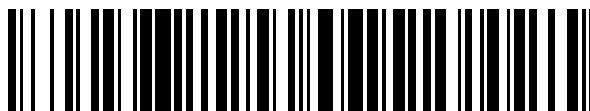


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 800**

51 Int. Cl.:

F28D 9/00	(2006.01)	B01D 53/22	(2006.01)
F28F 3/00	(2006.01)	F28F 19/02	(2006.01)
F28F 13/12	(2006.01)		
B01D 53/18	(2006.01)		
B01D 53/26	(2006.01)		
F28D 5/00	(2006.01)		
B01D 63/08	(2006.01)		
F24F 3/14	(2006.01)		
F28F 21/06	(2006.01)		
F28D 21/00	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2013 PCT/US2013/045161**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.12.2013 WO13188388**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2013 E 13804563 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 2859294**

54 Título: **Métodos y sistemas para intercambiadores de calor turbulentos y resistentes a la corrosión**

30 Prioridad:

11.06.2012 US 201261658205 P
21.11.2012 US 201261729139 P
29.11.2012 US 201261731227 P
12.12.2012 US 201261736213 P
29.01.2013 US 201361758035 P
15.03.2013 US 201361789357 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.04.2020

73 Titular/es:

7AC TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
92-94 Cummings Park
Woburn, MA 01801-2125, US

72 Inventor/es:

VANDERMEULEN, PETER, F.;
ALLEN, MARK y
LAFLAMME, ARTHUR

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

Observaciones:

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 755 800 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

Métodos y sistemas para intercambiadores de calor turbulentos y resistentes a la corrosión.

5 Referencia cruzada con solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica prioridad de las siguientes solicitudes: (1) Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos núm. 61/658,205 presentada el 11 de junio de 2012 titulada METHODS AND SYSTEMS FOR TURBULENT, CORROSION RESISTANT HEAT EXCHANGERS; (2) Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos núm. 61/729,139 presentada el 21 de noviembre de 2012 titulada METHODS AND SYSTEMS FOR TURBULENT, CORROSION RESISTANT HEAT EXCHANGERS; (3) Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos núm. 61/731,227 presentada el 29 de noviembre de 2012 titulada METHODS AND SYSTEMS FOR TURBULENT, CORROSION RESISTANT HEAT EXCHANGERS; (4) Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos núm. 61/736,213 presentada el 12 de diciembre de 2012 titulada METHODS AND SYSTEMS FOR TURBULENT, CORROSION RESISTANT HEAT EXCHANGERS; (5) Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos núm. 61/758,035 presentada el 29 de enero de 2013 titulada METHODS AND SYSTEMS FOR TURBULENT, CORROSION RESISTANT HEAT EXCHANGERS; y (6) Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos núm 61/789,357 presentada el 15 de marzo de 2013 titulada METHODS AND SYSTEMS FOR TURBULENT, CORROSION RESISTANT HEAT EXCHANGERS.

20 Antecedentes de la Invención

La presente solicitud se refiere generalmente a intercambiadores de calor para su uso en un sistema de aire acondicionado desecante. Más específicamente, la solicitud se refiere al uso de membranas microporosas y de otro tipo para separar el desecante líquido de la corriente de aire en donde las corrientes de fluido (aire, fluidos de transferencia de calor y desecantes líquidos) se hacen fluir turbulentamente para que puedan ocurrir altas tasas de transferencia de calor y humedad entre los fluidos. La aplicación se refiere además a intercambiadores de calor resistentes a la corrosión entre dos o tres fluidos. Dichos intercambiadores de calor pueden usar presiones inducidas por la gravedad (sifón) para mantener las membranas microporosas unidas adecuadamente a la estructura del intercambiador de calor.

