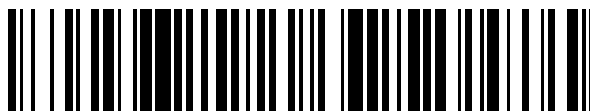


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 654**

51 Int. Cl.:

<b>F26B 3/34</b>	(2006.01)
<b>B41F 23/04</b>	(2006.01)
<b>F26B 3/28</b>	(2006.01)
<b>F26B 7/00</b>	(2006.01)
<b>F26B 5/02</b>	(2006.01)
<b>F26B 21/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2009 PCT/US2009/069395**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.08.2010 WO10090690**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2009 E 09839835 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 2394121**

54 Título: **Método de calibración de un sistema de secado ultrasónico**

30 Prioridad:

**09.02.2009 US 367803**

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

**18.11.2019**

73 Titular/es:

**HEAT TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)  
P.O. Box 88413  
Atlanta, GA 30356, US**

72 Inventor/es:

**PLAVNIK, ZINOVY Z.**

74 Agente/Representante:

**VÁZQUEZ FERNÁNDEZ-VILLA, Concepción**

ES 2 731 654 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método de calibración de un sistema de secado ultrasónico

5 Campo técnico

La presente invención se refiere generalmente al calentamiento y secado con ayuda de ultrasonido.

Antecedentes de la invención

10

Se conoce bien que la mayoría de los procesos de elevado consumo energético son accionados por las tasas de transferencia de calor y de masa. Los detalles específicos de una aplicación particular, tal como la química de un sustrato que se seca (por ejemplo, un factor en la impresión de etiquetas, pliegos e impresión continua, conversión, empacado, envío masivo), la temperatura de un material que se aplica, el tiempo de residencia necesario para que un recubrimiento se seque, y las tasas de evaporación de agua o solvente, son necesarios para un secado y para que un proceso de calentamiento funcione apropiadamente. Estos factores establecen el tamaño del equipamiento de secado.

15

20

Es además bien conocido que lo principal que evita un aumento en las tasas de calentamiento y secado es la capa límite que se forma alrededor del objeto o material que se calienta o se seca. En la práctica moderna de los procesos de calentamiento y secado existen varios métodos para alterar la capa límite. El método más común es añadir el aire caliente por convección a otros métodos de calentamiento, tal como, por ejemplo, calentamiento radiante.

25

Con el calor de convección, los chorros de aire caliente que impactan a alta velocidad se dirigen sobre el material y, en consecuencia, sobre la capa límite para agitar la capa límite. De manera similar, los chorros de aire caliente que impactan se usan en el calentamiento por luz infrarroja. La aplicación de un flujo de aire por convección o luz infrarroja típicamente aumenta la tasa de transferencia de calor a aproximadamente 10-25 %. Por tanto, estas aproximaciones han proporcionado algunas mejoras en las tasas de transferencia de calor, pero se necesitan mejoras adicionales.

30

35

Se conocen además los esfuerzos de uso de la combustión por pulso para establecer pulsos de chorros de calor y aplicarlos sobre un material para reducir la capa límite. Con los chorros de combustión por pulso, la llama genera un sonido en el rango de frecuencia audible. El uso de chorros de combustión por pulso típicamente aumenta la tasa de transferencia de calor a aproximadamente 200-500 % (cuando se hace una comparación con las mismas velocidades de estado constante, números de Reynolds, y temperaturas). Por tanto, esta aproximación ha proporcionado una mejora significativa en las tasas de transferencia de calor, pero el equipo de combustión por pulsos es grande/consume espacio y es costoso de adquirir y de hacer funcionar. Adicionalmente, una variedad de industrias requiere un equipamiento más compacto, y los gases de combustión a veces no se permiten en el proceso debido a su naturaleza química (alimentos, pinturas, recubrimientos, impresión, preocupación por explosiones, códigos de construcción, necesidad de líneas de gas natural adicionales, su mantenimiento, etc.). El documento JP H05 133683 A describe un dispositivo de secado que usa una corriente de aire y ondas ultrasónicas para retirar la humedad de un espécimen. El documento JP 2000 258055 A describe un secador ultrasónico con un soplador de vibración supersónica. El documento JP H06 26764 A describe un secador de aire caliente con un soplador, un calentador, una tobera supersónica para romper la capa límite.

40

45

50

En consecuencia, puede observarse que existe una necesidad de tecnologías de secado mejoradas que producen tasas de transferencia de calor significativamente aumentadas pero que sean económicas en cuanto a su fabricación y uso y preferentemente que ocupen un espacio más pequeño y requieran menos material. La presente invención se dirige principalmente a brindar soluciones que cumplan con estas y otras necesidades.

Resumen de la invención

55

Descrita de manera general, la presente invención proporciona un método de calibración de un aparato para secar un material. Los aparatos descritos a continuación son modalidades ilustrativas de tales aparatos y no están cubiertos por el alcance de la invención. El método se define por la reivindicación 1 y comprende colocar el material y un transductor ultrasónico del aparato de tal manera que una salida del transductor ultrasónico se coloque a una distancia separada de una superficie de la interfaz del material de tal manera que la amplitud de las oscilaciones acústicas generadas por el transductor ultrasónico en la superficie de la interfaz del material está en el rango de aproximadamente 120 dB a aproximadamente 190 dB. El método comprende además las etapas de calcular la distancia separada utilizando la fórmula  $(\lambda)(n/4)$ ; colocar la salida del transductor ultrasónico y el material a una distancia separados uno del otro; colocar un dispositivo de entrada de sonido inmediatamente adyacente a la superficie de la interfaz del material; conectar operativamente el dispositivo de entrada de sonido a un acondicionador de señal; medir la presión de las oscilaciones acústicas en la superficie de la interfaz del material utilizando el dispositivo de entrada de sonido y el acondicionador de señal; convertir la presión medida en decibeles; y volver a colocar el transductor ultrasónico en relación con el material y repetir las etapas de medición

60

65

y conversión hasta que el nivel de decibeles en la superficie de la interfaz del material esté en el rango de aproximadamente 120 dB a aproximadamente 190 dB, o con mayor preferencia en el rango de aproximadamente 160 dB a aproximadamente 185 dB. En la fórmula  $(\lambda)(n/4)$ , " $\lambda$ " es la longitud de onda de las oscilaciones ultrasónicas y " $n$ " está en el rango de más o menos 0,5 de un entero impar de modo que, las oscilaciones acústicas en la superficie de la interfaz del material está dentro de un rango de aproximadamente 90 grados centrado aproximadamente a la amplitud máxima. Preferentemente, " $n$ " es un número entero impar tal que las oscilaciones acústicas en la superficie de la interfaz del material estén aproximadamente a la amplitud máxima. En una modalidad ilustrativa, un aparato de secado incluye un recinto de suministro de aire, a través del cual el aire forzado se dirige hacia el material, y al menos un transductor ultrasónico. El transductor ultrasónico se dispone y se hace funcionar para generar oscilaciones acústicas que rompen efectivamente la capa límite para aumentar la tasa de transferencia de calor. En particular, la salida acústica del transductor ultrasónico se coloca a una distancia separada del material, de modo que las oscilaciones acústicas se encuentren en el rango de aproximadamente 120 dB a aproximadamente 190 dB en la superficie de la interfaz del material. Preferentemente, las oscilaciones acústicas están en el rango de aproximadamente 160 dB a aproximadamente 185 dB en la superficie de la interfaz del material.

En una modalidad ilustrativa, los transductores ultrasónicos se colocan a una distancia separada del material a secar de aproximadamente  $(\lambda)(n/4)$ , donde  $\lambda$  es la longitud de onda de las oscilaciones ultrasónicas y " $n$ " es más o menos 0,5 de un número entero impar (0,5 a 1,5, 2,5 a 3,5, 4,5 a 5,5, etc.). Preferentemente, los transductores ultrasónicos están colocados con relación al material a secar a la distancia separada de aproximadamente  $(\lambda)(n/4)$ , donde " $n$ " es un número entero impar (1, 3, 5, 7, etc.). De esta manera, la amplitud de las oscilaciones acústicas es de aproximadamente un valor máximo en la superficie de la interfaz del material para agitar más efectivamente la capa límite.

En una primera modalidad ilustrativa, el aparato incluye un recinto de aire de retorno para extraer el aire húmedo del material, con el recinto de suministro colocado dentro del recinto de suministro de manera que el aire de retorno húmedo y cálido en el recinto de retorno ayuda a reducir la pérdida de calor por el aire en el recinto de suministro. El transductor ultrasónico es de un tipo neumático que se coloca dentro de una salida de aire del recinto de suministro de manera que todo o al menos una porción del aire forzado se dirige a través del transductor ultrasónico neumático.

En una segunda modalidad ilustrativa, el aparato está incluido en un sistema de impresión que incluye además otros componentes conocidos por los expertos en la técnica. En esta modalidad, el aparato incluye dos recintos de suministro, un recinto de retorno y dos transductores ultrasónicos. Además del aparato, el sistema de impresión incluye un transportador de aire (por ejemplo, un ventilador, un soplador o un compresor) y un calentador que coopera para suministrar aire caliente en estado estable al aparato.

En una tercera modalidad ilustrativa, el aparato está incluido en un sistema de impresión que incluye adicionalmente otros componentes conocidos por los expertos en la técnica. En esta modalidad, el aparato incluye cinco recintos de suministro, cada uno con al menos un transductor ultrasónico. Además del aparato, el sistema de impresión incluye un transportador de aire y una válvula de control que pueden controlarse para hacer funcionar todo o solo los seleccionados del transductor ultrasónico para localizar el secado, dependiendo del trabajo particular en cuestión.

En la cuarta y quinta modalidades ilustrativas, el aparato incluye cada uno un recinto de retorno con una pluralidad de entradas de aire de retorno y tres recintos de suministro dentro del recinto de retorno. En estas modalidades, un recinto de suministro está dedicado para suministrar aire en estado estable y los otros dos tienen transductores ultrasónicos para suministrar las oscilaciones acústicas al material. En la cuarta modalidad ilustrativa, los dos recintos de suministro acústicos se colocan inmediatamente antes y después (en relación con el material en movimiento) del recinto de suministro de aire dedicado. Y en la quinta modalidad ilustrativa, los dos recintos de suministro acústico se colocan en los extremos delantero y trasero (en relación con el material en movimiento) del recinto de retorno, es decir, al principio y al final de la zona de secado.

En una sexta modalidad ilustrativa de la invención, el aparato incluye un recinto de retorno, un recinto de suministro y un transductor ultrasónico. Sin embargo, el recinto de suministro no está colocado dentro del recinto de retorno; en cambio, estos recintos están dispuestos en una configuración de lado a lado. Además, se monta un calentador eléctrico en el recinto de suministro para aplicar calor directamente al material.

En una séptima modalidad ilustrativa, el aparato incluye un recinto de suministro, un transductor ultrasónico y un calentador. El calentador puede ser bidireccional para calentar el aire dentro del recinto de suministro (calor de convección) y calentar directamente el material (calor radiante).

En las modalidades del octavo, noveno y décimo ejemplos, el aparato incluye un recinto de suministro con una pluralidad de salidas de aire y una pluralidad de transductores ultrasónicos eléctricos. En la octava modalidad ilustrativa, las salidas de aire y los transductores ultrasónicos eléctricos se colocan en una disposición de repetición alterna. La novena modalidad ilustrativa incluye un calentador eléctrico dentro del recinto de suministro. Y la décima

modalidad ilustrativa incluye guías de onda que alojan los transductores ultrasónicos para enfocar/mejorar y dirigir las oscilaciones acústicas hacia el material.

5 En una decimoprimer modalidad ilustrativa, el aparato incluye un recinto de suministro con una pluralidad de salidas de aire y una pluralidad de transductores ultrasónicos eléctricos. Además, el aparato incluye calentadores de emisión de luz infrarroja.

10 En una decimosegunda modalidad ilustrativa, el aparato es un dispositivo independiente que incluye un recinto de suministro con una pluralidad de salidas de aire y que aloja una pluralidad de transductores ultrasónicos eléctricos, una pluralidad de calentadores de emisión de luz infrarroja y un transportador de aire.

15 En una decimotercera modalidad ilustrativa, el aparato incluye un recinto de suministro con una pluralidad de salidas de aire, una pluralidad de transductores ultrasónicos eléctricos y una pluralidad de calentadores de emisión de luz infrarroja. En esta modalidad, el aire en estado estacionario no es forzado por un transportador de aire a través del recinto de suministro, sino que el calentador infrarrojo genera por sí mismo el calor y el flujo de aire.

20 En una decimocuarta modalidad ilustrativa, el aparato incluye una pluralidad de transductores ultrasónicos montados en un panel, sin que el aire en estado estacionario esté forzado por un transportador de aire a través de un recinto. En su lugar, el aparato incluye al menos un calentador UV para generar el calor y el flujo de aire.

25 En la decimoquinta y decimosexta modalidades ilustrativas, cada aparato incluye un recinto de suministro con una salida de aire para suministrar aire forzado al material, y al menos un transductor ultrasónico para suministrar oscilaciones acústicas al material. Los transductores ultrasónicos están montados dentro del recinto de suministro para establecer un campo de oscilaciones acústicas a través del cual pasa el aire forzado antes de alcanzar el material a secar, y no están orientados a dirigir las oscilaciones acústicas hacia la salida de aire. En la decimoquinta modalidad ilustrativa, se montan tres filas de transductores ultrasónicos en una pared interna del recinto de suministro para configurar un campo de oscilaciones acústicas en todo el recinto de suministro. Y en la decimosexta modalidad ilustrativa, el transductor ultrasónico se monta inmediatamente adyacente a la salida de aire. Adicionalmente, los elementos de alas pueden montarse en los transductores eléctricos ultrasónicos para mejorar las oscilaciones acústicas para una alteración más efectiva de la capa límite.

30 Las técnicas y estructuras específicas empleadas por la invención para mejorar los inconvenientes de los dispositivos anteriores y lograr las ventajas descritas en la presente descripción se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las formas de modalidad ilustrativa de la invención y los dibujos y reivindicaciones adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

40 La Figura 1 es una vista en sección transversal longitudinal de un aparato de secado de acuerdo con una primera modalidad ilustrativa de la presente invención, que muestra un recinto de suministro de aire, un transductor ultrasónico, y un recinto de retorno de aire durante el uso que seca un material.

La Figura 2 es una vista en sección transversal del aparato de secado tomada en la línea 2-2 de la Figura 1.

La Figura 3 es una vista en perspectiva del recinto de suministro de aire de la Figura 1.

La Figura 4 es una vista en perspectiva parcialmente despiezada del transductor ultrasónico de la Figura 1.

45 La Figura 5 es una vista lateral del recinto de suministro de aire de la Figura 1, que muestra la distancia entre la salida del aire cargado ultrasónicamente que sale del recinto con un transductor ultrasónico y el material que se está secando.

La Figura 6 es una vista lateral de un sistema de conversión o impresión que incluye un aparato de secado de acuerdo con una segunda modalidad ilustrativa.

