de una cámara de procesamiento;

La fig. 7 es una vista en planta lateral de un sistema de fabricación fotovoltaico (PV) que incorpora aspectos de la presente invención; y

La fig. 8 es una vista en perspectiva del sistema de la fig. 7.

Descripción detallada de la invención

A continuación se hará referencia con detalle a las realizaciones de la invención, de las que se ilustran uno o más ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, resultará evidente para los expertos en la técnica que pueden realizarse diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin alejarse del alcance o el espíritu de la invención. Por ejemplo, pueden usarse características ilustradas o descritas como parte de una realización con otra realización para obtener otra realización más. Por tanto, se pretende que la presente invención abarque tales modificaciones y variaciones como dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

Las fig. 1 y 2 ilustran una realización ejemplar de un sistema 100 para calentar o enfriar sustratos 108 discretos que se transportan linealmente a través de una cámara 102. Los sustratos 108 tienen un borde anterior 110 y un borde posterior 112 en una dirección de transporte 128 a través de la cámara 102. Debería apreciarse que la invención no se limita a ningún tipo de sustrato 108 en particular y tiene utilidad en cualquier aplicación de fabricación o procesamiento en la que se desee obtener un perfil de temperatura uniforme a lo largo de artículos discretos, transportados linealmente. Como se describe con más detalle a continuación, la invención es especialmente adecuada para procesar sustratos de vidrio en un sistema de fabricación de un módulo PV.

Los sustratos 108 se transportan a través de la cámara 102 mediante cualquier tipo de transportador 132 adecuado, tal como un transportador de rodillos, una cinta transportadora, una cadena transportadora, una combinación de transportadores discretos, etc. De forma deseable, el transportador se controla para que transporte los sustratos 108 a una velocidad de transporte relativamente constante a través de la cámara 102. No obstante, el presente sistema 100 también puede adoptar velocidades de transporte variables, incluyendo el transporte por etapas.

La cámara 102 tampoco es un factor limitante de la invención y puede ser cualquier tipo de recinto que sea adecuado para el procesamiento de sustratos 108 con cambio de temperatura. La cámara 102 puede ser una sola estructura, como se representa en las fig. 1 a 3 o puede definirse por una pluralidad de estructuras o módulos que se alinean adyacentes en la dirección de transporte de los sustratos 108, como se describe a continuación con referencia a la realización de la fig. 4.

Los sustratos 108 están separados en el transportador 132 de forma que se define un hueco 114 entre el borde posterior 112 de un primer sustrato 108 y el borde anterior 110 del siguiente sustrato 108. De forma deseable, este hueco 114 es uniforme a lo largo de la pluralidad de sustratos 108, aunque puede configurarse el sistema para adoptar huecos 114 de espaciado variable.

Dentro de la cámara 102, se disponen linealmente a lo largo de la dirección de transporte 128 una pluralidad de unidades de control de temperatura 116. En general, estas unidades 116 se disponen transversales a la anchura de la cámara 102 y están separadas para aplicar un tratamiento de temperatura relativamente uniforme a los sustratos 108 a medida que avanzan a través de la cámara 102. Las unidades 116 pueden disponerse sobre los sustratos 108, como se representa en las fig. 1 a 3, o por debajo de los sustratos, por ejemplo, si los sustratos 108 se transportan mediante un transportador 132 elevado. El tipo de unidades de control de temperatura 116 dependerá de la función del sistema 100. En una realización en particular, el sistema 100 se diseña para calentar los sustratos y las unidades 116 son unidades calefactoras 120 que contienen uno o más elementos calefactores 122 (fig. 3). Los elementos calefactores 122 pueden ser cualquier tipo o combinación de elementos calefactores convencionales, incluyendo calefactores de resistencia, lámparas de cuarzo, calefactores de haz de electrones, láseres, etc. Los elementos calefactores de respuesta más rápida, tales como las lámparas de cuarzo, pueden ser más útiles con velocidades de transporte de los sustratos 108 mayores a través de la cámara 102.

En una realización en la que el sistema 100 se diseña para aplicar un enfriamiento forzado controlado a los sustratos 108, las unidades de control de temperatura 116 pueden ser cualquier configuración de elementos refrigerantes convencionales, incluyendo sistemas refrigerantes de recirculación, sistemas de gas, sistemas de aire a presión, y similares. Debería apreciarse que los elementos calefactores 122 pueden aplicarse también durante un procedimiento de enfriamiento para controlar la velocidad de enfriamiento de los sustratos.

Las unidades de control de temperatura 116 se controlan individualmente de forma que su salida puede modificarse por disminución y aumento de nuevo (o por aumento y disminución de nuevo) como una función de la posición relativa de los sustratos 108 dentro de la cámara 102. La "modificación" de las unidades 116 puede incluir simplemente encender y apagar las unidades, así como cualquier otra reducción y aumento relativos de la salida de las unidades 116 (incluyendo el ángulo de fase o el control modulado/de la cubierta).

Un controlador 118 está en comunicación con cada una de las unidades de control de temperatura 116 (a través de las líneas de transmisión 130) para variar secuencialmente la salida de las unidades 116 a lo largo de la dirección de transporte 128 como una función de la posición de los bordes anterior 110 y posterior 112 de sustratos 108 adyacentes (y, por tanto, el espaciado de los huecos 114 entre los sustratos 108). En otras palabras, el controlador 118 modifica las unidades en sincronismo con el movimiento de los bordes 112, 110 (huecos 114) a través de la cámara 102. A medida que un hueco 114 pasa a través de la zona de temperatura eficaz de una unidad de control de temperatura 116, la unidad se modifica por disminución (p. ej., salida reducida o apagado). A medida que el hueco 114 pasa más allá de la zona de temperatura, la unidad 116 se modifica de nuevo por aumento.

Debería apreciarse que el término "controlador" 118 se usa de forma genérica para abarcar cualquier tipo de configuración de equipo físico y programas informáticos para lograr las funciones deseadas descritas en el presente documento. Por ejemplo, el controlador 118 puede abarcar un controlador del sistema central que está en comunicación con subcontroladores individuales asociados con cada unidad de control de temperatura 116 correspondiente, y así sucesivamente.

Las fig. 1 y 2 representan esencialmente la misma cámara 102 en diferentes momentos secuenciales. En la fig. 1 los sustratos 108 están en una posición relativa dentro de la cámara 102 y las unidades de control de la temperatura 116 sobre los bordes 11, 110 espaciados (huecos 114) están desconectadas (como indica la ausencia de sombreado debajo de determinadas unidades 116). En la fig. 2 los sustratos 108 han avanzado más a través de la cámara 102 y las unidades 116 que estaban desconectadas anteriormente se han vuelto a modificar por aumento, mientras que las unidades 116 adyacentes (en la dirección de transporte 128) se modifican por disminución. Esta modificación secuencial de las unidades 116 se coordina con el movimiento de los huecos 114 a través de la cámara 102.

Así, debería apreciarse que las regiones de borde anterior 110 y posterior 112 de los sustratos 108 se exponen en menor grado a los efectos de cambio de temperatura de las unidades de control de temperatura 116, lo que compensa el calentamiento/enfriamiento relativamente más rápido de las regiones de borde debido a las variaciones de la masa térmica a lo largo de los bordes. A medida que avanzan a través de la cámara 102, se logra un perfil de temperatura lineal más "plano", uniforme, para los sustratos 108.

El control de las unidades de control de temperatura 116 puede configurarse de diversas maneras. Por ejemplo, en una realización representada por ejemplo en la fig. 1, el controlador 118 modifica las unidades 116 como una función de una posición calculada de los bordes 112, 110 de los sustratos a medida que los sustratos 108 se mueven a través de la cámara 102. Por ejemplo, puede disponerse un detector de bordes 124 activo o pasivo en una ubicación dentro de la cámara 102 para detectar los bordes anterior 110 y posterior 112 a medida que los sustratos se mueven hacia el interior de la cámara 102. Con las señales de borde proporcionadas por el detector 124, el controlador puede calcular una dimensión de anchura (espaciado) real para el hueco 114. De forma alternativa, puede proporcionarse al controlador un valor de anchura de hueco predefinido. El controlador 118 también puede recibir una señal 134 de velocidad de transporte desde un monitor de velocidad real o una variable de entrada de velocidad predefinida. De forma alternativa, con una anchura de hueco predefinida, puede calcularse la velocidad de transporte con entradas del detector de bordes 124. Basándose en la anchura de hueco y la velocidad de transporte, el controlador puede calcular de forma precisa la posición de los huecos 114 a medida que los bordes 112, 110 se mueven a través de la cámara 102 y, así, controlar las unidades de control de temperatura 116 como una función de las posiciones de borde calculadas. En esta realización, una señal 134 de velocidad de transporte real compensaría las variaciones en la velocidad de transporte.

En una realización alternativa representada, por ejemplo, en la fig. 3, el controlador 118 se configura para modificar las unidades de control de temperatura 116 como una función de las posiciones de los bordes 112, 110 reales detectadas a medida que los sustratos 108 se mueven a través de la cámara 102. Con esta realización, puede disponerse una pluralidad de detectores de bordes 126 linealmente dentro de la cámara 102 en una posición relativa para detectar la presencia o ausencia de los sustratos 108 y, por tanto, la presencia de huecos 114 entre los sustratos 108. Los detectores 126 proporcionan señales 136 al controlador 118. Por ejemplo, los detectores 126 pueden ser transmisores/receptores activos dispuestos a lo largo de una pared de la cámara 102 a una altura que quede esencialmente en el plano de transporte de los sustratos 108. La presencia de un hueco 114 (ausencia de un sustrato) permite la transmisión de una señal activa transversal al transportador y la ausencia o recepción de esta señal indica la presencia de un hueco 114. Así, la activación/desactivación secuencial de los detectores 126 proporciona una indicación real del movimiento de los bordes de los sustratos 112, 110 a través de la cámara 102.

Debería apreciarse que los detectores 126 pueden ser cualquier tipo de transmisor/receptor activo, incluyendo infrarrojos, radiofrecuencia, láser y otros dispositivos activos que pueden soportar el entorno de funcionamiento de la cámara 102. Los detectores 126 pueden ser una única unidad transmisora/receptora que detecta la señal reflejada desde los bordes laterales de los sustratos (108) o pueden tener un receptor alejado que detecta la señal que pasa a través de los huecos 114. Debería entenderse también que los detectores pueden ubicarse por encima o por debajo de los sustratos 108 en realizaciones alternativas.

Los detectores 126 pueden ser también dispositivos de contacto pasivo. Por ejemplo, los detectores 126 pueden incluir una lengüeta sesgada y disponerse a lo largo de una pared de la cámara 102 de manera que las lengüetas se acoplen con los bordes laterales de los sustratos 108. La desviación de las lengüetas hacia el interior de un hueco 114 producirá una señal correspondiente que recibe el controlador 118.

La fig 3 también representa cada unidad de control de temperatura 116 como incluyendo una pluralidad de elementos 122 individuales, por ejemplo, elementos calefactores individuales. Estos elementos 122 pueden hacerse funcionar como un grupo común dentro de cualquier unidad 116 dada o pueden controlarse individualmente dentro de la unidad 116 para proporcionar un control de la temperatura aún más refinado dentro de cualquier zona de temperatura dada.

La fig. 4 representa una realización de un sistema 100 en el que la cámara 102 se divide en una pluralidad de módulos alineados de manera adyacente. Los módulos pueden ser, por ejemplo, módulos de precalentamiento 20 que preceden al módulo para la deposición de vapor 22 en una cámara de vacío de una línea de fabricación de módulos PV, como se analiza con más detalle a continuación con referencia a las fig. 7 y 8. La unidad de control de temperatura 116 asociada con cada módulo 20 puede incluir una o más unidades calefactoras 120 controladas

independientemente que aumentan la temperatura de los sustratos hasta un nivel suficiente para la deposición por medio de vapor de una capa de película fina de un semiconductor sobre ellos en el módulo para la deposición de vapor 22.

Los sustratos 108 se transportan mediante un transportador 132 hacia el interior del primer módulo 20 desde una estación/módulo intermedio 38 una vez que la presión entre el módulo 38 y el módulo 20 se iguala y se transportan posteriormente a través de los módulos 20 a una velocidad de transporte relativamente constante. Una vez que esta posición inicial del primer módulo 20 está "libre", el siguiente sustrato 108 inmediato del módulo intermedio 38 se transporta rápidamente ("se indexa") hacia el interior del primer módulo 20 a una velocidad de transporte que es significativamente mayor que la velocidad de transporte constante de los sustratos 108 a través de los módulos 20. En esencia, la velocidad de transporte inicial de los sustratos 108 hacia el interior del primer módulo 20 puede considerarse "instantánea" en cuanto que da como resultado un diferencial de calentamiento pequeño o no significativo entre los bordes anterior 110 y posterior 112 de los sustratos. Una vez que el sustrato 108 se ha indexado rápidamente hacia el interior del primer módulo 20, se transporta después a la velocidad de transporte constante de los demás sustratos 108 con un hueco 114 entre su borde anterior 110 y el borde posterior 112 del sustrato 108 adyacente anterior.

Por tanto, aún con referencia a la fig. 4, debería apreciarse que, a medida que los sustratos 108 se mueven a través de los módulos 20 y se calientan progresivamente, la parte de borde posterior de cada sustrato pasa más tiempo en los módulos 20 en comparación con la parte de borde anterior. Esto dará como resultado la inducción de un gradiente de temperatura creciente de manera longitudinal (en la dirección de transporte) en los sustratos. En otras palabras, en el módulo para la deposición de vapor 22, la parte de borde posterior del sustrato 108 estará a una temperatura mayor que la parte de borde anterior, lo que actúa en detrimento de un depósito uniforme de la capa de película fina sobre la superficie del sustrato 108.

El sistema 100 se diseña para compensar la variación de temperatura inducida por el transporte analizada anteriormente reduciendo la salida de calor de una o más de las unidades calefactoras 120 como una función de la posición espacial del sustrato con relación a la unidad 120, de manera que se transfiere menos calor a la parte de borde posterior en comparación con el borde anterior. Por ejemplo, con referencia a la realización de la fig. 4, se dispone un detector de bordes 125 en una primera ubicación dentro de la cámara 102 para detectar el borde anterior 110 del sustrato 108 que se está transportando desde el primer módulo 20. Tras esta detección, el controlador 118 puede reducir la salida de las unidades calefactoras 120 del primer módulo 20 (individualmente o como un grupo) en una cantidad establecida (p. ej., % de reducción de la salida en estado estacionario) o incluso apagar las unidades 120, mientras que la parte de borde posterior del sustrato se transporta a través del primer módulo 20. De este modo, la parte de borde posterior se calienta en menor grado. Cuando el borde anterior 110 alcanza el detector de bordes 127 posterior, la salida de las unidades calefactoras 120 se devuelve a su condición de estado estacionario. Por tanto, haciendo circular la salida de las unidades calefactoras 120 como una función de la posición espacial del sustrato 108 con relación a las unidades, el gradiente de temperatura que se produciría de otro modo en el sustrato, se compensa.

Debería apreciarse que el procedimiento de compensación no ocurre necesariamente en el primer módulo 20. El procedimiento también puede lograrse en cualquiera o en una combinación de los demás módulos 20, siendo el objetivo lograr un perfil de temperatura lineal uniforme en los sustratos 108 antes del transporte hacia el interior de la cámara para la deposición de vapor 22. Por ejemplo, el procedimiento puede implementarse en el primer módulo 20 y el siguiente módulo 20 adyacente, y así sucesivamente.

En la realización de la fig. 4, se controla el procedimiento de compensación mediante la detección de la posición real de los sustratos 108 con relación a las unidades calefactoras 120 modificadas (a través de los detectores de bordes 125, 127). En realizaciones alternativas, el controlador 118 puede configurarse para calcular la posición espacial basándose, por ejemplo, en la velocidad de transporte definida, el espaciado entre sustratos, la longitud de los sustratos, etc.

La fig. 4 representa detectores de bordes 126 adicionales que pueden funcionar con el controlador 118 de acuerdo con los procedimientos analizados anteriormente relacionados con la reducción de las variaciones de temperatura inducidas por los bordes en los sustratos. Los diferentes procedimientos de compensación pueden implementarse simultáneamente en la cámara 102.

El control de las unidades de control de temperatura 116 puede lograrse de diversas maneras. En una realización en particular, el controlador 118 puede usar un algoritmo de control PID (proporcional-integral-derivativo) que se modula como una función de ubicación espacial e índice de velocidad de los sustratos 108 a través de la cámara de procesamiento con relación a las unidades de control de temperatura 116 para lograr cualquiera o una combinación de los procedimientos de compensación de temperatura descritos en el presente documento. Un controlador PID es un mecanismo de retroalimentación de bucle de control genérico de uso extendido en aplicaciones de procesamiento para calcular un "error" como la diferencia entre un valor de procedimiento (PV) medido (p. ej., temperatura) y un valor de punto de referencia (SP) deseado. El controlador intenta minimizar el error ajustando las entradas de control

del procedimiento. Los controladores PID se usan comúnmente para el control de la temperatura en diversidad aplicaciones de fabricación.