50 La Figura 7 es una vista en planta de un sistema que incluye un aparato de conversión o impresión de acuerdo con una tercera modalidad ilustrativa.

La Figura 8 es una vista en sección transversal longitudinal de un aparato de secado de acuerdo con una cuarta modalidad ilustrativa de la presente invención, que muestra dos recintos de suministro acústico y un recinto de suministro de aire en estado estable o estándar dedicado interpuesto.

55 La Figura 9 es una vista en sección transversal longitudinal de un aparato de secado de acuerdo con una quinta modalidad ilustrativa de la presente invención, que muestra un recinto de suministro de aire dedicado y dos recintos de suministro acústicos en el inicio y fin de la zona de secado.

La Figura 10 es una vista en sección transversal longitudinal de un aparato de secado de acuerdo con una sexta modalidad ilustrativa de la presente invención, que muestra un recinto de suministro de aire y un recinto de retorno dispuesto en una configuración de lado a lado.

60 La Figura 11 es una vista en sección transversal longitudinal de un aparato de secado de acuerdo con una séptima modalidad ilustrativa de la presente invención, que muestra un recinto de suministro de aire y un transductor ultrasónico sin un recinto de retorno.

La Figura 11 A es una vista detallada de un elemento de calentamiento del aparato de la Figura 11.

La Figura La Figura 12 es una vista frontal de un aparato de secado de acuerdo con una octava modalidad ilustrativa de la presente invención, que muestra un recinto de suministro de aire y transductores ultrasónicos de funcionamiento eléctrico.

La Figura 13 es una vista lateral del aparato de secado de la Figura 12.

5 La Figura 14 es una vista en sección transversal de un aparato de secado de acuerdo con una novena modalidad ilustrativa de la presente invención, que muestra un recinto de suministro de aire con un calentador de funcionamiento eléctrico.

La Figura 15 es una vista en sección transversal de un aparato de secado de acuerdo con una décima modalidad ilustrativa de la presente invención, que muestra un recinto de suministro de aire con guías de onda para los transductores ultrasónicos.

10 La Figura 16 es una vista frontal de un aparato de secado de acuerdo con una decimoprimer modalidad ilustrativa de la presente invención, que incluye calentadores infrarrojos y ventiladores de movimiento del aire.

La Figura 17 es una vista en sección transversal del aparato de secado tomada en la línea 17-17 de la Figura 16.

15 La Figura 18 es una vista en sección transversal lateral de un aparato de secado de acuerdo con una decimosegunda modalidad ilustrativa de la presente invención, que incluye calentadores infrarrojos y un ventilador de movimiento del aire.

La Figura 19 es una vista en sección transversal del aparato de secado tomada en la línea 19-19 de la Figura 18.

20 La Figura 20 es una vista frontal de un aparato de secado de acuerdo con una decimotercera modalidad ilustrativa de la presente invención, que incluye calentadores infrarrojos y un ventilador de movimiento del aire.

La Figura 21 es una vista lateral del aparato de secado de la Figura 20.

La Figura 22 es una vista frontal de un aparato de secado de acuerdo con una decimocuarta modalidad ilustrativa de la presente invención, que incluye calentadores ultravioleta.

La Figura 23 es una vista en sección transversal lateral de un aparato de secado de acuerdo con una decimoquinta modalidad ilustrativa de la presente invención.

25 La Figura 24 es una vista en sección transversal lateral de un aparato de secado de acuerdo con una decimosexta modalidad ilustrativa de la presente invención.

La Figura 25 es una vista detallada lateral de un ala montada en un transductor ultrasónico del aparato de secado de la Figura 24.

30 Descripción detallada de las modalidades ilustrativas

La presente invención se define por el método de la reivindicación 1. Los aparatos descritos a continuación son modalidades ilustrativas de tales aparatos y no son parte de la invención reivindicada.

35 Con referencia ahora a las figuras de los dibujos, las Figuras 1 - 5 muestran un aparato de secado 10 de acuerdo con una primera modalidad ilustrativa de la presente invención. El aparato de secado 10 incluye un recinto de suministro de aire 12, un recinto de retorno de aire 14 y al menos un transductor ultrasónico 16. El transductor ultrasónico 16 suministra oscilaciones acústicas 18 (es decir, pulsos de ondas de presión acústica) acopladas con aire ambiente o calentado 22 sobre la capa límite de un material 20 que se seca mientras el recinto de suministro 12 suministra un flujo de aire calentado 22 sobre el material, y el recinto de retorno 14 aspira el aire húmedo 24 lejos del material. El recinto de suministro de aire 12 tiene una entrada de aire 26 y al menos una salida de aire 28, y el recinto de retorno de aire 14 tiene al menos una entrada de aire 30 y una salida de aire 32. En las modalidades comerciales típicas, los recintos de suministro y retorno 12 y 18 están hechos de metal (por ejemplo, chapa metálica), aunque se pueden usar otros materiales.

45 El material 20 a secar puede ser cualquiera de una amplia gama de materiales, dependiendo de la aplicación. Por ejemplo, en las aplicaciones de impresión, el material a secar es tinta sobre papel, cartón, plástico, tela, etc., y para el equipo de procesamiento de alimentos, el material es alimento. Por lo tanto, el material 20 puede ser cualquier sustancia u objeto para el que se desee el calentamiento y secado.

50 En la modalidad representada, el material 20 se transporta por debajo del aparato 10 mediante un sistema transportador convencional 34. En las modalidades alternativas, el material 20 se transporta en un acoplamiento operativo con el aparato 10 mediante otro dispositivo y/o el aparato se mueve con relación al material.

55 Un flujo de aire forzado de estado continuo 21 se suministra al recinto de suministro 12 bajo presión positiva mediante un dispositivo de movimiento de aire 50 que está conectado a la entrada de aire 26 mediante un conducto de aire 52 (ver la Figura 5). Y el flujo de aire de retorno 24 se aleja del material 20 bajo la influencia de un dispositivo de movimiento de aire que está conectado a la salida de aire del recinto de retorno 30 mediante un conducto de aire. Como tal, el recinto de suministro 12 es una cámara de presión positiva y el recinto de retorno 14 es una cámara de presión negativa. Los dispositivos de movimiento de aire 50 pueden estar provistos de ventiladores, sopladores o compresores convencionales, y los conductos de aire 52 pueden estar provistos de tuberías metálicas convencionales. En las modalidades alternativas, los dispositivos de movimiento del aire se proporcionan integralmente como partes del aparato 10, por ejemplo, con el transportador de aire colocado dentro del recinto de suministro 12 y el transportador de aire de retorno colocado dentro del recinto de retorno 14.

65

En las modalidades comerciales típicas, el flujo de aire de entrada de estado continuo 21 se precalienta mediante una fuente de calor 54 que se coloca cerca del aparato 10 y se conecta a la entrada 26 del recinto de suministro (véase la Figura 5). En algunas modalidades alternativas, se incluye una fuente de calor en el recinto de suministro 12, además de o en lugar del precalentador. Y en las modalidades alternativas para aplicaciones en las que no se requiere calor o se requiere relativamente poco calor para el secado necesario, el flujo de aire 21 no se calienta antes de suministrarse sobre el material 20. En tales modalidades, las fuerzas de fricción resultantes del funcionamiento del transductor neumático ultrasónico 16 pueden generar temperaturas de por ejemplo aproximadamente 150 F, que en algunas aplicaciones es suficiente que no se necesite un precalentador. Y en algunas modalidades sin calentamiento, el aparato 10 puede no estar provisto del recinto de retorno 14.

El recinto de suministro 12, el alojamiento de retorno 14 y el transductor ultrasónico 16 de la modalidad representada están dispuestos para un aislamiento térmico mejorado del flujo de aire de suministro calentado 21. En particular, el recinto de suministro 12 se coloca dentro del recinto de retorno 14 de manera que el aire de retorno húmedo y cálido 24 en el recinto de retorno ayuda a reducir la pérdida de calor por el aire calentado 21 en el recinto de suministro. El transductor ultrasónico 16 se coloca en la salida de aire 28 del recinto de suministro y se extiende a través del recinto de retorno 14. En las modalidades alternativas en las que el calentador se coloca dentro del recinto de suministro, solo la porción del recinto de suministro que lleva aire caliente se coloca dentro del recinto de retorno. En otras modalidades alternativas, el recinto de suministro y el recinto de retorno se colocan en una disposición lado a lado con el recinto de suministro colocado por delante del recinto de retorno con respecto al material en movimiento. Y aún en otras modalidades alternativas, el aparato incluye una pluralidad de recintos de suministro, recintos de retorno y transductores ultrasónicos dispuestos de manera concéntrica, lado a lado o de otro modo.

El transductor ultrasónico 16 de la modalidad representada es un transductor ultrasónico neumático alargado, la salida de aire 28 del recinto de suministro 14 tiene forma de ranura, y el transductor se coloca en la salida de aire de manera que todo el flujo de aire en estado estacionario 21 es forzado a través del transductor. De esta manera, el flujo de aire calentado 22 y las oscilaciones acústicas 18 se suministran juntas sobre el material 20. En las modalidades alternativas, el tamaño y la forma del transductor ultrasónico 16 y la salida de aire del recinto de suministro 28 se seleccionan de manera que parte del flujo de aire calentado 21 no se enrute a través del transductor ultrasónico, sino que se enrute alrededor de este y a través del mismo u otra salida de aire. En otras modalidades alternativas, el aparato 10 incluye una pluralidad de transductores ultrasónicos neumáticos 16 (alargados o no) y el recinto de suministro 14 incluye una pluralidad de salidas de aire 28 (con forma de ranura o no) para los transductores.

El transductor ultrasónico 16 representado en las Figuras 3 y 4 incluye dos paredes 36 y dos tapas de extremo 38 que mantienen las paredes en su lugar separadas una de la otra para formar un paso de aire 40. Cada una de las paredes 36 tiene una superficie interna 42 con dos ranuras 44 en ellas que se extienden a lo largo de toda la pared, con las ranuras de una pared orientadas opuestas hacia las ranuras de la otra pared. Cuando el flujo de aire en estado estacionario 21 es forzado a través del paso 40, las ranuras 44 inducen las oscilaciones acústicas 18 en el flujo de aire 22 que sale del transductor 16. El transductor 16 representado está diseñado para funcionar para producir de manera rentable ciertos niveles de decibeles deseados, como se describe a continuación.

En las modalidades alternativas, el transductor ultrasónico 16 tiene más o menos ranuras, ranuras más profundas o menos profundas, ranuras con formas diferentes, una mayor separación entre las ranuras en la misma pared, y/o una mayor separación entre las paredes. En otras modalidades alternativas, el transductor ultrasónico 16 tiene un paso de aire en forma de U que induce las oscilaciones acústicas. Y aún en otras modalidades alternativas, el transductor ultrasónico 16 está provisto de otro diseño de transductor neumático y/o de un transductor ultrasónico de funcionamiento eléctrico.

El transductor ultrasónico 16 funciona para producir oscilaciones acústicas ultrasónicas de frecuencia fija en el rango de presión de sonido de aproximadamente 120 dB a aproximadamente 190 dB en la superficie de la interfaz del material 20 que se está tratando. Preferentemente, el transductor ultrasónico 16 se diseña para producir oscilaciones acústicas en el rango de presión de sonido de aproximadamente 130 dB a aproximadamente 185 dB en la interfaz del material 20 a tratar, con mayor preferencia de aproximadamente 160 dB a aproximadamente 185 dB, y con la máxima preferencia de aproximadamente 170 dB a aproximadamente 180 dB. Estos son los niveles de decibeles en la superficie de la interfaz del material 20, no necesariamente el rango de nivel de decibeles de salida del transductor ultrasónico 16. En las modalidades comerciales típicas, el transductor ultrasónico 16 se selecciona para generar de hasta aproximadamente 170 a aproximadamente 190 dBs, aunque se podrían usar transductores de dB más altos o más bajos. Los transductores ultrasónicos que funcionan para producir estos niveles de decibeles no se comercializan y no se conocen por su uso en equipos de calefacción y secado comercializados.

El sonido (el ultrasonido es parte de este) se disipa con la segunda potencia a la distancia, de modo que cuanto más cerca esté el transductor ultrasónico del material, más bajo puede ser el nivel de dB en el rango de dB generado por el transductor. Muchas aplicaciones, por la naturaleza del proceso, requieren una distancia de transductor a material de aproximadamente 10 mm a aproximadamente 100 mm. Cuanto mayor sea la distancia,

## ES 2 731 654 T3

mayor será el nivel de dB que debe generar el transductor ultrasónico para obtener el nivel de dB necesario en la superficie de la interfaz del material. Además, los niveles de dB por encima del extremo alto del rango de dB se podrían usar en algunas aplicaciones, pero generalmente los transductores más grandes que se necesitarían no son tan rentables y el nivel de sonido sería tan alto que los humanos no podrían estar presentes de manera segura o al menos cómodamente en el área de trabajo.

Como se muestra en la Figura 5, el transductor ultrasónico 16 se coloca con su salida 46 (desde donde se emite el ultrasonido) separado de la superficie de la interfaz del material 20 que se seca a una distancia D. La distancia D es de aproximadamente  $(\lambda)(n/4)$ , donde " $\lambda$ " es la longitud de onda de las oscilaciones ultrasónicas 18 y " $n$ " es preferentemente un número entero impar (1, 3, 5, 7, etc.). De esta manera, cuando las oscilaciones ultrasónicas 18 alcanzan la superficie de la interfaz del material 20, estas están aproximadamente a la amplitud máxima A, que maximiza la alteración de la capa límite y resulta en tasas de evaporación del agua/solvente aumentadas. Para oscilaciones de frecuencia relativamente más baja, la distancia D es preferentemente tal que " $n$ " es 1 o 3, y con la máxima preferencia tal que " $n$ " es 1, de manera que la distancia D se minimiza. Para oscilaciones de frecuencia relativamente más altas, " $n$ " puede ser un número entero impar mayor. En las modalidades alternativas que producen resultados viables, la distancia D es tal que " $n$ " está en el rango de más (+) o menos (-) ,5 de un número entero impar (0,5 a 1,5, 2,5 a 3,5, 4,5 a 5,5, 6,5 a 7,5, etc.). En otras palabras, las oscilaciones están en los rangos de 45 a 135 grados, 225 a 315 grados, etc. En otras modalidades alternativas que producen resultados factibles, la distancia D es tal que " $n$ " está en el rango de más (+) o menos (-) ,25 de un número entero impar (es decir, 0,75 a 1,25, 2,75 a 3,25, 4,75 a 5,25, 6,75 a 7,25, etc.). En otras palabras, las oscilaciones están en los rangos de 67,5 a 157,5 grados, 247,5 a 337,5 grados, etc. De esta manera, cuando las oscilaciones ultrasónicas 18 alcanzan la superficie de la interfaz del material 20, aunque estos no están a la máxima amplitud A, estos están lo suficientemente cerca (y dentro de los rangos de decibeles factibles y/o preferidos) para la alteración de la capa límite aceptable.