La fig. 5 es un diagrama de bloques de un algoritmo de control PID que es bien conocido y no es necesario explicarlo con detalle en el presente documento. En general, el algoritmo de control PID implica tres parámetros distintos: los valores proporcional (P), integral (I) y derivativo (D). Estos valores se combinan para proporcionar una salida (MV (t)) variable manipulable del controlador PID como una función del tiempo. En el ámbito del tiempo, el valor proporcional (P) (también denominado "ganancia") realiza un cambio en la salida (MV) que es proporcional al valor del error de la corriente (e(t)) entre el punto de referencia (SP) y los valores del procedimiento (PV) multiplicado por un factor de ganancia proporcional ajustable K_p:

$$P_{salida} = K_p e(t)$$

El valor integral (I) (también denominado "reinicio") realiza un cambio en la salida (MV) que es proporcional a la magnitud y duración del error integrando el error a lo largo del tiempo y multiplicando el valor por un factor de ganancia integral ajustable K_i:

$$I_{salida} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

El término integral (I) acelera el proceso hacia el punto de referencia y elimina el error inherente del estado estacionario que se produce con controladores que sólo son proporcionales.

El valor derivativo (D) (también denominado "velocidad") realiza un cambio en la salida (MV) como una función de la pendiente del error a lo largo del tiempo multiplicado por un factor de ganancia derivativo ajustable K_d:

$$D_{salida} = K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

El término derivativo (D) ralentiza la velocidad de cambio de la salida del controlador y reduce la magnitud del exceso producido por el término integral (I).

Los términos proporcional (P), integral (I) y derivativo (D) se suman para calcular la salida (u(t)) del controlador PID:

$$u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

El bucle de control se "ajusta" a los requisitos específicos del procedimiento mediante el ajuste de los diferentes valores de ganancia (K_p, K_i, K_d) para lograr una respuesta de control óptima. Existen diversos procedimientos conocidos para este "ajuste del bucle".

La fig. 6 es un diagrama de bloques (con leyenda) de un bucle de control de retroalimentación que puede implementarse en un sistema para calentar o enfriar sustratos transportados a través de una cámara de procesamiento, en el que las unidades de control de temperatura 116 se controlan como se analiza anteriormente para compensar las variaciones de temperatura inducidas por los bordes o las variaciones por el transporte (fig. 4). En la realización particular representada en la fig. 6, se modula un controlador PID estándar para adoptar puntos de referencia de temperatura que varían a lo largo del tiempo como una función de la posición espacial de los sustratos con relación a las unidades 116. Como se explica en la leyenda proporcionada con el diagrama de bloques de la fig. 6, la función de transferencia PID estándar G(s) se modifica con una función de transferencia modulada espacialmente G2(s) producida por la posición relativa de los sustratos 108 dentro de la cámara de procesamiento 102, que puede detectarse mediante cualquier combinación de los detectores de bordes 124, 127 en comunicación con el controlador 118. La función de transferencia modulada espacialmente G2(s) puede ser, por ejemplo, una función en rampa que, al producirse, se combina con la salida de la función de transferencia PID G(s) para cambiar la señal manipulada U(s) para reducir/aumentar la salida de las unidades de control de temperatura 116 (p. ej., un % definido de reducción y aumento subsiguiente) cuando los bordes 112, 110 de sustratos 108 adyacentes pasan por debajo de las unidades 116, como se analiza anteriormente.

Debería apreciarse que la invención no se limita a ningún tipo en particular de control de retroalimentación y que el algoritmo de control PID modulado descrito en el presente documento es con fines ejemplares.

Las fig. 7 y 8 ilustran una realización de un sistema para la deposición de vapor 10 configurado para la deposición por medio de vapor de una capa de película fina (generalmente de menos de 10 micrómetros (μm)) en sustratos 14 de módulos PV que se transportan a través del sistema 10. La película fina puede ser, por ejemplo, una capa de película de telurido de cadmio (CdTe). Como se describe con más detalle a continuación, el sistema 10 puede

El sistema 10 incluye una cámara de vacío 16, que puede definirse mediante cualquier configuración de componentes. En la realización ilustrada en particular, la cámara de vacío 16 se define por una pluralidad de módulos interconectados, como se analiza con mayor detalle a continuación. En general, la cámara de vapor 16 puede considerarse como la sección o parte del sistema 10 en la que se establece un vacío y se mantiene para los diversos aspectos del procedimiento para la deposición de vapor.

El sistema 10 incluye una sección de precalentamiento 18 dentro de la cámara de vacío 16. La sección de precalentamiento 18 puede ser uno o una pluralidad de componentes que precientan los sustratos 14 a medida que se transportan a través de la cámara de vacío 16. En la realización ilustrada, la sección de precalentamiento 18 se define por una pluralidad de módulos 20 interconectados que definen una vía de transporte calentada para los sustratos 14 a través de la cámara de vacío 16. Cada uno de los módulos 20 puede incluir una pluralidad de calefactores 21 controlados independientemente, definiendo los calefactores 21 una pluralidad de zonas de calor diferentes. Una zona de calor en particular puede incluir más de un calefactor 21 y los calefactores 21 pueden incluir varios elementos calefactores controlados independientemente, como se analiza anteriormente con respecto a la fig. 3. La sección de precalentamiento 18 se controla como se describe anteriormente, de manera que los calefactores 21 se modifican por disminución y por aumento como una función de la posición relativa de los huecos entre los sustratos 14 que se transportan a través de la sección de precalentamiento.

Cada uno de los módulos 20 de precalentamiento incluye también un transportador 66 controlado independientemente. Los calefactores 21 y los transportadores 66 se controlan para cada módulo 20 con el fin de lograr una velocidad de transporte de los sustratos 14 a través de la sección de precalentamiento 18 que asegure una temperatura deseada de los sustratos 14 antes del transporte de los sustratos 14 hacia el interior de un módulo para la deposición de vapor 22 posterior.

La cámara de vacío 16 incluye también un aparato para la deposición de vapor 24 posterior a la sección de precalentamiento 18 en la dirección de transporte de los sustratos 14. Este aparato 24 puede configurarse como un módulo para la deposición de vapor 22 y es la configuración de componentes en la que un material de partida, tal como un material de CdTe granular, se sublima y deposita sobre el sustrato 14 como una capa de película fina. Debería apreciarse fácilmente que se conocen diversos procedimientos y sistemas para la deposición de vapor en la técnica, tales como el sistema CSS analizado anteriormente, y que el aparato para la deposición de vapor 24 no se limita a ningún tipo en particular de procedimiento o sistema para la deposición de vapor.

La cámara de vacío 16 incluye también una sección de refrigeración 26 posterior al aparato para la deposición de vapor 24. En la realización ilustrada, la sección de refrigeración 26 se define mediante una pluralidad de módulos de refrigeración 28 interconectados a través de los cuales se transportan los sustratos 14 antes de ser retirados del sistema 10. Los módulos de refrigeración 28 definen una sección que se extiende longitudinalmente dentro de la cámara de vacío 16 en la que los sustratos que tienen la película fina de material de partida sublimado depositada sobre ellos se dejan enfriar a una velocidad de refrigeración controlada antes de que los sustratos 14 sean retirados del sistema 10. Los módulos de refrigeración 28 tienen transportadores 66 controlados independientemente. Cada módulo 28 puede incluir una o más unidades refrigerantes 29 controladas independientemente, definiendo las unidades 29 una pluralidad de zonas de enfriamiento. Una zona de enfriamiento en particular puede incluir más de una unidad refrigerante 29 y las unidades 29 pueden incluir varios elementos refrigerantes controlados independientemente, como se analiza anteriormente con respecto a la fig. 3. La sección de refrigeración 26 puede controlarse como se describe anteriormente, de manera que las unidades refrigerantes 29 se modifican por disminución y por aumento como una función de la posición relativa de los huecos entre los sustratos 14 o para compensar las variaciones de temperatura inducidas por el transporte.