Para que el transductor ultrasónico 16 esté separado del material 20 de esta manera, el aparato 10 puede estar provisto de una superficie de registro que fija la distancia D. Por ejemplo, la superficie de registro puede estar provista de una hoja plana y el material 20 se puede transportar a través de ella en una cinta transportadora accionada por rodillos de tracción antes y después de la hoja. O la superficie de registro puede estar provista de uno o más rodillos que soportan el material directamente, por una cinta transportadora que soporta el material 20, o por otra superficie conocida por los expertos en la técnica. En cualquier caso, la superficie de registro está separada la distancia D del transductor ultrasónico 16 (o colocada ligeramente más allá de la distancia D del transductor ultrasónico para tener en cuenta el grosor del material 20 y la cinta transportadora). Las modalidades sin una superficie de registro se usan típicamente cuando el material es basado en trama, de otra manera autoportado, o tensado por mecanismos de tensión convencionales.

Además, el aparato puede estar provisto de un mecanismo de ajuste para ajustar la distancia entre el transductor ultrasónico 16 y el material 20. El mecanismo de ajuste puede ser proporcionado por dispositivos convencionales tales como engranajes de cremallera y piñón, engranajes de tornillo o similares. El mecanismo de ajuste puede estar diseñado para mover el recinto de suministro de aire 12, el recinto de retorno de aire 14 y el ensamble del transductor ultrasónico 16 más cerca del material, para mover el material más cerca del transductor ultrasónico, o ambos.

Para producir de manera consistente los niveles de decibeles precisos en la superficie de la interfaz del material 20, se proporciona un método para calibrar el aparato 10. Primero, la distancia D se calcula en función de la frecuencia del transductor ultrasónico seleccionado 16. Por ejemplo, un transductor ultrasónico 16 con una frecuencia de funcionamiento de 33 000 Hz tiene una longitud de onda de aproximadamente ,33 pulgadas a una temperatura fija, por lo que las distancias aceptables D incluyen  $(,33)(3/4)$  es igual a ,25 pulgadas y  $(,33)(5/4)$  es igual a ,41 pulgadas, según la fórmula D es igual a  $(\lambda)(n/4)$ . De manera similar, un transductor ultrasónico 16 con una frecuencia de funcionamiento de 33 kHz tiene una longitud de onda de aproximadamente ,41 pulgadas, por lo que las distancias aceptables D incluyen  $(,41)(3/4)$  es igual a ,31 pulgadas y  $(,41)(5/4)$  es igual a ,51 pulgadas.

Luego, el transductor ultrasónico 16 se coloca a la distancia calculada D desde el material 20 (o desde la cinta transportadora que transportará el material, o desde la superficie de registro). A continuación, se coloca un dispositivo de entrada de sonido (por ejemplo, un micrófono) en el material 20 (o en la cinta transportadora que transportará el material, o en la superficie de registro, o en la distancia D desde el transductor ultrasónico 16). El dispositivo de entrada de sonido está conectado a un acondicionador de señal. El dispositivo de entrada de sonido y el acondicionador de señal se utilizan para medir la onda de presión del aire (es decir, las oscilaciones acústicas 18) en psig y convertirla a decibeles (dB). Por ejemplo, a una temperatura de 120 F y una tasa de flujo de 35 pies/seg, una onda de sonido medida a 5 psig se convierte en 185 dB. Los micrófonos y acondicionadores de señal adecuados se comercializan por Endevco Corporation (San Juan Capistrano, California) y por Bruel & Kjer (Suiza).

Una vez que se ha determinado este nivel de decibeles de referencia, el aparato 10 se puede ajustar para lograr la máxima efectividad. Por ejemplo, el mecanismo de ajuste se puede ajustar para alterar la distancia predefinida D para ver si el nivel de decibeles aumenta o disminuye a la distancia modificada. Si disminuye, entonces la distancia preestablecida D fue precisa para producir la amplitud máxima A, y se usa esta distancia. Pero si

aumenta, entonces la distancia alterada D se usa como la nueva línea de base y la distancia se ajusta nuevamente. Este proceso de ajuste fino se repite hasta que se encuentra la amplitud máxima A dentro del rango de diseño.

Además, debido a que la modalidad representada incluye un transductor ultrasónico de tipo neumático 16, este puede funcionar para producir los niveles de decibeles deseados ajustando la velocidad de flujo del flujo de aire de entrada de estado continuo 21. Entonces, si el nivel de decibeles de la línea de base no está en el rango deseado, entonces la velocidad del flujo de aire de entrada 21 se puede ajustar (por ejemplo, aumentando la velocidad del ventilador o soplador) hasta que el nivel de decibeles esté en el rango deseado. Se puede aplicar exactamente el mismo procedimiento a los transductores ultrasónicos accionados con energía eléctrica. Se pueden hacer ajustes similares con un amplificador de señal, cuando se usan transductores ultrasónicos de base eléctrica.

La Tabla 1 muestra los datos de prueba que demuestran la mayor eficacia resultante del aparato 10. Los datos de prueba en la Tabla 1 se generaron usando el aparato 10 de las Figuras 1-5, y los datos son los promedios de sesenta pruebas.

Tabla 1						
Distancia (pulgadas)	$\Delta$ Presión (pulg. H2O columna)	Temp. (F)	Velocidad (pie/min)	Eliminación de agua (arams)		Factor de Mejora
				a 169 dB	a 175 dB	
0,6	4,3	160	30	8,16	13,88	1,7
0,6	4,3	160	60	3,99	11,58	2,9
0,6	4,3	160	90	3,19	7,02	2,2

La "Distancia" es la distancia D entre el transductor ultrasónico 16 y el material 20, en pulgadas. La "Presión  $\Delta$ " es la caída de presión diferencial en la línea de suministro de aire en ambos experimentos, medida en pulgadas de columna de agua, lo que representa que la misma cantidad de aire se suministró a través del secador acústico y del secador no acústico a la misma temperatura. La presión diferencial del aire corresponde a la cantidad de aire suministrado por el soplador regenerativo, fue la misma en ambos casos, por lo que la única diferencia entre dos series de experimentos fue el ultrasonido. La medición de la presión diferencial en la línea de suministro de aire es el método más preciso y económico para medir la cantidad de aire suministrado por el soplador. La "Temp." es la temperatura del aire de entrada en estado estable 21. La "Velocidad" es la velocidad del transportador (es decir, la velocidad del material 20 que pasa por debajo del transductor ultrasónico 16). La "Eliminación de agua" es la cantidad de agua eliminada por el aparato 10, primero cuando se hace funcionar a una tasa de flujo de aire, de modo que el transductor ultrasónico 16 produce oscilaciones acústicas 18 en la superficie de la interfaz del material 20 de 169 dB y luego de 175 dB. Como puede verse, se proporciona una mejora notable al hacer funcionar el aparato 10 de modo que produce oscilaciones acústicas de 175 dB en la superficie de la interfaz del material 20 en lugar de 169 dB.

La Figura 6 muestra un aparato 110 de acuerdo con una segunda modalidad ilustrativa, con el aparato incluido en un sistema de impresión 148 que incluye adicionalmente otros componentes conocidos por los expertos en la técnica. En esta modalidad, el aparato 110 incluye dos recintos de suministro 112, un recinto de retorno 114 con una salida de escape 130 y dos transductores ultrasónicos 116. Además del aparato 110, el sistema de impresión 148 incluye un dispositivo de movimiento de aire 150 (por ejemplo, un ventilador, soplador o compresor), conductos de aire 152 y un calentador 154, que cooperan para suministrar aire caliente de estado continuo al aparato. Se proporciona un conducto de derivación del calentador 156 para trabajos de impresión en los que no se necesita precalentamiento. El sistema 148 también incluye un bloque de impresión 158 para aplicar tinta (o pintura, tinte, etc.) a los artículos (por ejemplo, etiquetas, empaques) formando así el material 120 a secar, y un sistema transportador 134 para suministrar el material al aparato 110 para secar la tinta sobre los artículos. En las modalidades comerciales típicas, el sistema transportador 134 está diseñado para funcionar a velocidades de aproximadamente 150-1000 pies/min.

La Figura 7 muestra una serie de aparatos 210 de acuerdo con una tercera modalidad ilustrativa, con el aparato incluido en un sistema de impresión 248 que incluye adicionalmente otros componentes conocidos por los expertos en la técnica. En esta modalidad, el aparato 210 incluye cinco recintos de suministro 212 que tienen cada uno al menos un transductor ultrasónico 216. Además del aparato 210, el sistema de impresión 248 incluye un dispositivo de movimiento de aire (no mostrado), conductos de aire 252 que conectan el aparato al transportador de aire, y la válvula de control 260. El sistema de impresión 148 también incluye un sistema transportador 234 para transportar el material 220 más allá del aparato 210. La válvula 260 puede controlarse para hacer funcionar todos o solo los elementos seleccionados del aparato 210 para localizar el secado, dependiendo del trabajo particular en cuestión. Por ejemplo, en algunos trabajos de impresión solo se debe secar una porción del material 220 (por ejemplo, cuando la tinta no se aplica a toda la superficie de un contenedor o etiqueta), y en algunos trabajos de impresión



el material puede ser de un tamaño típico más pequeño, por lo que algunas de las válvulas 260 se pueden desactivar para apagar el aparato 210 que no se necesita para el trabajo.

5 La Figura 8 muestra un aparato 310 de acuerdo con una cuarta modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 310 es similar al de la primera modalidad, ya que incluye un recinto de retorno 314 con una pluralidad de entradas de aire de retorno 332 y una salida de aire 330, y al menos un recinto de suministro dentro del recinto de retorno. Sin embargo, en esta modalidad, el aparato 310 incluye tres recintos de suministro, con un recinto de suministro de aire dedicado 312a que tiene una salida de aire 328a y con dos recintos de suministro acústicos 312b que tienen cada uno al menos una salida de aire 328a y al menos un transductor ultrasónico 316. El recinto de suministro de  
10 aire dedicado 312a suministra aire en estado estacionario 322 a través de la salida de aire 328a y hacia el material. Y los recintos de suministro acústico 312b suministran oscilaciones acústicas 318 a través de las salidas de aire 328b y hacia el material. Los recintos de suministro acústico 312b se colocan inmediatamente antes y después (en relación con el material en movimiento) del recinto de suministro de aire dedicado 312a.

15 La Figura 9 muestra un aparato 410 de acuerdo con una quinta modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 410 es similar al de la cuarta modalidad, ya que incluye un recinto de retorno 414, un recinto de suministro de aire dedicado 412a y dos recintos de suministro acústico 412b, cada uno de los cuales tiene al menos un transductor ultrasónico 416. Sin embargo, en esta modalidad, los dos recintos de suministro acústico 412b están colocados en los extremos delantero y trasero (en relación con el material en movimiento) del recinto de retorno 414, es decir, al principio y al final de la zona de secado.

20 La Figura 10 muestra un aparato 510 de acuerdo con una sexta modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 510 es similar al de la primera modalidad, ya que incluye un recinto de retorno 514 con al menos una entrada de aire de retorno 532 y una salida de aire 530, un recinto de suministro 512 con al menos una salida de aire 528, y al menos un transductor ultrasónico 516 colocado dentro de la salida de aire del recinto de suministro. En esta  
25 modalidad, sin embargo, el recinto de suministro 512 no está colocado dentro del recinto de retorno 514; en su lugar, estos recintos están dispuestos en una configuración de lado a lado. Además, el transductor ultrasónico 516 incluye un conducto de salida direccional 517 que se extiende desde este para dirigir las oscilaciones acústicas con mayor precisión.

30 Además, un calentador eléctrico 554 está integrado o montado en el recinto de suministro 512 para aplicar calor directamente al material en lugar de (o además de) precalentar el aire que se suministrará al material. Por lo tanto, la función del aire forzado a través del transductor ultrasónico 516 solo es ser portador del ultrasonido. El calentador eléctrico 554 se puede montar en la superficie inferior externa del recinto de suministro 512 o se puede montar  
35 dentro del recinto en la superficie inferior interior (siempre que la pared inferior del recinto tenga una conductividad térmica suficientemente alta). El calentador 554 puede ser de un tipo eléctrico convencional u otro tipo conocido por los expertos en la técnica.

40 La Figura 11 muestra un aparato 610 de acuerdo con una séptima modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 610 es similar al de la sexta modalidad, ya que incluye un recinto de suministro 612 que aloja al menos un transductor ultrasónico 616 y al menos un calentador 654. En esta modalidad, sin embargo, el aparato 610 no incluye un recinto de retorno para eliminar el aire húmedo. Esta modalidad es adecuada para aplicaciones en las que hay menos humedad para eliminar del material.

45 Además, el calentador 654 de esta modalidad incluye un elemento de calentamiento interno 654a y un elemento de calentamiento externo 654b montado en las superficies interior y exterior de la pared inferior del recinto de suministro 612 (véase la Figura 11A). Los elementos de calentamiento interno y externo 654a y 654b pueden estar provistos de placas conductoras térmicas (por ejemplo, de aluminio) con calentadores de resistencia integrados. Además, el recinto de suministro 612 incluye salidas de aire 628 para suministrar aire en estado estacionario al  
50 material por separado de las oscilaciones acústicas suministradas por el transductor ultrasónico 616. Estas salidas de aire 628 en el recinto de suministro 612 se extienden a través de ambos elementos de calentamiento 654a y 654b. Esta modalidad del calentador proporciona calentamiento bidireccional al aire dentro del recinto de suministro 612 (calor de convección) y directamente al material (calor radiante). En las modalidades alternativas, uno de los elementos de calentamiento puede proporcionarse en lugar de la pared inferior del recinto de suministro, duplicándose así como una pared de la cámara y un calentador.

55 Las Figuras 12 y 13 muestran un aparato 710 de acuerdo con una octava modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 710 es similar al de la séptima modalidad, ya que incluye un recinto de suministro 712 con una entrada de aire 726 y una pluralidad de salidas de aire 728 definidas en el recinto de suministro y con una pluralidad de transductores ultrasónicos 716 montados en el recinto de suministro. El aire en estado estacionario 721 es forzado a través de la entrada de aire 726, al interior del recinto 712, y hacia fuera de las salidas de aire 728 hacia el material 720, y los transductores ultrasónicos 716 suministran las oscilaciones acústicas 718 hacia el material 720 sobre la capa límite.

65 En esta modalidad, sin embargo, los transductores ultrasónicos 716 son transductores ultrasónicos de funcionamiento eléctrico. Dichos transductores ultrasónicos se comercializan (con personalizaciones para los

niveles de decibeles deseados descritos en la presente descripción) por ejemplo por Dukane Corporation (St. Charles, Illinois). Los transductores ultrasónicos eléctricos 716 pueden montarse en la superficie exterior de la pared inferior 711 del recinto de suministro 712 o colocarse dentro de aberturas en la pared inferior.

5 Además, los transductores ultrasónicos 716 y las salidas de aire 728 están dispuestos en una matriz en el recinto de suministro 712, preferentemente en una disposición alterna repetitiva y también preferentemente en una disposición escalonada con un desplazamiento para evitar puntos muertos (por ejemplo, con un desplazamiento de 30 grados). Los transductores ultrasónicos 716 y las salidas de aire 728 pueden ser circulares, aunque pueden proporcionarse en otras formas tales como formas rectangulares, ovaladas u otras formas regulares o irregulares.  
 10 Además, los transductores ultrasónicos 716 pueden tener un diámetro de aproximadamente 2 pulgadas, y las salidas de aire 728 pueden tener un diámetro de aproximadamente 0,4 a 0,8 pulgadas, aunque se pueden proporcionar en otros tamaños más grandes o más pequeños. Además, los transductores ultrasónicos 716 pueden separarse entre aproximadamente 1 y 50 diámetros, aunque se pueden usar separaciones más grandes o más pequeñas. El número de transductores ultrasónicos 716 y las salidas de aire 728 se seleccionan para proporcionar  
 15 el secado deseado para una aplicación dada, y en las modalidades comerciales típicas se proporcionan en números aproximadamente iguales en cualquier lugar dentro del rango de aproximadamente 1 a aproximadamente 100, dependiendo de las propiedades físicas de un transductor individual, es decir, su tamaño físico, el área de cobertura, etc.

20 La Figura 14 muestra un aparato 810 de acuerdo con una novena modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 810 es similar al de la octava modalidad, ya que incluye un recinto de suministro 812 con una pluralidad de salidas de aire 828 y con una pluralidad de transductores ultrasónicos 816. En esta modalidad, sin embargo, un calentador 854 está montado dentro del recinto de suministro 812 para calentar el aire antes que se suministre al material. El calentador 854 en esta modalidad puede ser de un tipo similar al proporcionado en las modalidades  
 25 de las Figuras 10 y 11, o puede ser de otro tipo de calentador eléctrico u otro tipo de calentador conocido.

La Figura 15 muestra un aparato 910 de acuerdo con una décima modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 910 es similar al de la octava modalidad, ya que incluye un recinto de suministro 912 con una pluralidad de salidas de aire 928 y con una pluralidad de transductores ultrasónicos 916. Sin embargo, en esta modalidad,  
 30 los transductores ultrasónicos 916 están montados dentro de las guías de onda 919 que están colocadas dentro del recinto de suministro 912 para enfocar/mejorar y dirigir las oscilaciones acústicas hacia el material. Las guías de ondas 919 están provistas preferentemente de conductos que tienen salidas 917 a través de la pared frontal del recinto de suministro 912 (más cerca del material a secar) y que se extienden por todo el trayecto a través (o al menos una porción sustancial del trayecto) del recinto de suministro. Y los transductores 916 se colocan  
 35 preferentemente adyacentes a la pared posterior (opuesto al material a secar) del recinto de suministro 912. Los conductos de las guías de onda 919 son preferentemente tubulares con una forma de la sección transversal (por ejemplo, circular) conformada a la de los transductores ultrasónicos 916. Los transductores ultrasónicos 916 pueden montarse en la superficie posterior interna del recinto de suministro 912 o pueden instalarse en las aberturas del recinto de suministro (de manera que formen esa porción de la pared del recinto). Esta modalidad compacta es particularmente útil en las aplicaciones en las que hay poco espacio para el aparato.  
 40

Las Figuras 16 y 17 muestran un aparato 1010 de acuerdo con una decimoprimer modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 1010 es similar al de la octava modalidad, ya que incluye un recinto de suministro 1012 con una pared inferior 1011 que tiene una pluralidad de salidas de aire 1028, y una pluralidad de transductores  
 45 ultrasónicos 1016 montados en el recinto. Sin embargo, en esta modalidad, el aparato 1010 incluye adicionalmente al menos un calentador 1054 de emisión de luz infrarroja. La modalidad representada, por ejemplo, incluye tres calentadores infrarrojos 1054. El calentador infrarrojo 1054 puede ser de un tipo convencional, por ejemplo, un cable de nicromo o un tipo de barra de carbono-sílice. El calentador infrarrojo 1054 se puede montar delante del recinto de suministro 1012 (entre el recinto de suministro y el material a secar, como se representa), dentro del  
 50 recinto de suministro, o incluso detrás de este. Además, el aparato incluye al menos un transportador de aire 1050, por ejemplo, los dos ventiladores representados, montados en la parte trasera del recinto de suministro 1012. Además de una mejor convección del calor de los calentadores infrarrojos 1054 hacia el material, el transportador de aire 1050 ayuda a enfriar el recinto de suministro 1012 (los calentadores infrarrojos convencionales generan temperaturas relativamente altas). Esta modalidad puede ser particularmente útil en aplicaciones en las que se  
 55 desea el calentamiento por infrarrojos, pero la pared superior/posterior del recinto de suministro 1012 puede que no supere una cierta temperatura (por ejemplo, secado a 175 F de materiales sintéticos porosos, tales como telas de filtro o textiles técnicos).

Las Figuras 18 y 19 muestran un aparato 1110 de acuerdo con una modalidad de una decimosegunda modalidad  
 60 ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 1110 es similar al de la decimoprimer modalidad, ya que incluye un recinto de suministro 1112 con una pluralidad de salidas de aire 1128 en su pared inferior 1111, una pluralidad de transductores ultrasónicos 1116 montados dentro de este, al menos un calentador infrarrojo 1154 montado dentro de este, y al menos un transportador de aire 1150 montado dentro de este. Esta modalidad independientemente puede ser particularmente útil en las mismas aplicaciones que para la modalidad de las Figuras 16 y 17, excepto que esta  
 65 modalidad proporciona una configuración más vertical que ahorra espacio de construcción para un diseño más

compacto. Dichas aplicaciones pueden incluir la impresión de mini empaques, etiquetas de correo y otros artículos para los cuales se desean tiempos de residencia cortos y compatibilidad del equipo.

5 Las Figuras 20 y 21 muestran un aparato 1210 de acuerdo con una decimotercera modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 1210 es similar al de la decimoprimer modalidad, ya que incluye una pluralidad de transductores ultrasónicos 1216 para generar ultrasonidos y al menos un calentador infrarrojo 1254 para generar calor. Sin embargo, en esta modalidad, el aire de estado estacionario no es forzado por un transportador de aire a través de un recinto con salidas de aire, y en su lugar el calentador infrarrojo 1254 genera por sí solo el flujo de  
10 aire calentado. Debido a que no existe un recinto de suministro, los transductores ultrasónicos 1216 están montados en otro elemento, tal como el panel reflector representado 1213. Esta modalidad puede ser particularmente útil en las aplicaciones para las cuales se requiere relativamente poco calentamiento y la conservación del espacio es una prioridad.

15 La Figura 22 muestra un aparato 1310 de acuerdo con una decimocuarta modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 1310 es similar al de la decimotercera modalidad, ya que incluye una pluralidad de transductores ultrasónicos 1316 montados en un panel 1313, sin aire en estado estacionario forzado por un transportador de aire a través de un recinto con salidas de aire. En su lugar, el aparato 1310 incluye al menos un emisor de UV 1354 para generar el flujo de aire calentado. La modalidad representada, por ejemplo, incluye tres emisores UV 1354. El calentador UV 1354 puede ser de un tipo convencional conocido por los expertos en la técnica. Esta modalidad  
20 puede ser particularmente útil en las aplicaciones para las cuales se requiere relativamente poco calentamiento, por ejemplo, secado de barnices UV especiales y recubrimientos UV a base de agua.

25 La Figura 23 muestra un aparato 1410 de acuerdo con una decimoquinta modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 1410 es similar al de la octava modalidad, ya que incluye un recinto de suministro 1412 con al menos una entrada de aire 1426 y al menos una salida de aire 1428 para suministrar aire forzado al material, y al menos un transductor ultrasónico 1416 para proporcionar oscilaciones acústicas al material. En la modalidad particular mostrada, el aparato 1410 incluye una serie de transductores ultrasónicos de funcionamiento eléctrico 1416. Sin embargo, en esta modalidad, los transductores ultrasónicos 1416 están montados dentro del recinto de suministro 1412 para establecer un campo de oscilaciones acústicas a través del cual pasa el aire forzado antes de alcanzar  
30 el material a secar. En la modalidad representada, por ejemplo, los transductores ultrasónicos 1416 están montados en una pared interior del recinto de suministro 1412 y no están orientados para dirigir las oscilaciones acústicas hacia la salida de aire 1428.

35 La Figura 24 muestra un aparato 1510 de acuerdo con una decimosexta modalidad ilustrativa. En esta modalidad, el aparato 1510 es similar al de la decimoquinta modalidad, ya que incluye un recinto de suministro 1512 con al menos una entrada de aire 1526 y al menos una salida de aire 1528, y al menos un transductor ultrasónico de funcionamiento eléctrico 1516 montado dentro del recinto de suministro para configurar un campo de oscilaciones acústicas a través del cual pasa el aire forzado antes de alcanzar el material a secar. En esta modalidad, sin embargo, el transductor ultrasónico 1516 está montado inmediatamente adyacente a la salida de aire 1528 y no está orientado para dirigir las oscilaciones acústicas hacia la salida de aire.  
40

45 La Figura 25 muestra un elemento de ala 1564 que puede montarse en el transductor ultrasónico de funcionamiento eléctrico 1516 de la modalidad de la Figura 25. El ala 1564 puede tener forma de disco (por ejemplo, para su uso con transductores ultrasónicos de funcionamiento eléctrico con forma de disco 1516), o puede estar provista de una pluralidad de brazos que se extienden radialmente mediante otra estructura con al menos un miembro que se aleja del transductor. El ala 1564 puede estar hecha de un material tal como acero, titanio u otro metal. Con el ala 1564 montada en el transductor ultrasónico eléctrico 1516, cuando se hace funcionar el transductor, induce vibraciones en el ala, dichas vibraciones mejoran las oscilaciones acústicas para una alteración más efectiva de la capa límite. Por lo tanto, las alas 1564 funcionan como amplificadores mecánicos, trabajando en resonancia con  
50 los transductores ultrasónicos eléctricos 1516 para aumentar la amplitud de la onda de presión ultrasónica. El ala 1564 puede incluirse en cualquiera de las modalidades ilustrativas, y sus modalidades alternativas, que incluyen transductores ultrasónicos de funcionamiento eléctrico.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de calibración de un aparato (10) para secar un material, que comprende colocar el material (20) y un transductor ultrasónico (16) del aparato de tal manera que una salida del transductor ultrasónico se ubique a una distancia (D) separada de una superficie de la interfaz del material de tal manera que la amplitud de las oscilaciones acústicas generadas por el transductor ultrasónico en la superficie de la interfaz del material está en el rango de aproximadamente 120 dB a aproximadamente 190 dB;  
5 calcular la distancia separada usando la fórmula  $(A)(n/4)$ ;  
colocar el transductor ultrasónico y el material a una distancia separada uno del otro;
- 10 colocar un dispositivo de entrada de sonido inmediatamente adyacente a la superficie de la interfaz del material;  
conectar operativamente el dispositivo de entrada de sonido a un acondicionador de señal;  
medir la presión de las oscilaciones acústicas en la superficie de la interfaz del material utilizando el dispositivo de entrada de sonido y el acondicionador de señal;  
15 convertir la presión medida en decibeles; y
- 15 volver a colocar el transductor ultrasónico en relación con el material y repetir las etapas de medición y conversión hasta que el nivel de decibeles en la superficie de la interfaz del material esté en el rango de aproximadamente 120 dB a aproximadamente 190 dB.
2. El método de la reivindicación 1, que comprende además colocar una superficie de registro para soportar el material a la distancia separada de la salida del transductor ultrasónico.
3. El método de la reivindicación 1, que comprende además dirigir aire forzado hacia el material.
4. El método de la reivindicación 1, que comprende además extraer aire húmedo del material, en donde el aire húmedo se extrae a través de un recinto de retorno de aire con al menos una entrada de aire y una salida de aire.
5. El método de calibración de la reivindicación 1, en donde el material y la salida del transductor ultrasónico están colocados a una distancia separados uno del otro de tal manera que la amplitud de las oscilaciones acústicas en la superficie de la interfaz del material está en el rango de aproximadamente 160 dB a aproximadamente 185 dB.