El sistema 10 incluye también un sistema transportador que se dispone de manera funcional dentro de la cámara de vacío 16. En la realización ilustrada, este sistema transportador 16 incluye una pluralidad de transportadores 66 individuales, incluyendo cada uno de los módulos del sistema 10 un transportador 66 correspondiente. Debería apreciarse que el tipo o configuración de los transportadores 66 no es un factor limitante de la invención. En la realización ilustrada, los transportadores 66 son transportadores de rodillos accionados mediante un accionamiento por motor que se controla con el fin de lograr una velocidad de transporte deseada de los sustratos 14 a través del módulo correspondiente y del sistema 10 en general.

El sistema 10 incluye también un sistema de alimentación 48 (fig. 8) que se configura con el aparato para la deposición de vapor 24 para suministrar al aparato 24 material de partida, tal como material de CdTe granular. El sistema de alimentación 48 puede adoptar diversas configuraciones dentro del alcance y el espíritu de la invención y funciona de manera que suministra el material de partida sin interrumpir el procedimiento para la deposición de

vapor continuo dentro del aparato para la deposición de vapor 24 o el transporte de los sustratos 14 a través del aparato para la deposición de vapor 24.

Los sustratos 14 individuales se sitúan inicialmente sobre un transportador de carga 46, que puede incluir, por ejemplo, el mismo tipo de transportador 66 de rodillos accionado que se usa en los demás módulos del sistema. En primer lugar, los sustratos 14 se transportan a través de una estación estanca de vacío 34 de entrada anterior a la cámara de vacío 16. En la realización ilustrada, la estación estanca de vacío 34 incluye un módulo de carga 36 anterior al módulo intermedio 38 en la dirección de transporte de los sustratos 14. Una bomba de vacío 56 "preliminar" (es decir, inicial) se configura con el módulo 36 para establecer un nivel de vacío inicial y una bomba de vacío 58 "fino" (es decir, alto) se configura con el módulo intermedio 38 para aumentar el vacío en el módulo intermedio 38 hasta esencialmente el nivel de vacío del interior de la cámara de vacío 16. Se disponen válvulas 62 (p. ej., válvulas de hendidura de tipo compuerta o válvulas de charnela de tipo rotatorio) de manera funcional entre el transportador de carga 46 y el módulo de carga 36, entre el módulo de carga 36 y el módulo intermedio 38 y entre el módulo intermedio 38 y la cámara de vacío 16. Estas válvulas 62 se accionan secuencialmente mediante un motor u otro tipo de mecanismo accionador 64 con el fin de introducir los sustratos 14 en la cámara de vacío 16 de manera gradual sin afectar de forma adversa al vacío del interior de la cámara 16.

En condiciones de funcionamiento normales, se mantiene un vacío funcional en la cámara de vacío 16 mediante cualquier combinación de bombas de vacío 58, 56 y 60. Con el fin de introducir un sustrato 14 en la cámara de vacío 16, la válvula 62 entre el módulo de carga 36 y el módulo intermedio 38 está cerrada inicialmente y el módulo de carga está vacío. La válvula 62 entre el módulo intermedio 38 y el primer módulo de precalentamiento 20 está cerrada. La válvula 62 entre el módulo de carga 36 y el transportador de carga 46 se abre y los transportadores 66 individuales de los módulos correspondientes se controlan de forma que hacen avanzar al sustrato 14 hacia el interior del módulo de carga 36. En este punto, la primera válvula 62 se cierra y el sustrato 14 se aísla del módulo de carga 36. La bomba de vacío 56 inicial establece entonces un vacío inicial en el módulo de carga 36. Durante este tiempo, la bomba de vacío 58 fino establece un vacío en el módulo intermedio 38. Cuando el vacío entre el módulo de carga 36 y el módulo intermedio 38 se igualan sustancialmente, la válvula 62 entre los módulos se abre y el sustrato 14 se mueve hacia el interior del módulo intermedio 38. La válvula 62 entre los módulos se cierra y la bomba de vacío 58 fino aumenta el vacío en el módulo intermedio 38 hasta que se iguala sustancialmente con el módulo de precalentamiento 20 adyacente. La válvula 62 entre el módulo intermedio 38 y el módulo de precalentamiento 20 se abre entonces y el sustrato se mueve hacia el interior del módulo de precalentamiento 20. Este procedimiento se repite para cada sustrato 14 transportado hacia el interior de la cámara de vacío 16.

Debería apreciarse a partir de la descripción anterior que los sustratos 14 del interior de la cámara de vacío 16 tendrán, por tanto, un hueco entre sustratos adyacentes debido al procedimiento de carga.

En la realización ilustrada, el aparato para la deposición de vapor 24 incluye un módulo 22 en el que los sustratos 14 se exponen a un entorno para la deposición de vapor en el que se deposita una película fina de un material de partida sublimado, tal como CdTe, sobre la superficie superior de los sustratos 14. Los sustratos 14 individuales se transportan a través del módulo para la deposición de vapor 22 a una velocidad lineal constante controlada. En otras palabras, los sustratos 14 no se detienen o se mantienen dentro del módulo 24, sino que se mueven continuamente a través del módulo 22 a una velocidad lineal controlada. La velocidad de transporte de los sustratos 14 puede estar en el intervalo de, por ejemplo, aproximadamente 10 mm/s a aproximadamente 40 mm/s. En una realización en particular, esta velocidad puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 20 mm/s. La velocidad lineal puede ajustarse brevemente (p. ej., menos de 5 segundos en cada minuto) como un ajuste de "alcance" para los sustratos. De esta manera, las secciones delantera y trasera de los sustratos 14 en la dirección de transporte se exponen a las mismas condiciones para la deposición de vapor dentro del módulo para la deposición de vapor 22. Todas las regiones de la superficie superior de los sustratos 14 se exponen a las mismas condiciones de vapor con el fin de lograr un espesor sustancialmente uniforme de la capa de película fina de material de partida sublimado sobre la superficie superior de los sustratos 14.

El módulo para la deposición de vapor 22 incluye un transportador 65 correspondiente, que puede ser diferente de los transportadores 66 de la pluralidad de módulos anteriores y posteriores. El transportador 65 puede configurarse en particular para apoyar el procedimiento para la deposición de vapor dentro del módulo 22. En la realización ilustrada, se configura un transportador 65 con listones sin fin dentro del módulo 22 con este propósito. No obstante, debería apreciarse fácilmente que también puede usarse cualquier otro tipo de transportador adecuado.

El aparato para la deposición de vapor 24 se configura con un sistema de alimentación 48 (fig. 8) para suministrar continuamente al aparato 24 material de partida de manera que no se interrumpa el procedimiento para la deposición de vapor o el transporte continuo de los sustratos 14 a través del módulo 22. El sistema de alimentación 48 no es un factor limitante de la invención y puede idearse cualquier sistema de alimentación 48 adecuado para suministrar el material de partida al interior del módulo 22.

En la realización ilustrada, se define una sección de post-calentamiento 30 dentro de la cámara de vacío 16 inmediatamente posterior al módulo para la deposición de vapor 22. Esta sección de post-calentamiento 30 puede definirse mediante uno o más módulos de post-calentamiento 32 con una unidad calefactora 21 configurada en ellos.

La unidad 21 puede incluir varias zonas de calor controladas independientemente, teniendo cada zona uno o más calefactores. A medida que la sección delantera de un sustrato 14 se transporta fuera del módulo para la deposición de vapor 24, se mueve al interior del módulo de post-calentamiento 32. El módulo de post-calentamiento 32 mantiene un perfil de calentamiento controlado del sustrato hasta que la totalidad del sustrato se mueve fuera del módulo para la deposición de vapor 22 para evitar daños al sustrato, tales como la combadura o la rotura provocadas por tensiones térmicas drásticas o incontroladas. Si la sección delantera del sustrato 14 se dejara enfriar a una velocidad excesiva al salir del módulo 22, se generaría un gradiente de temperatura potencialmente dañino longitudinalmente a lo largo del sustrato 14. Esta condición podría dar como resultado la rotura del sustrato debido a las tensiones térmicas.

La sección de post-calentamiento 30 puede controlarse como se describe anteriormente, tal que los calentadores 21 se modifican por disminución y por aumento como una función de la posición relativa de los huecos entre los sustratos 14 a medida que avanzan a través de la sección de post-calentamiento.