30

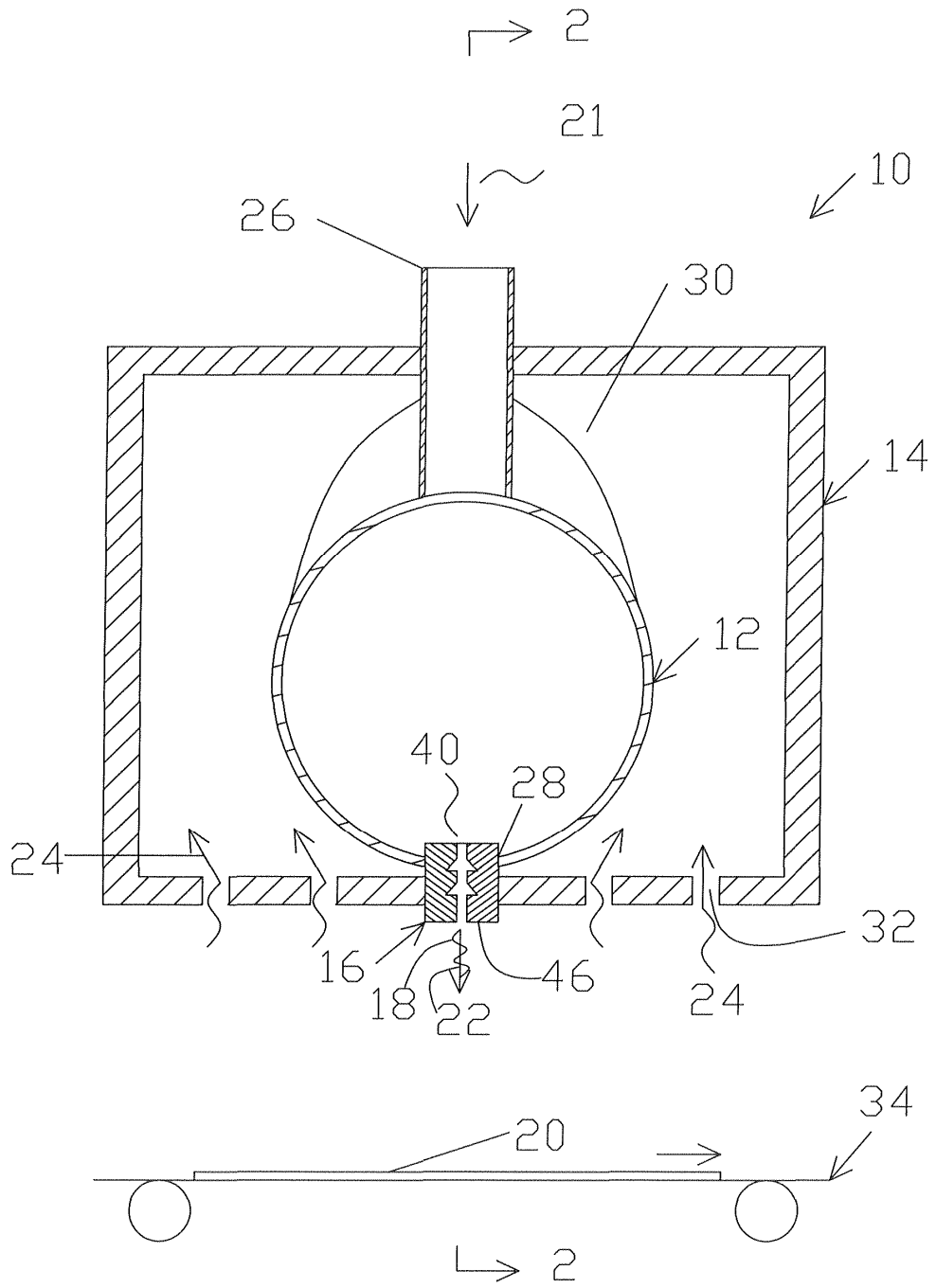


FIG.1

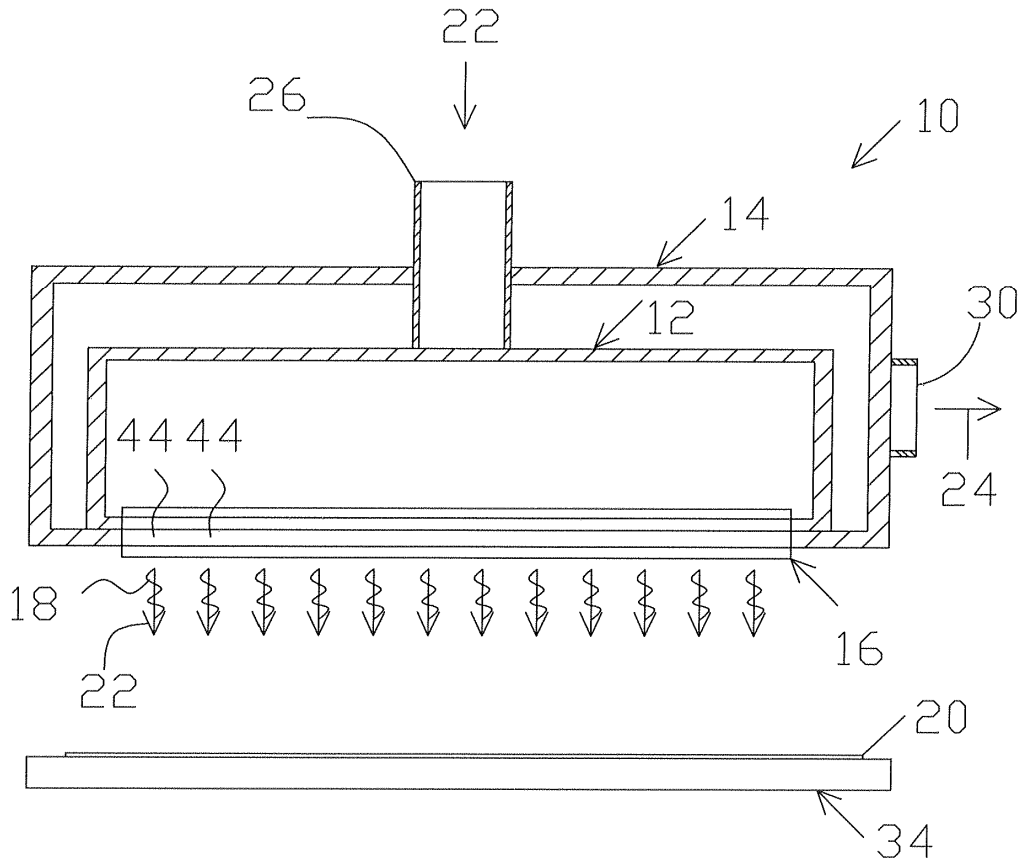


FIG.2

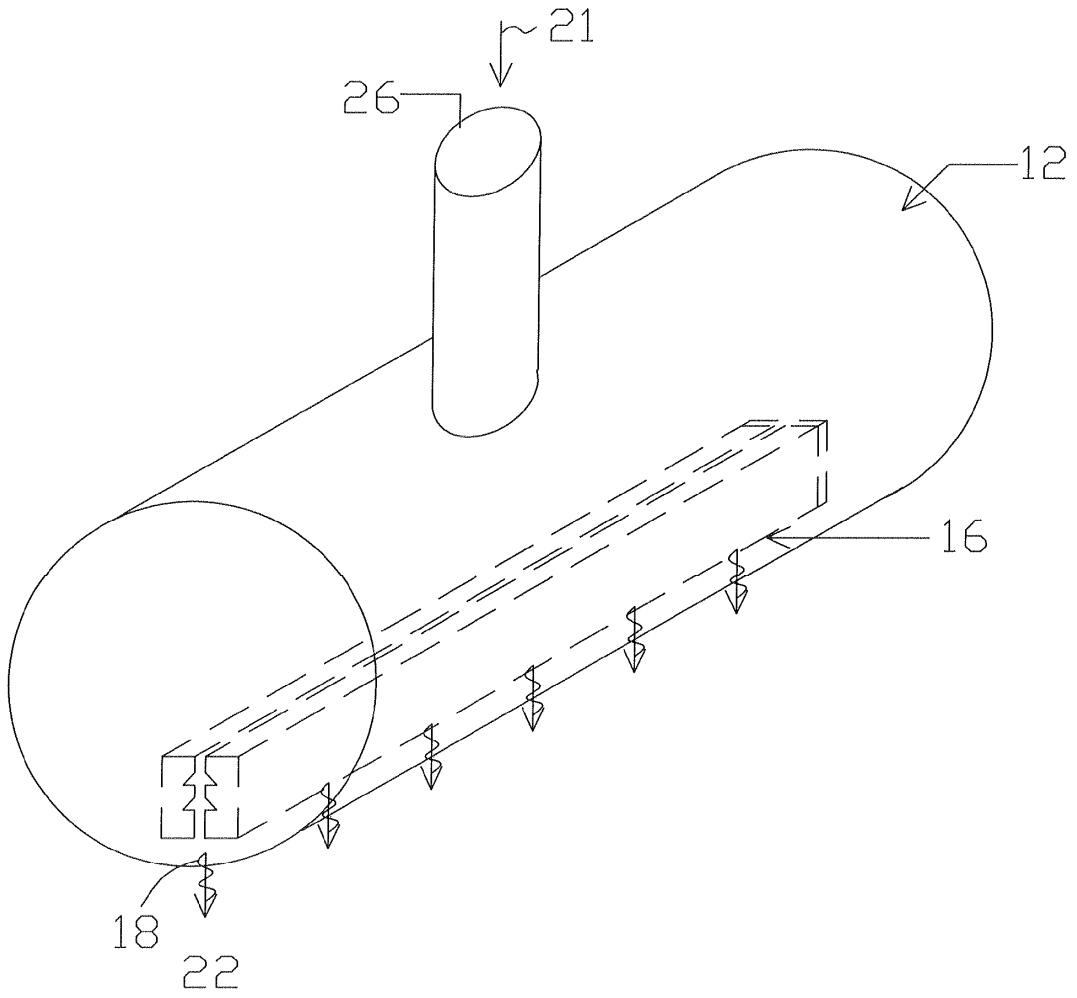


FIG.3

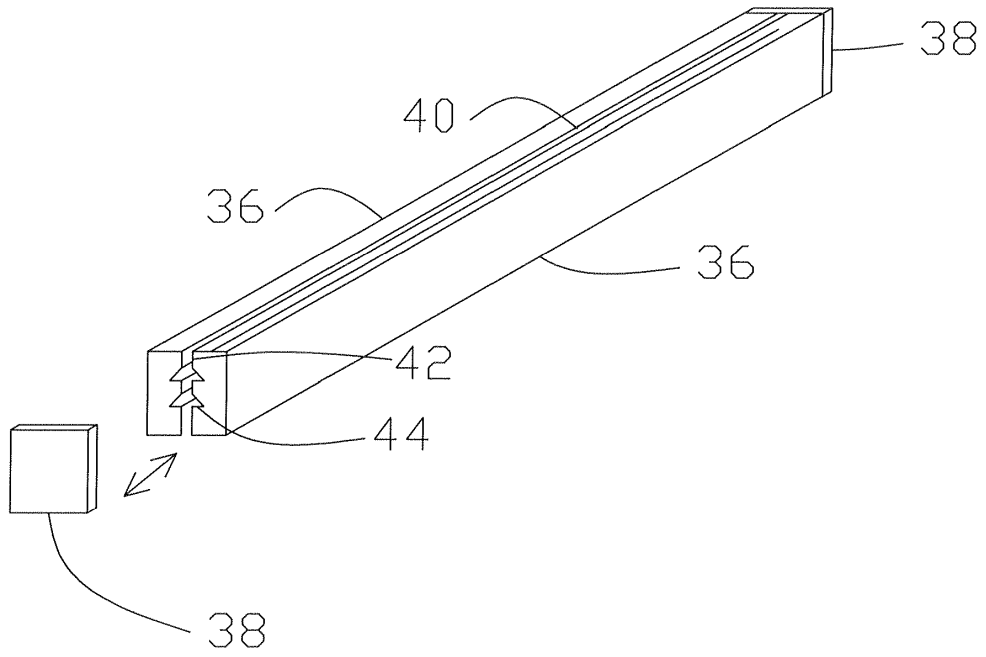


FIG.4



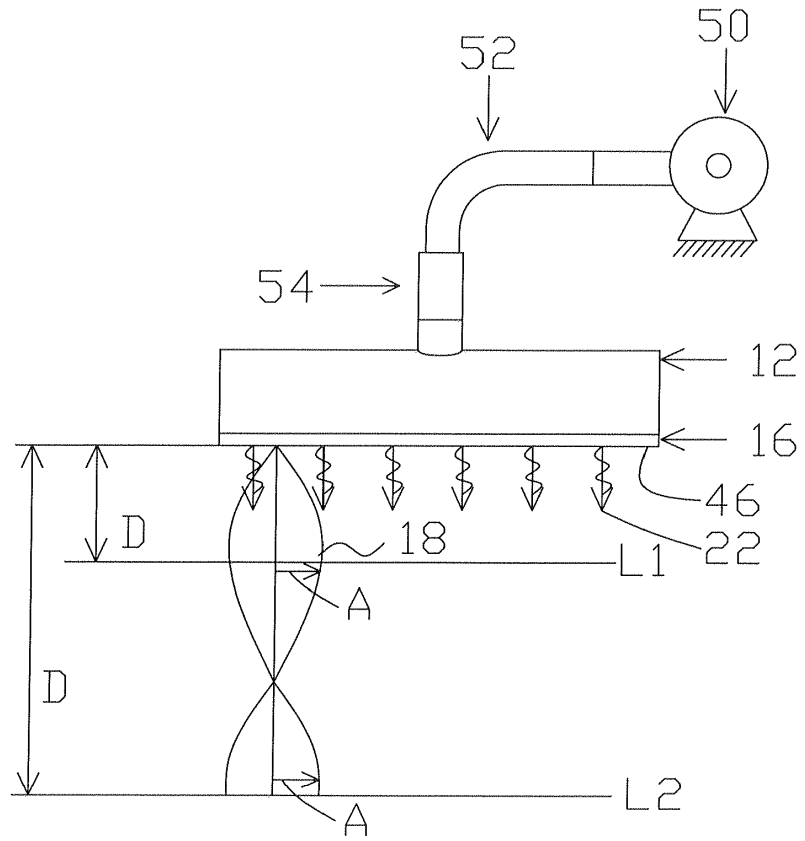


FIG.5

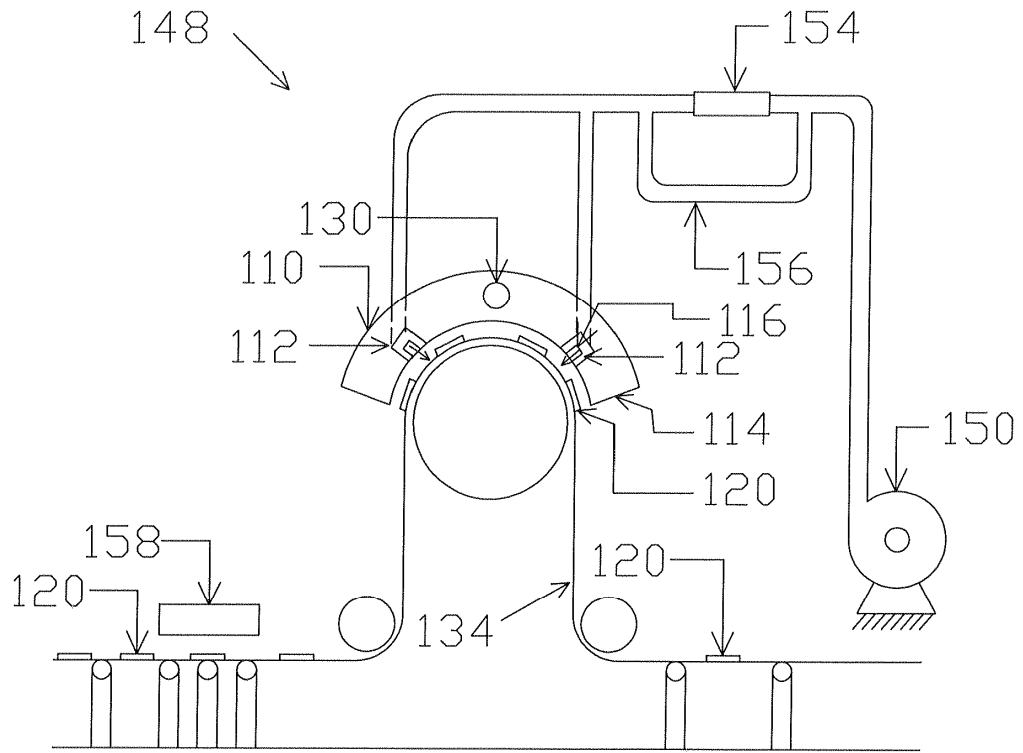


FIG.6

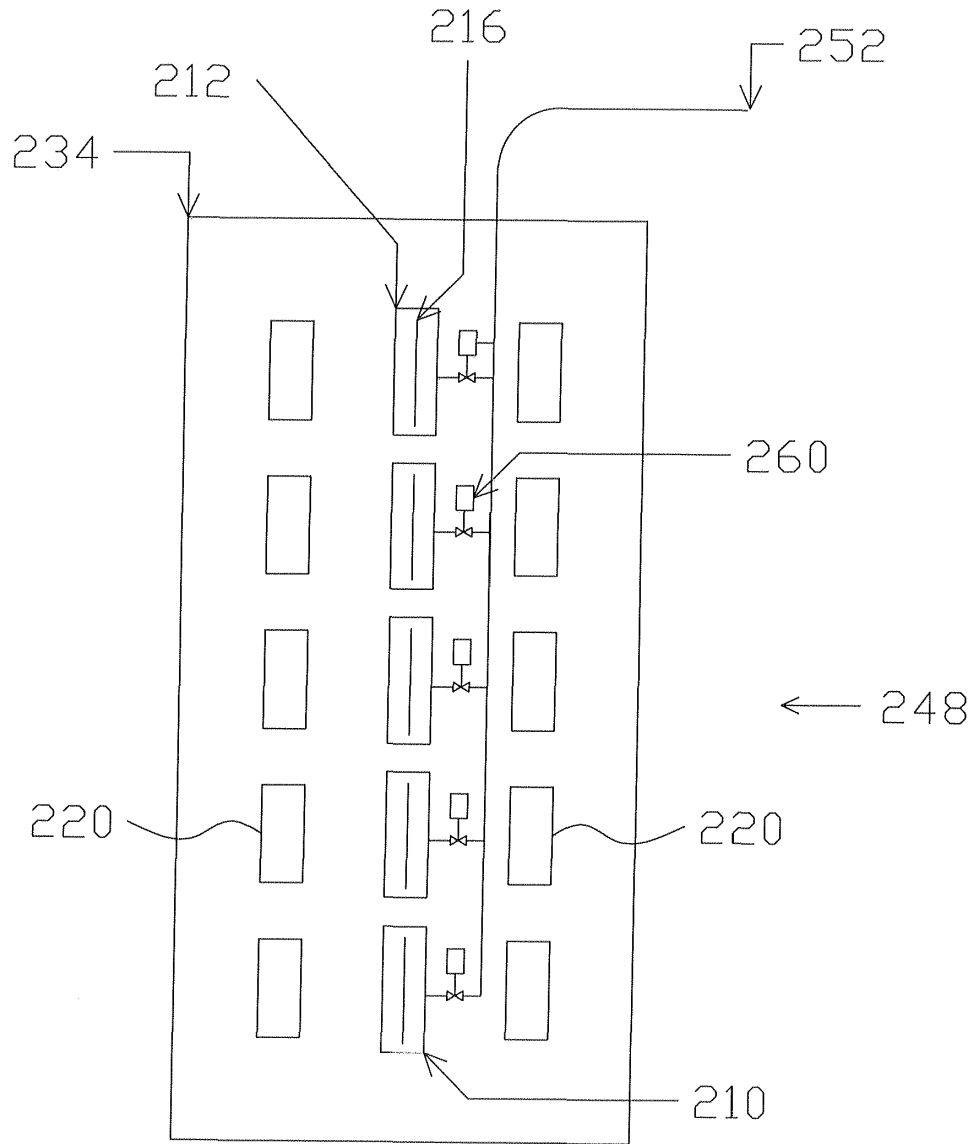