Posterior a la sección de refrigeración 26 se configura una estación estanca de vacío 40 de salida. Esta estación 40 de salida funciona esencialmente de manera inversa a la estación estanca de vacío 34 de entrada descrita anteriormente. Por ejemplo, la estación estanca de vacío 40 de salida puede incluir un módulo intermedio de salida 42 y un módulo estanco de salida 44 posterior. Se disponen válvulas 62 que se hacen funcionar de forma secuencial entre el módulo intermedio 42 y el último de los módulos 28 de la sección de refrigeración 26, entre el módulo intermedio de salida 42 y el módulo estanco de salida 44 y entre el módulo estanco de salida 44 y un transportador 50 de salida. Se configura una bomba de vacío 58 fino con el módulo intermedio de salida 42 y se configura una bomba de vacío 56 preliminar con el módulo estanco de salida 44. Las bombas 58, 56 y las válvulas 62 se hacen funcionar de forma secuencial (esencialmente de manera inversa a la estación estanca 34 de entrada) para mover los sustratos 14 fuera de la cámara de vacío 16 de forma gradual sin perder la condición de vacío dentro de la cámara de vacío 16.

Como se ha mencionado, en la realización ilustrada, el sistema 10 se define mediante una pluralidad de módulos interconectados, realizando cada módulo una función en particular. Con fines de control, cada uno de los módulos individuales puede tener un controlador 52 independiente asociado configurado en él para controlar las funciones individuales del módulo correspondiente. La pluralidad de controladores 52, puede, a su vez, estar en comunicación con un controlador del sistema 54 central, como se ilustra en la fig. 7. El controlador del sistema 54 central puede monitorizar y controlar (a través de los controladores 52 independientes) las funciones de cualquiera de los módulos con el fin de lograr una velocidad de transporte general deseada y el procesamiento de los sustratos 14 a través del sistema 10. Los controladores 52 y 54 pueden funcionar solos o en combinación como el controlador 118 al que se hace referencia en las fig. 1 a 4 para controlar la sección de precalentamiento 18, la sección de post-calentamiento 30 y la sección de refrigeración 26 de acuerdo con los principios descritos en el presente documento.

Con referencia a la fig. 7, para el control independiente del transportador 66 individual correspondiente, cada uno de los módulos puede incluir cualquier tipo de sensores 68 activos o pasivos que detecten la presencia de los sustratos 14 a medida que se transportan a través del módulo. Los sensores 68 están en comunicación con el controlador 52 del módulo, que a su vez está en comunicación con el controlador central 54. De esta manera, el transportador 66 individual correspondiente puede controlarse para asegurar que se mantiene un espaciado apropiado entre los sustratos 14 y que los sustratos 14 se transportan a la velocidad de transporte constante deseada a través de la cámara de vacío 16. Los sensores 68 pueden funcionar también como los detectores 126 descritos anteriormente con referencia a la realización de la fig. 3.

Esta descripción por escrito usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para permitir que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define mediante las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Se pretende que dichos otros ejemplos estén dentro del alcance de las reivindicaciones si incluyen elementos estructurales que no difieren de la redacción literal de las reivindicaciones o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales con respecto a la redacción literal de las reivindicaciones.

Número de referencia	Componente
10	Sistema de deposición de vapor
14	Sustrato
16	Cámara de vacío
18	Sección de precalentamiento
20	Módulo de precalentamiento
21	Unidad calefactora
22	Módulo de deposición de vapor
24	Aparato de deposición de vapor
26	Sección de refrigeración
28	Módulo de refrigeración
29	Unidad refrigerante
30	Sección de post-calentamiento
32	Módulo de post-calentamiento
34	Estación estanca de vacío
36	Módulo de carga
38	Módulo intermedio
40	Estación estanca de vacío de salida
42	Módulo intermedio de salida
44	Módulo estanco de salida
46	Transportador de carga
48	Sistema de alimentación
52	Controlador
54	Controlador del sistema
56	Bomba de vacío
58	Bomba de vacío
60	Bomba de vacío
62	Válvula
65	Transportador
66	Transportador
68	Sensor
100	Sistema
102	Cámara
104	Entrada
106	Salida
108	Sustrato
110	Borde anterior
112	Borde posterior
114	Hueco
116	Unidad de control de temperatura
118	Controlador

Número de referencia	Componente
120	Unidad calefactora
122	Elemento calefactor
124	Detector de bordes inicial
125	Detector de bordes
126	Detector de bordes
127	Detector de bordes
128	Dirección de transporte
130	Línea de transmisión
132	Transportador
134	Entrada de velocidad del transportador
136	Entrada del detector

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) para el calentamiento o el enfriamiento variables de sustratos (108) discretos transportados linealmente que compensa las variaciones de temperatura inducidas por los bordes en los sustratos, caracterizado porque comprende:

una cámara (102);

un transportador (132) dentro de dicha cámara para mover los sustratos a través de dicha cámara a una velocidad de transporte, teniendo los sustratos un borde anterior (110) y un borde posterior (112) con respecto a una dirección de transporte (128) a través de dicha cámara;

una pluralidad de unidades de control de temperatura (116) controladas individualmente dispuestas linealmente dentro de dicha cámara a lo largo de la dirección de transporte; y

un controlador (118) en comunicación con dichas unidades de control de temperatura, configurándose dicho controlador para modificar secuencialmente la salida de dichas unidades de control de temperatura desde una salida de temperatura en estado estacionario a lo largo de la dirección de transporte como una función de la posición de los bordes anteriores y posteriores de los sustratos dentro de dicha cámara con relación a dichas unidades de control de temperatura con el fin de reducir las variaciones de temperatura inducidas por los bordes en los sustratos.

2. El sistema (100) como en la reivindicación 1, caracterizado porque dichas unidades de control de temperatura (116) comprenden unidades calefactoras (120), definiendo cada una de dichas unidades calefactoras una zona de calor y comprendiendo una pluralidad de elementos calefactores (122) controlables.

3. El sistema (100) como en la reivindicación 1, caracterizado porque dicha cámara (102) comprende una pluralidad de módulos de procesamiento (20, 28) alineados a través de los cuales se transportan linealmente los sustratos, comprendiendo además cada uno de dichos módulos al menos una de dichas unidades de control de temperatura (116).

4. El sistema (100) como en la reivindicación 3, caracterizado porque dichos módulos de procesamiento (20, 28) definen una sección de procesamiento de precalentamiento (18) o una sección de procesamiento de refrigeración (26) en una línea de fabricación (10) de un módulo fotovoltaico (PV).

5. El sistema (100) como en la reivindicación 1, caracterizado porque dicho controlador (118) se configura para modificar dichas unidades de control de temperatura (116) como una función de una posición calculada de los bordes anteriores (110) y posteriores (112) de los sustratos (108) que se mueven a través de dicha cámara basándose en una longitud del sustrato y una velocidad de transporte de dicho transportador predefinidas.

6. El sistema (100) como en la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además un detector de bordes (124) dispuesto en una ubicación en dicha cámara para detectar los bordes posteriores (110) y anteriores (112) entre los sustratos (108), estando dicho detector de bordes en comunicación con dicho controlador (118) para proporcionar señales de posición de bordes a dicho controlador.

7. El sistema (100) como en la reivindicación 1, caracterizado porque dicho controlador (118) se configura para modificar dichas unidades de control de temperatura (116) como una función de bordes anteriores (110) y posteriores (112) reales detectados de los sustratos (108) que se mueven a través de dicha cámara (102) y que comprende además una pluralidad de detectores de bordes (125, 126, 127) dispuestos dentro de dicha cámara a lo largo de la dirección de transporte, estando dichos detectores de bordes en comunicación con dicho controlador (118).

8. Un sistema (10) para la deposición por medio de vapor de una capa de película fina en sustratos (14) de módulos fotovoltaicos (PV), caracterizado porque comprende:

una cámara de vacío (16), comprendiendo además dicha cámara de vacío un aparato para la deposición de vapor (24) configurado para depositar una película fina de un material de partida sublimado sobre una superficie superior de sustratos transportados a través de ella;

un sistema transportador (66) dispuesto de manera funcional dentro de dicha cámara de vacío y configurado para transportar los sustratos en una disposición en serie con un hueco (114) entre sustratos adyacentes a través de dicho aparato para la deposición de vapor a una velocidad de transporte constante controlada; y

una sección de precalentamiento (18) dispuesta dentro de dicha cámara de vacío anterior a dicho aparato para la deposición de vapor en una dirección de transporte de los sustratos, comprendiendo dicha sección de precalentamiento

una pluralidad de unidades calefactoras (21) controladas individualmente dispuestas linealmente dentro de dicha cámara a lo largo de la dirección de transporte; y

un controlador (52) en comunicación con cada una de dichas unidades calefactoras, estando configurado dicho controlador para modificar secuencialmente la salida de dichas unidades calefactoras como una función de la posición de los bordes anteriores (110) y posteriores (112) de los sustratos dentro de dicha cámara con relación a dichas unidades calefactoras con el fin de reducir las variaciones de temperatura inducidas por los bordes en los sustratos.