FIG.7

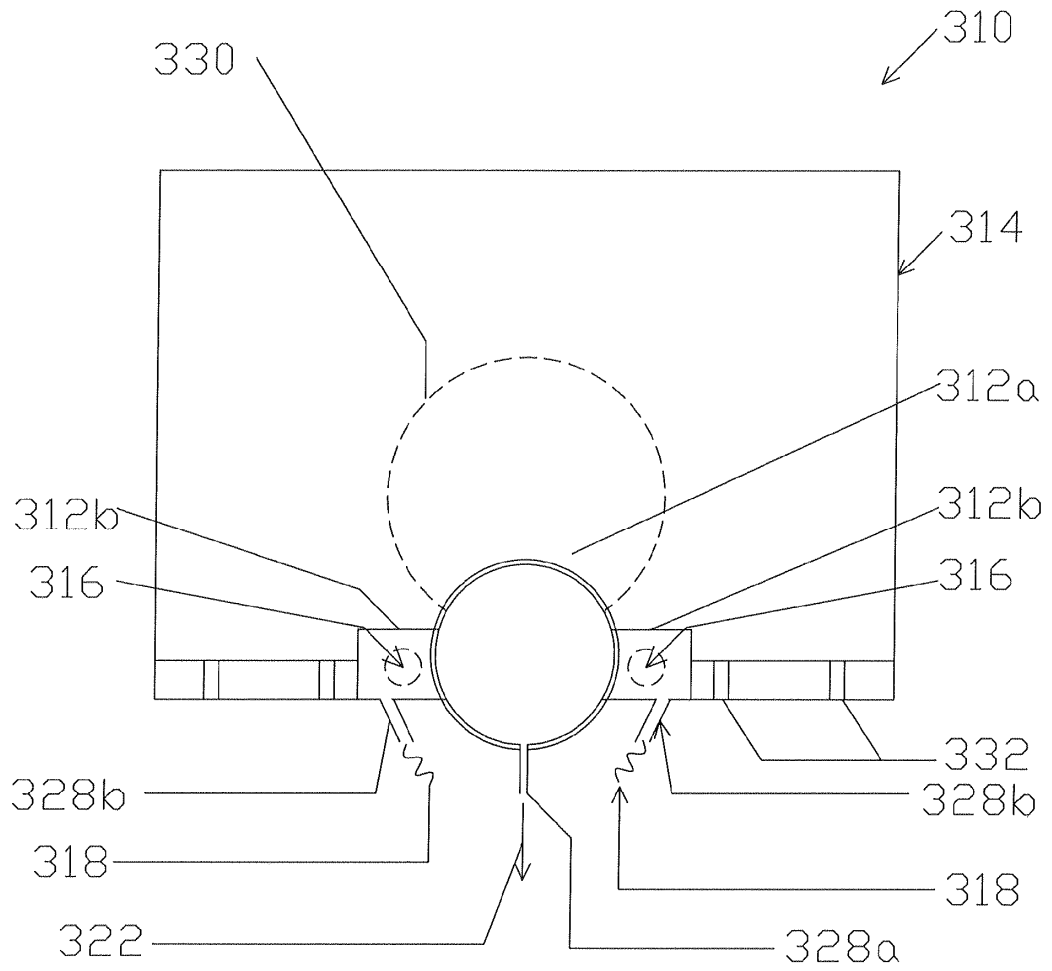


FIG.8

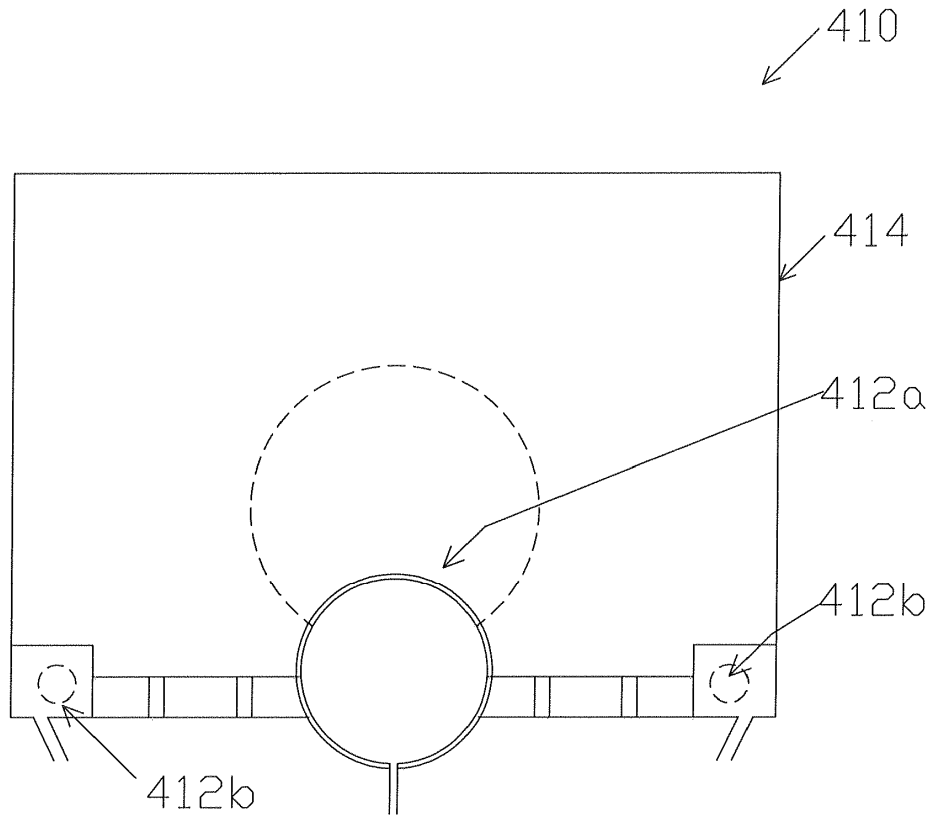


FIG.9

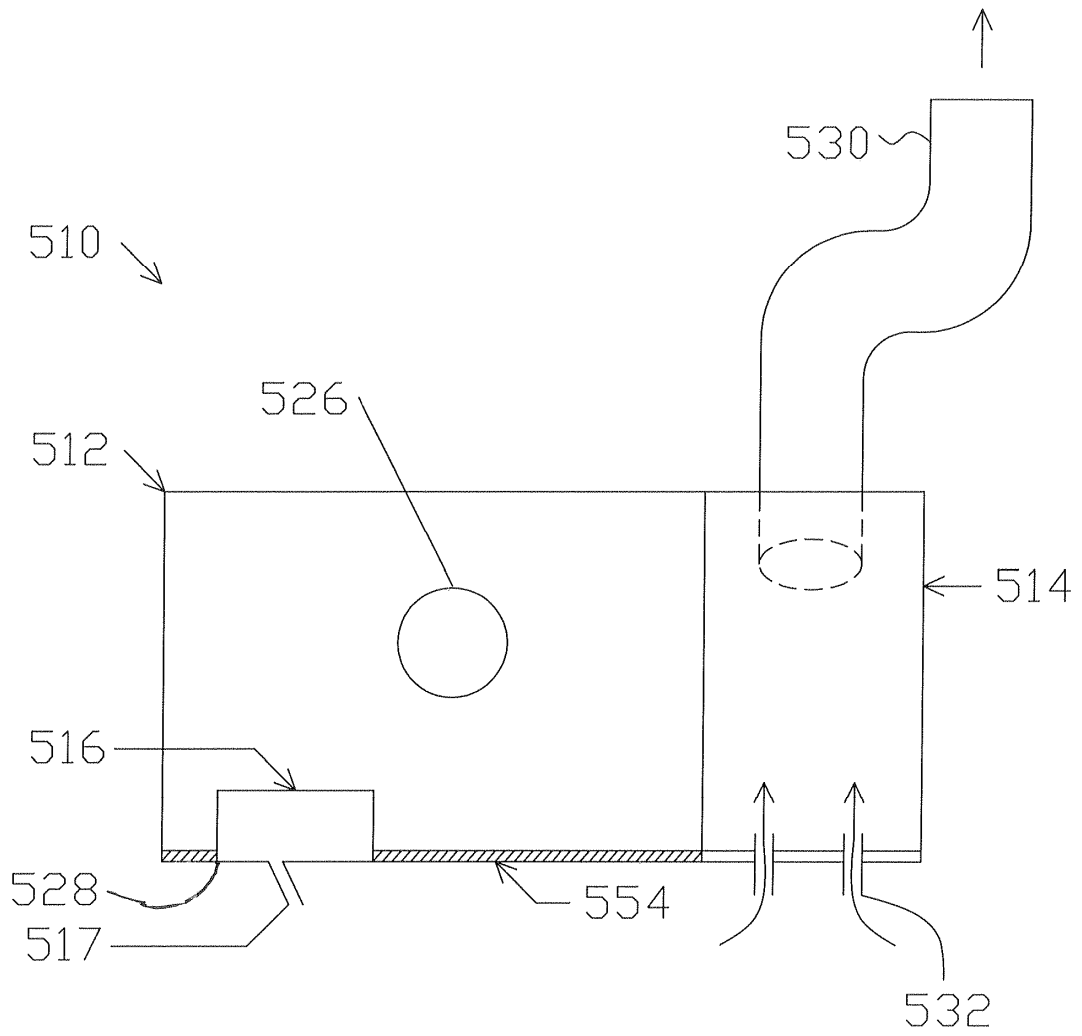


FIG.10

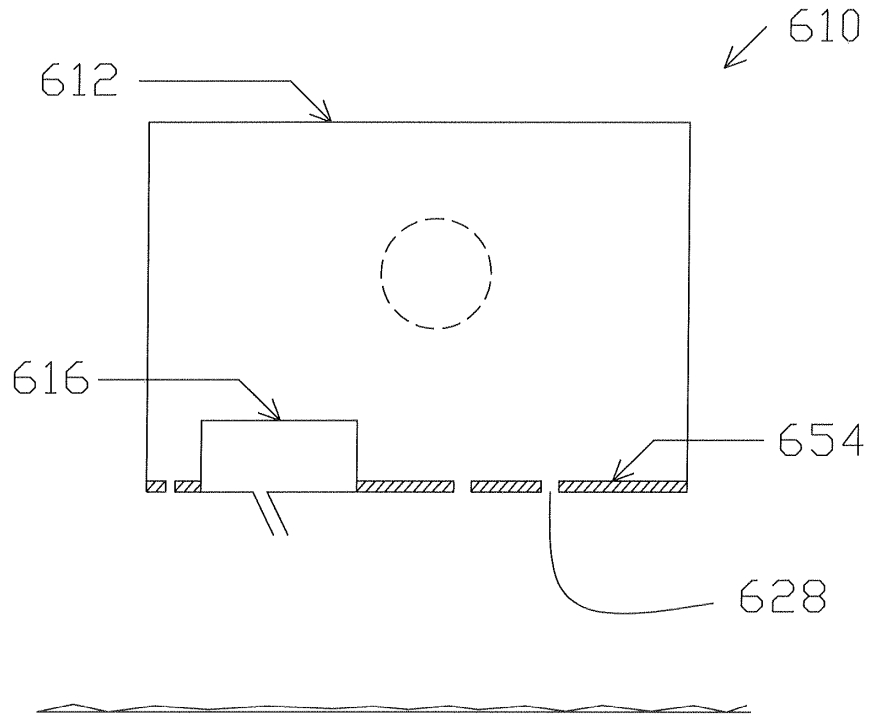


FIG.11

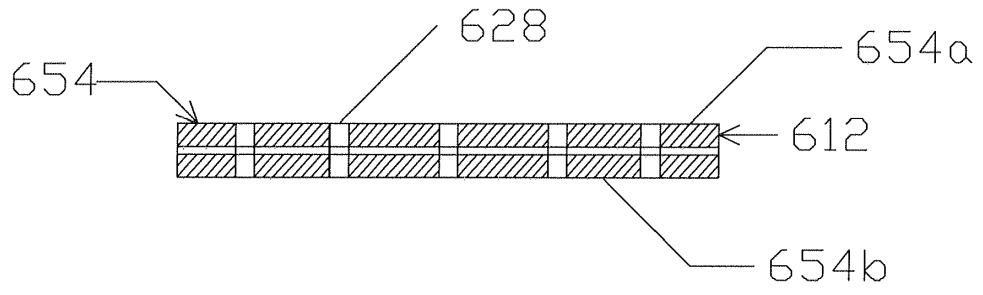


FIG.11a



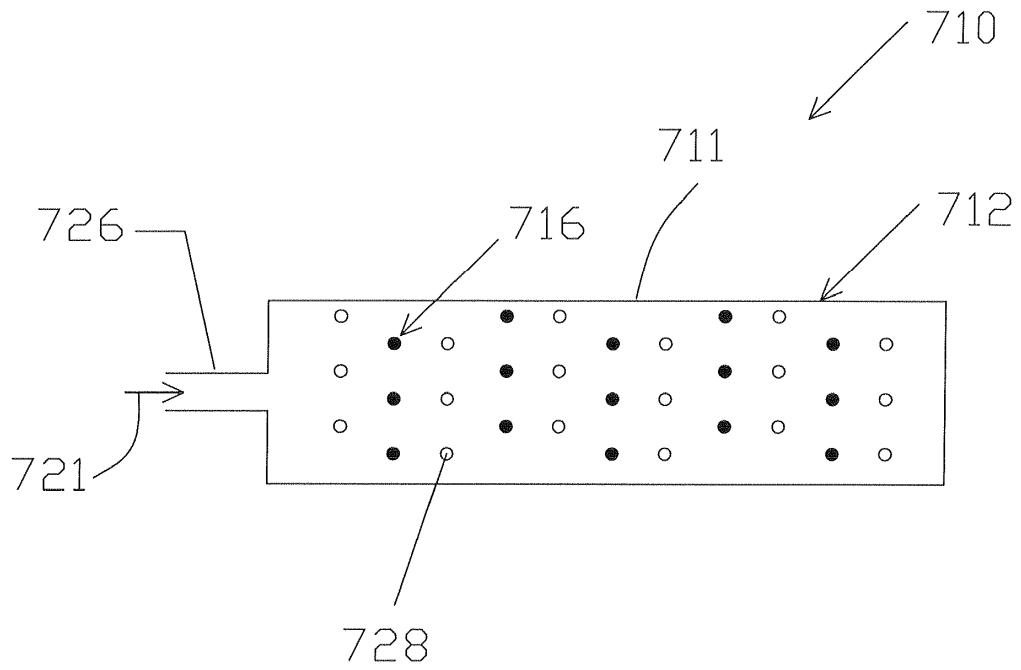


FIG.12

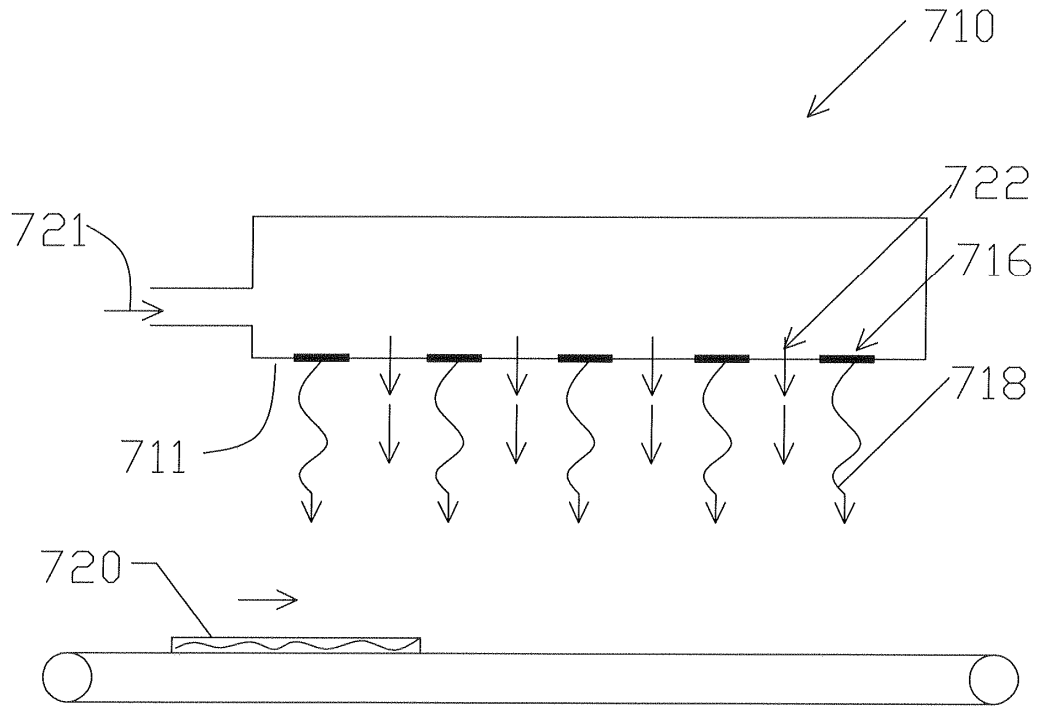


FIG.13

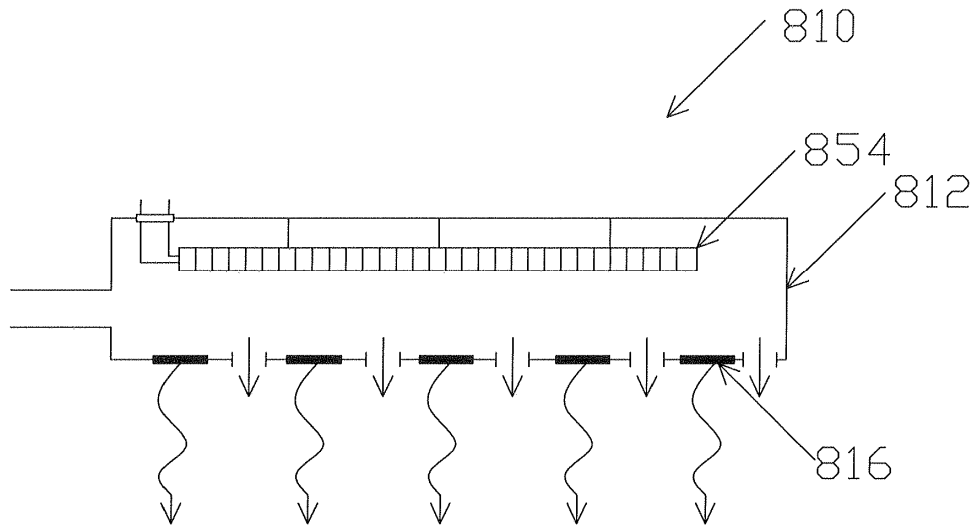


FIG.14

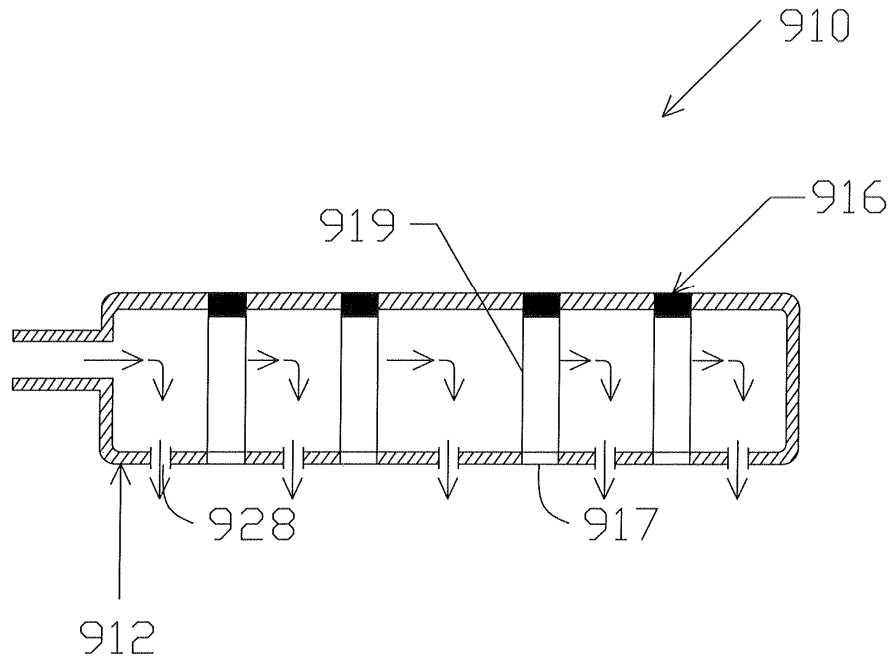


FIG.15

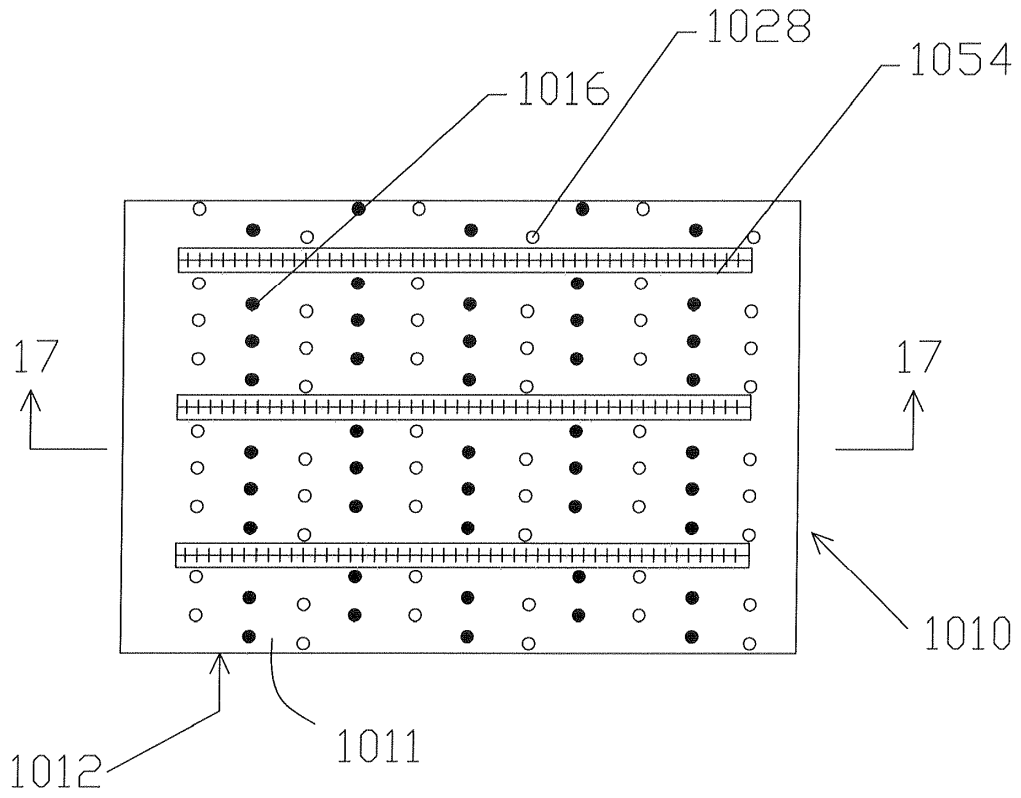


FIG.16

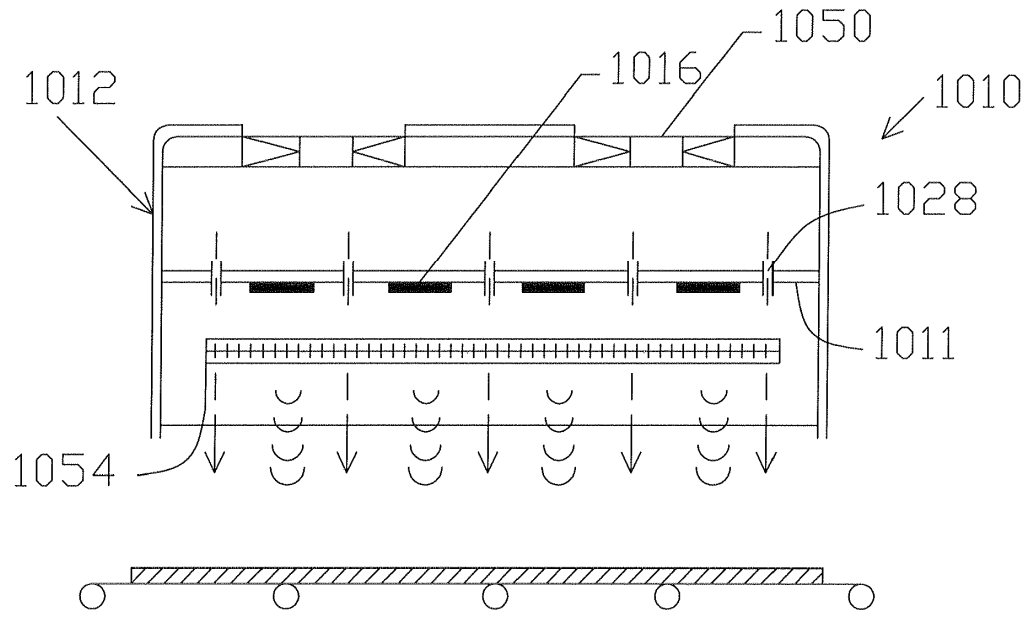


FIG.17

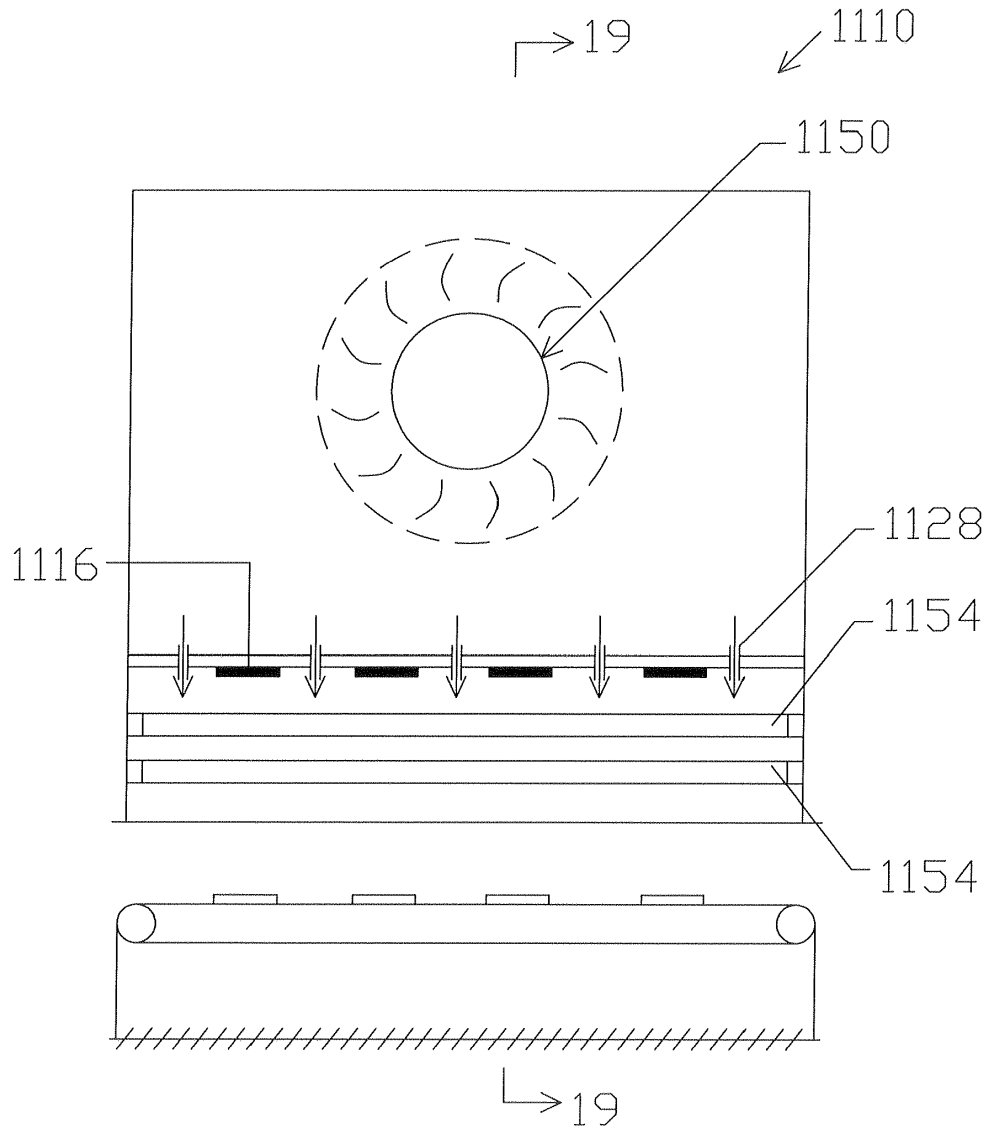


FIG.18

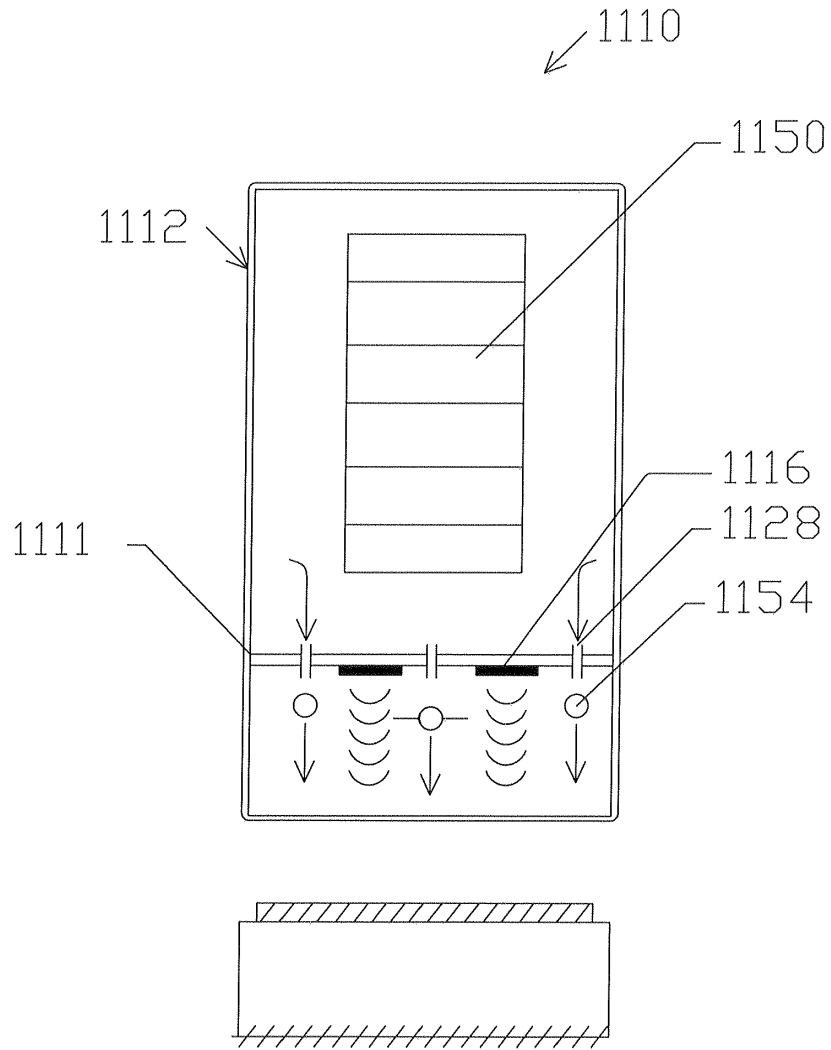