9. El sistema (10) como en la reivindicación 8, caracterizado porque dicha sección de precalentamiento (18) comprende una pluralidad de módulos calefactores (20) alineados a través de los cuales se transportan los sustratos linealmente, comprendiendo además cada uno de dichos módulos calefactores al menos una de dichas unidades calefactoras (21), estando configurado dicho controlador para modificar dichas unidades calefactoras como una función de una posición calculada de los bordes anteriores (110) y posteriores (112) de los sustratos que se mueven a través de dicha cámara.

10. El sistema (10) como en la reivindicación 9, caracterizado porque comprende además un detector de bordes (125, 126, 127) dispuesto en una ubicación en dicha cámara para detectar los bordes posteriores (110) y anteriores (112) entre los sustratos (14), estando dicho detector de bordes en comunicación con dicho controlador (52) para proporcionar señales de posición de bordes a dicho controlador.

11. El sistema (10) como en la reivindicación 9, caracterizado porque dicho controlador (52) se configura para modificar dichas unidades calefactoras (21) como una función de bordes anteriores (110) y posteriores (112) reales detectados de los sustratos (14) con relación a dichas unidades calefactoras a medida que los sustratos se mueven a través de dicha cámara (16) y que comprende además una pluralidad de detectores de bordes (126, 127) dispuestos linealmente dentro de dicha sección de precalentamiento (18) a lo largo de la dirección de transporte, estando dichos detectores de bordes en comunicación con dicho controlador.

12. El sistema (10) como en la reivindicación 8, caracterizado porque comprende además una sección de refrigeración (26) dispuesta dentro de dicha cámara (16) posterior a dicho aparato para la deposición de vapor (24), comprendiendo dicha sección de refrigeración una pluralidad de unidades refrigerantes (29) controladas individualmente y dispuestas linealmente en dicha cámara a lo largo de la dirección de transporte, estando cada una de dichas unidades refrigerantes en comunicación con dicho controlador (52), estando configurado dicho controlador para reducir secuencialmente el efecto refrigerante de dichas unidades refrigerantes como una función de los bordes anteriores (110) y posteriores (112) de los sustratos (14) dentro de dicha cámara con relación a dichas unidades refrigerantes con el fin de reducir las variaciones de temperatura inducidas por los bordes a lo largo de los sustratos.

13. El sistema (10) como en la reivindicación 12, caracterizado porque dicha sección de refrigeración (26) comprende una pluralidad de módulos refrigerantes (28) alineados a través de los cuales se transportan linealmente los sustratos (14), comprendiendo además cada uno de dichos módulos refrigerantes al menos una de dichas unidades refrigerantes (29).

14. El sistema (10) como en la reivindicación 12, caracterizado porque dicho controlador (52) se configura para modificar dichas unidades refrigerantes (29) como una función de una posición calculada de los bordes anteriores (110) y posteriores (112) de los sustratos (14) que se mueven a través de dicha cámara.

15. El sistema (10) como en la reivindicación 12, caracterizado porque dicho controlador (52) se configura para modificar dichas unidades refrigerantes (29) como una función de los bordes anteriores (110) y posteriores (112) reales detectados con relación a dichas unidades refrigerantes a medida que los sustratos (14) se mueven a través de dicha cámara (16).

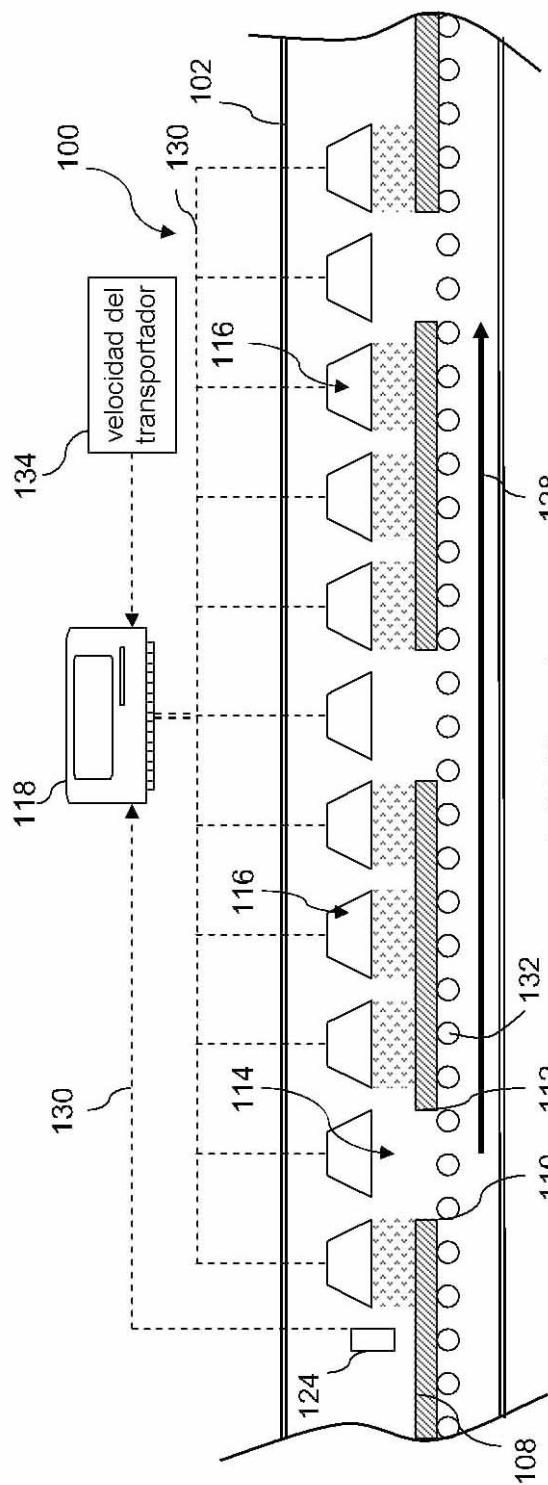


FIG. -1-

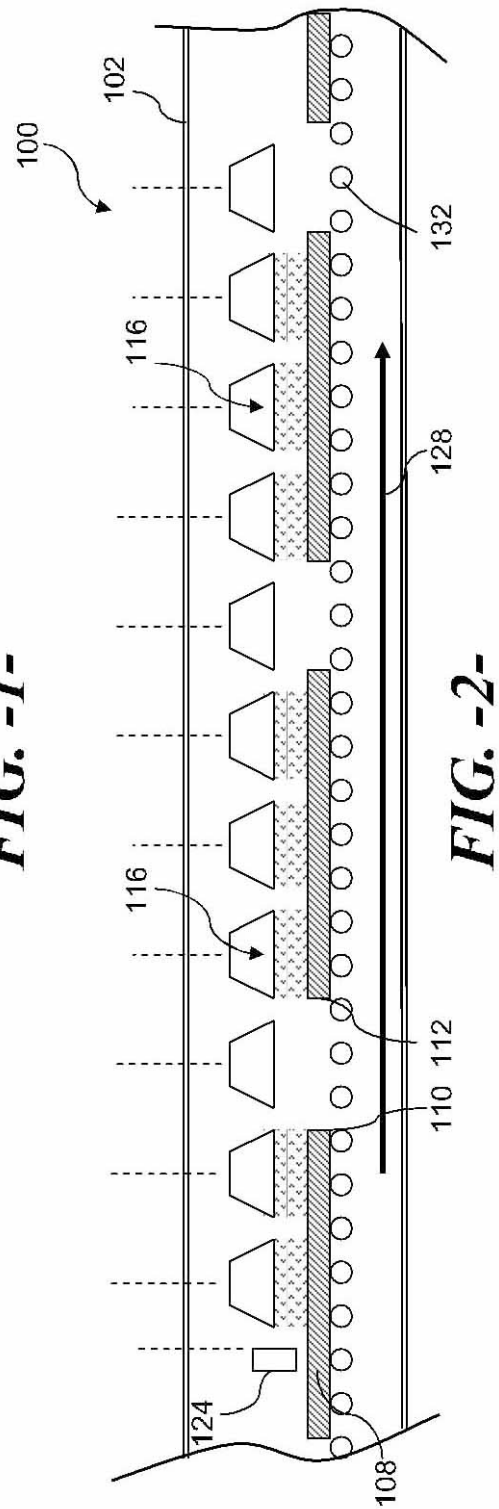


FIG. -2-

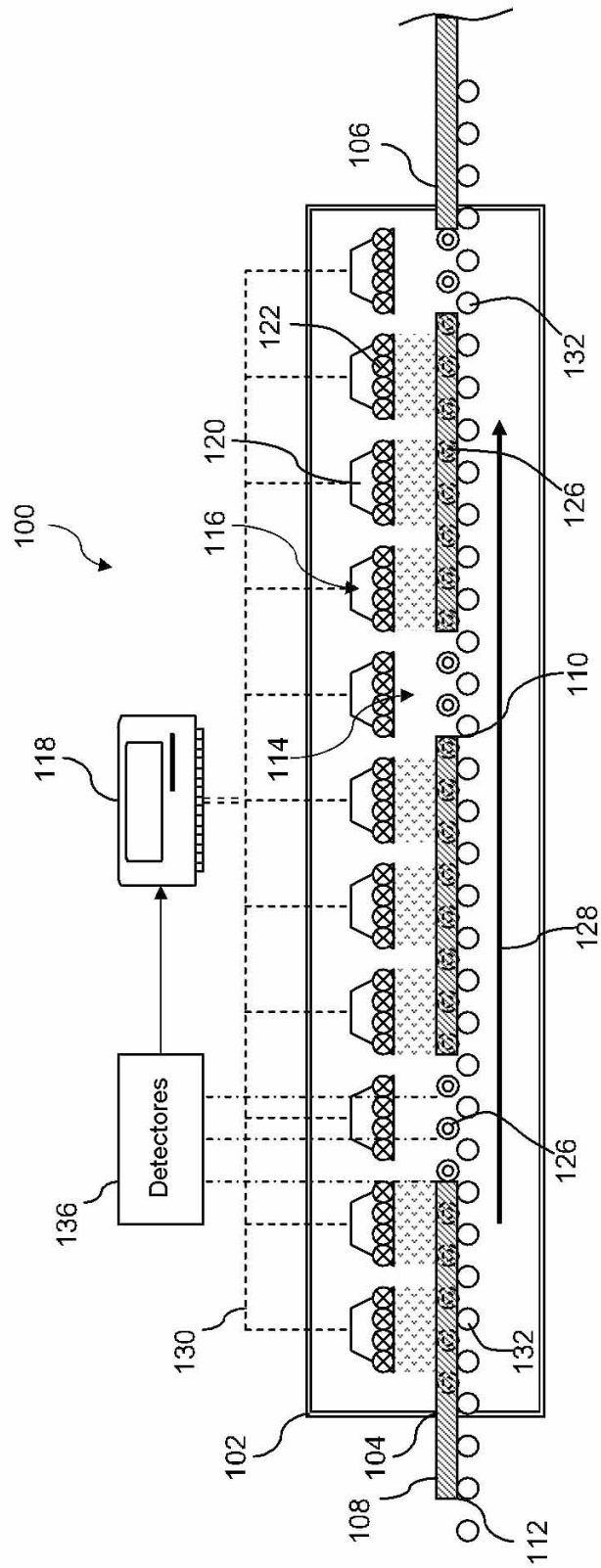


FIG. -3-

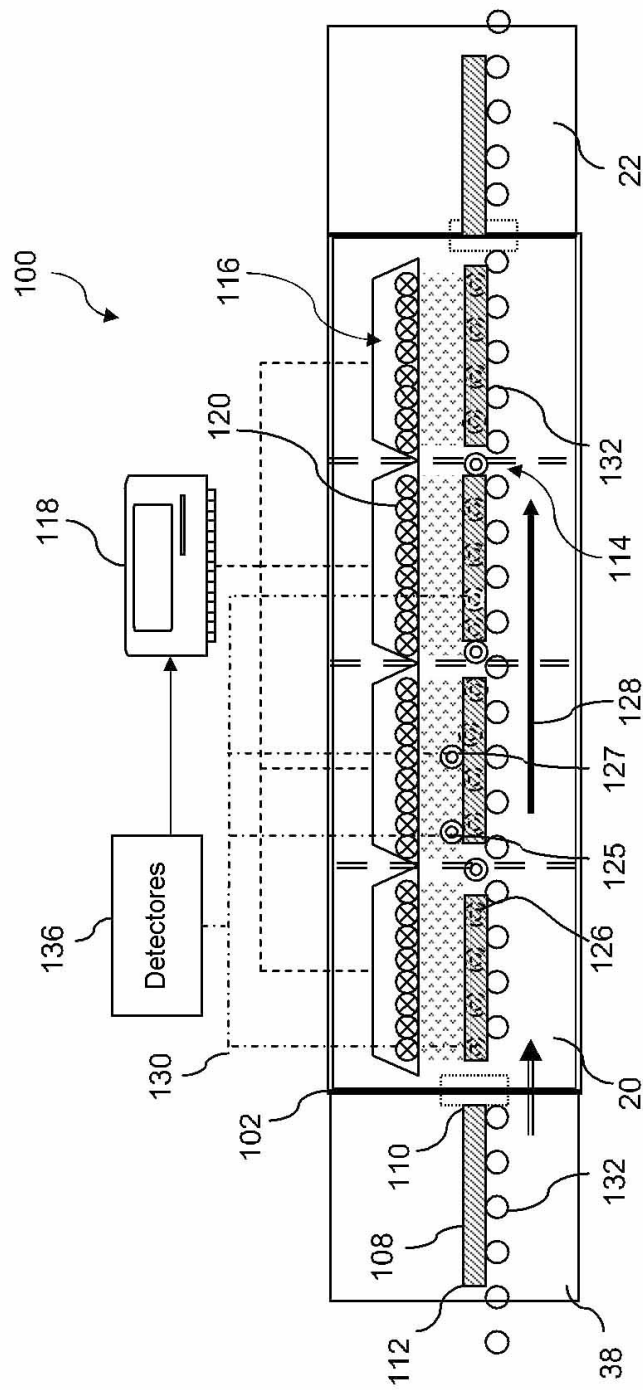


FIG. -4-

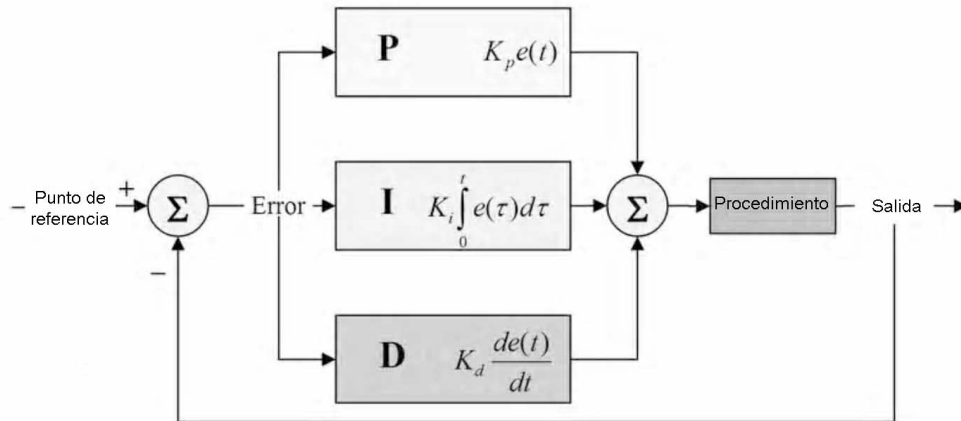
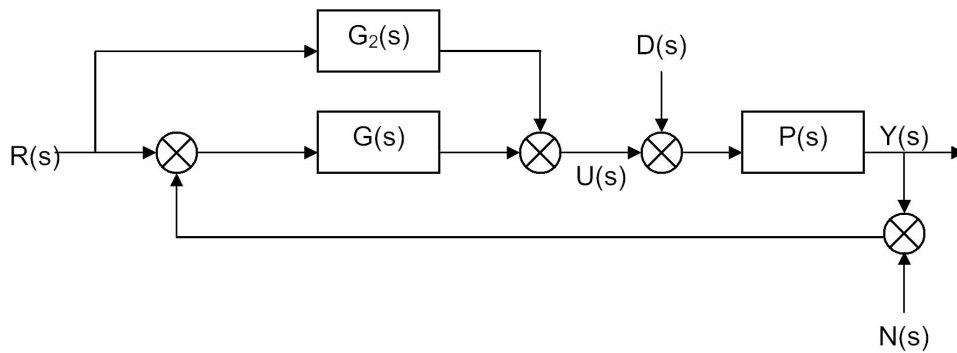