FIG.19



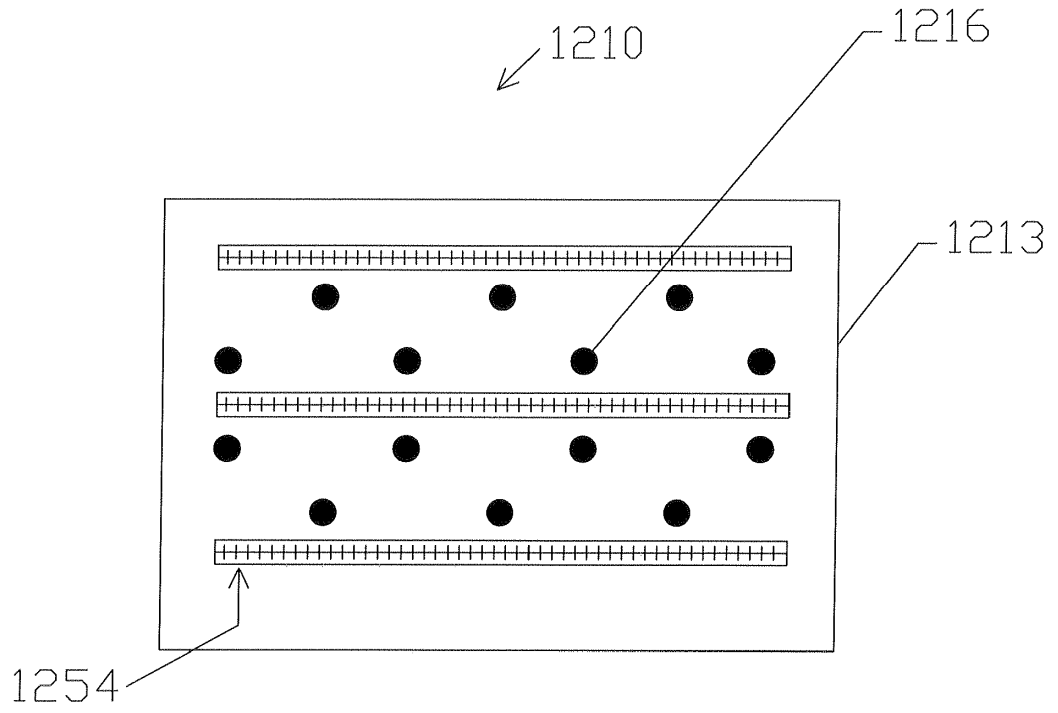


FIG.20

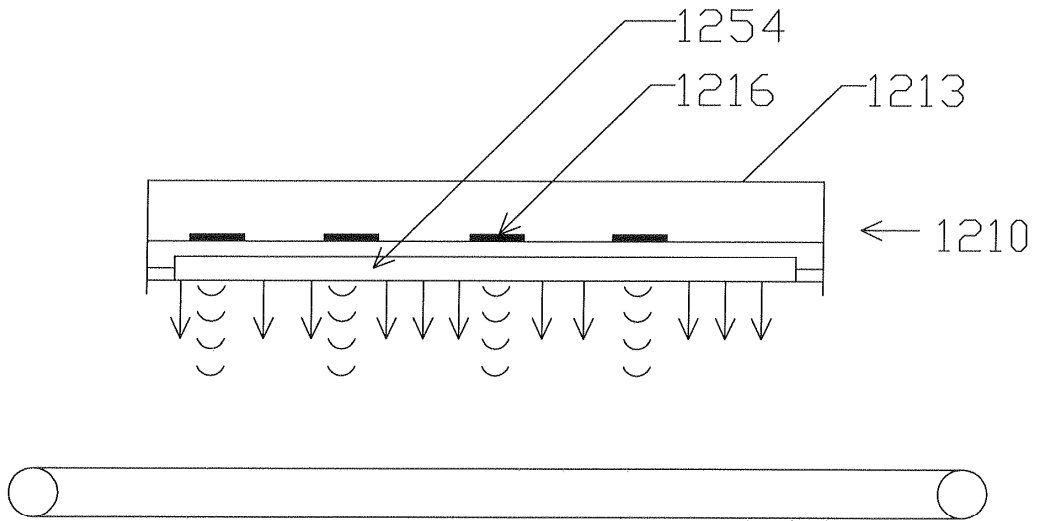


FIG.21

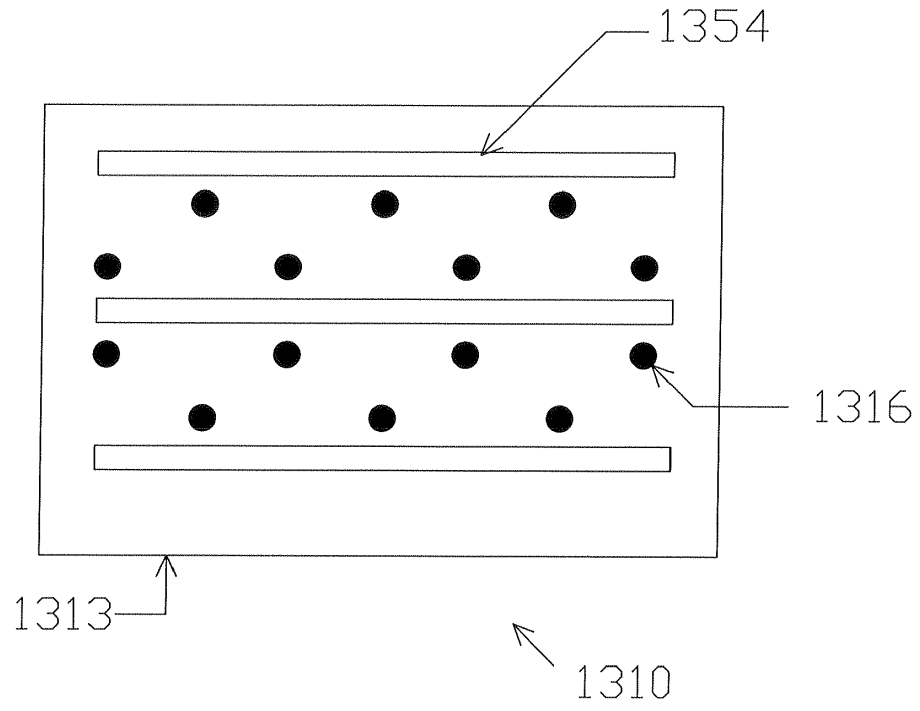


FIG.22

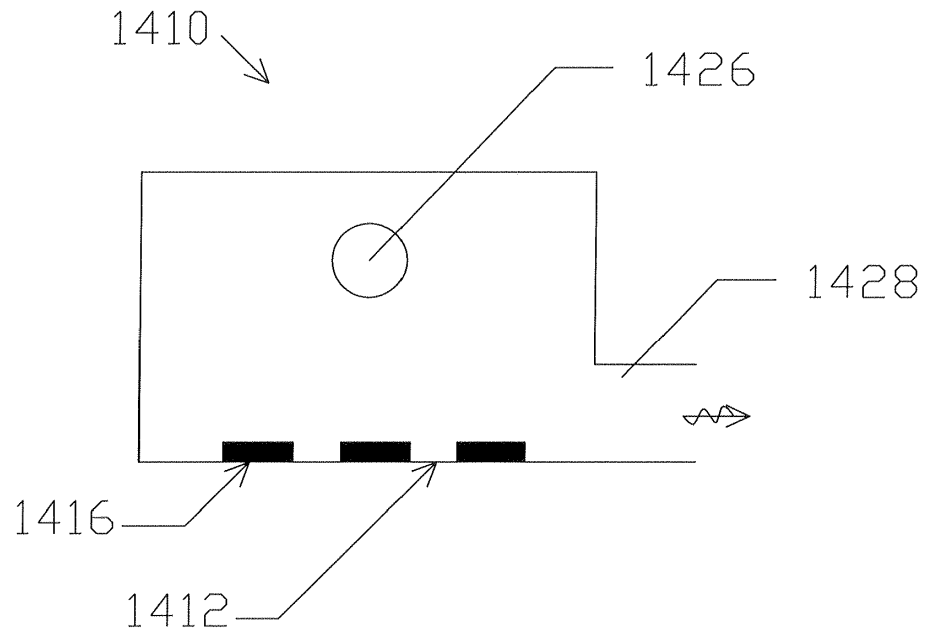


FIG.23

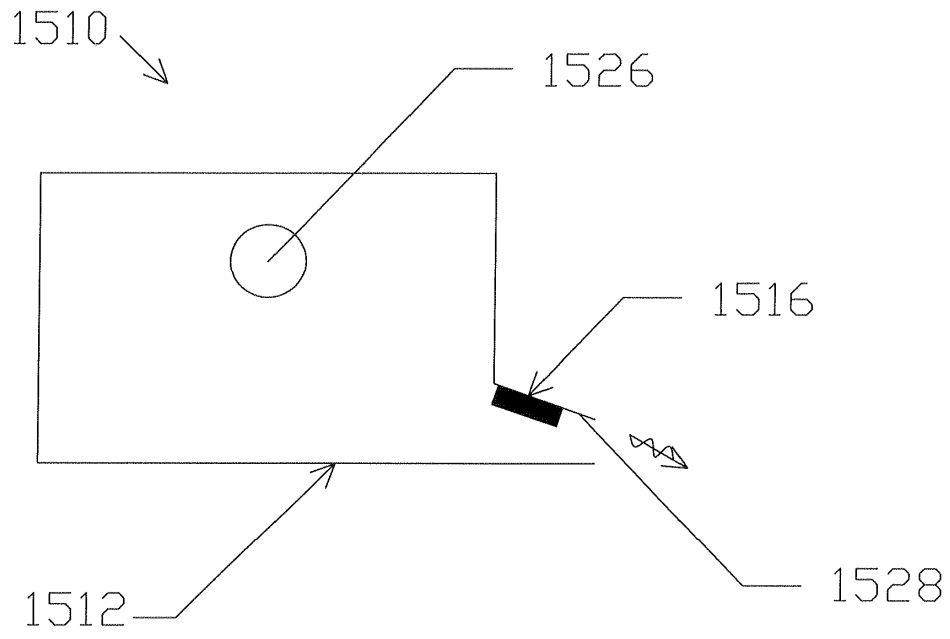


FIG.24

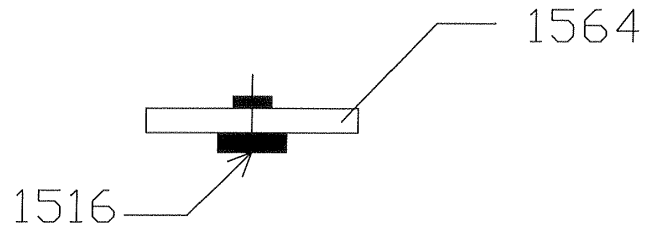


FIG.25