FIG. -5-



5 Donde:

R(s) = temperatura del punto de referencia

U(s) = señal manipulada (es decir, MV)

D(s) = señal de interferencia

Y(s) = señal de salida (es decir, PV)

N(s) = señal de ruido

B(s) = variable del procedimiento modificada (PV)

P(s) = función del procedimiento de la planta; para un procedimiento de modelización de un calefactor, la función puede ser:

$$\frac{1}{LCs^2 + RCs + 1}$$

donde el calefactor tiene inductancia (L), capacitancia (C) y resistencia (R)

G(s) = función de transferencia PID estándar

G2(s) = función de transferencia modulada espacialmente en una estructura de realimentación; para una función en rampa producida por la posición espacial del sustrato con relación al calefactor, la función puede ser:

$$K_{p2}(1/s^2)$$

donde K_{p2} es la constante de la rampa

Donde: la función de transferencia del bucle cerrado se hace:

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{[G(s) + G2(s)]P(s)}{1 + G(s)P(s)}$$

FIG. -6-

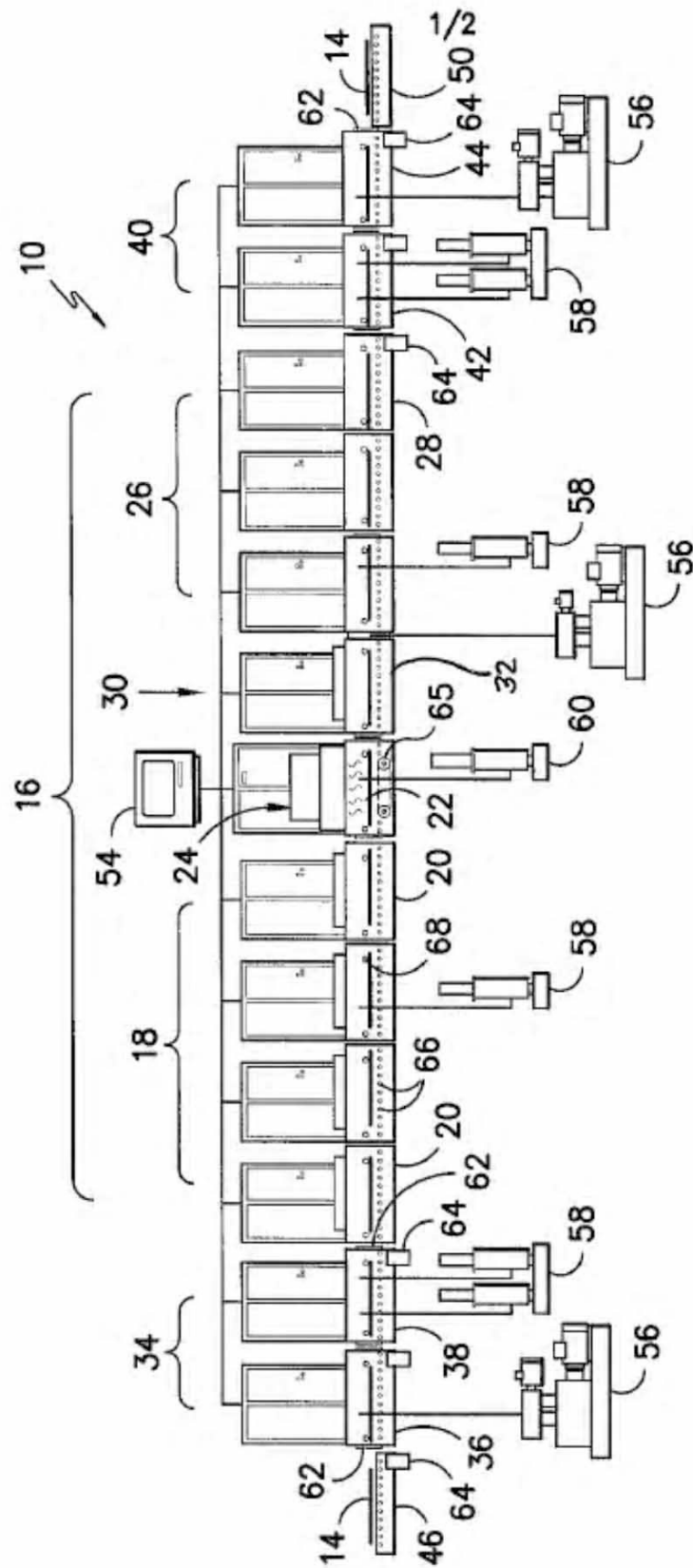


FIG. -7-

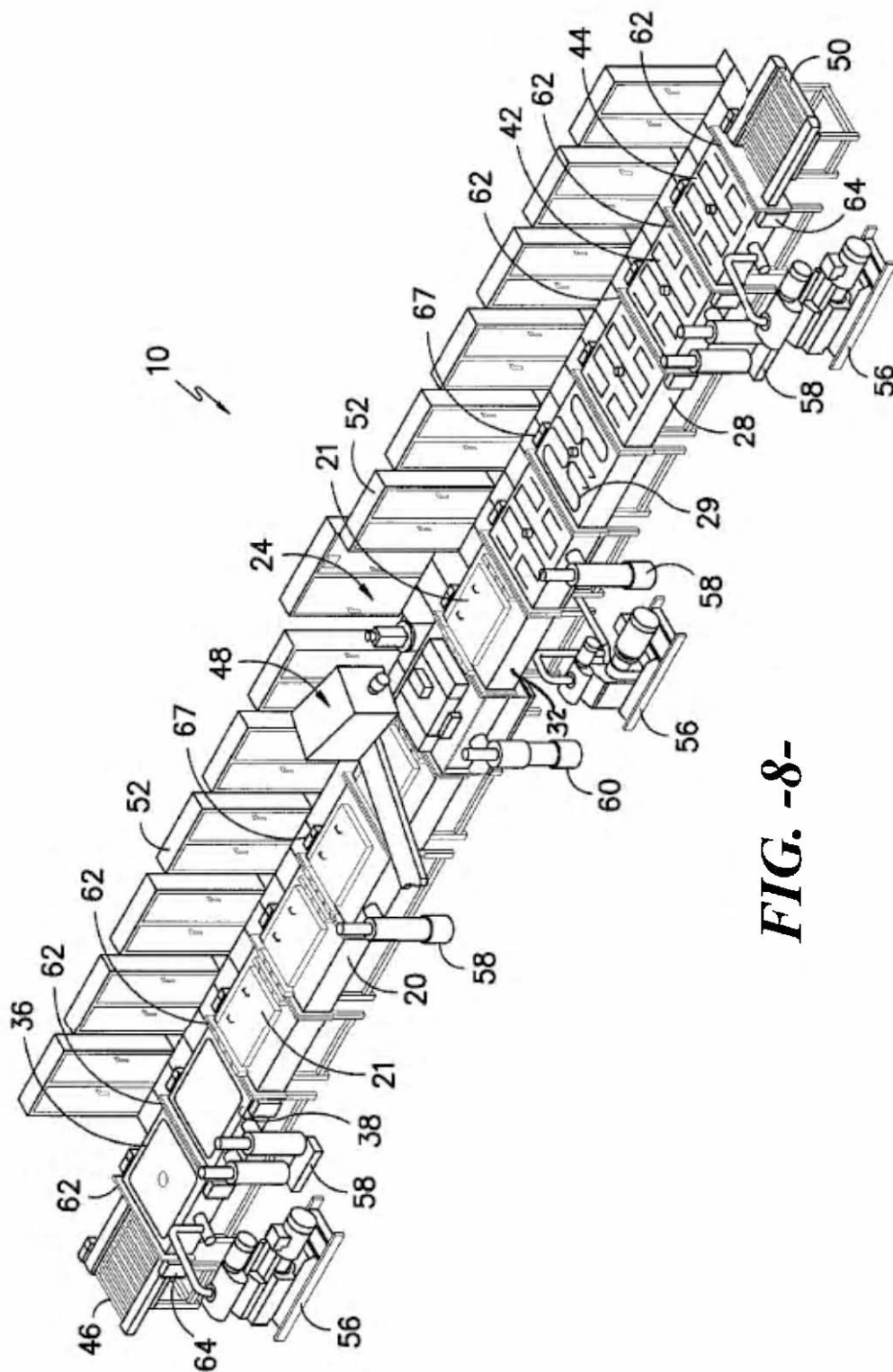


FIG. -8-