Los desecantes líquidos se han usado en paralelo a los equipos convencionales de HVAC de compresión de vapor para ayudar a reducir la humedad en los espacios, particularmente en espacios que requieren grandes cantidades de aire exterior o que tienen grandes cargas de humedad dentro del espacio del edificio en sí. Los climas húmedos, tal como por ejemplo Miami, FL, requieren una gran cantidad de energía para tratar (deshumidificar y enfriar) adecuadamente el aire fresco que se requiere para la comodidad de los ocupantes de un espacio. Los sistemas convencionales de compresión de vapor solo tienen una capacidad limitada para deshumidificar y tienden a sobreenfriar el aire, a menudo requieren sistemas de recalentamiento intensivos en energía, lo que aumenta significativamente los costos generales de energía porque el recalentamiento agrega una carga de calor adicional a la bobina de enfriamiento. Los sistemas desecantes líquidos se han usado durante muchos años y generalmente son bastante eficientes para eliminar la humedad de la corriente de aire. Sin embargo, los sistemas desecantes líquidos generalmente usan soluciones salinas concentradas tales como soluciones de LiCl, LiBr o CaCl₂ y agua. Dichas salmueras son fuertemente corrosivas, incluso en pequeñas cantidades, por lo que se han realizado numerosos intentos a lo largo de los años para evitar la transferencia de desecante a la corriente de aire que se va a tratar. Un enfoque, generalmente clasificado como sistemas de desecante cerrados, se usa comúnmente en equipos denominados enfriadores de absorción, coloca la salmuera en un recipiente de vacío, que luego contiene el desecante y dado que el aire no está directamente expuesto al desecante; tales sistemas no tienen ningún riesgo de transferencia de partículas desecantes a la corriente de aire de suministro. Sin embargo, los enfriadores por absorción tienden a ser caros tanto en términos de primer costo como de mantenimiento. Los sistemas de desecante abiertos permiten el contacto directo entre la corriente de aire y el desecante, generalmente haciendo fluir el desecante sobre un lecho empaquetado similar a aquellos usados en las torres de enfriamiento. Dichos sistemas de lecho empaquetado presentan otras desventajas además de tener un riesgo de transferencia: la alta resistencia del lecho empaquetado a la corriente de aire da como resultado una mayor potencia del ventilador y caídas de presión a través del lecho empaquetado, lo que requiere más energía. Además, el proceso de deshumidificación es adiabático, ya que el calor de condensación que se libera durante la absorción del vapor de agua en el desecante no tiene a dónde ir. Como resultado, tanto el desecante como la corriente de aire se calientan mediante la liberación del calor de condensación. Esto da como resultado una corriente de aire seco y cálido donde se requería una corriente de aire seco y frío, lo que requiere la necesidad de una bobina de enfriamiento posterior a la deshumidificación. El desecante más cálido también es exponencialmente menos efectivo en la absorción de vapor de agua, lo que obliga al sistema a suministrar cantidades mucho más grandes de desecante al lecho empaquetado, lo que a su vez requiere una mayor potencia de la bomba de desecante, ya que el desecante tiene una tasa de inundación que también aumenta el riesgo de transferencia del desecante. En general, las tasas de flujo de aire deben mantenerse muy por debajo de la región turbulenta (en números de Reynolds inferiores a ~2,400) para evitar el arrastre.

Los módulos de membrana a menudo sufren problemas en donde las capas de adhesivo o adherencia están estresadas por las diferencias de temperatura entre los diversos componentes. Esto es particularmente difícil en los componentes que funcionan a altas temperaturas, tal como los regeneradores de desecante líquido. Para inhibir el agrietamiento de los

plásticos o las fallas de las uniones o adhesivos, se describe una estructura de placa de 2 partes que tiene una primera parte hecha de un plástico más duro (tal como, por ejemplo, ABS (acrilonitrilo butadieno estireno)) y una segunda parte hecha de un material compatible (tal como, por ejemplo, caucho EPDM (monómero de etileno propileno dieno) o poliuretano). Una ventaja de esta estructura es que el material compatible absorbe fácilmente las diferencias en los coeficientes de expansión, al tiempo que proporciona pasajes de fluido y otras características, tales como sellos de borde para pasajes de aire y elementos de turbulencia para esos mismos pasajes de aire.

Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de un sistema que proporcione un método rentable, fabricable y térmicamente eficiente para capturar la humedad de una corriente de aire, al mismo tiempo que enfría dicha corriente de aire y al mismo tiempo que elimina el riesgo de contaminar dicha corriente de aire.

Los intercambiadores de calor (principalmente para 2 fluidos) se usan muy comúnmente en muchas aplicaciones para la transferencia de calor y la recuperación de energía. La mayoría de los intercambiadores de calor se construyen con metales tales como cobre, acero inoxidable y aluminio. En términos generales, estos intercambiadores de calor incorporan características que intentan alterar los flujos de fluido para mejorar la transferencia de calor entre el fluido y las superficies metálicas. Las capas límite en la superficie de los metales crean resistencias más grandes a la transferencia de calor. En bastantes aplicaciones, uno o ambos fluidos pueden ser corrosivos para los metales comúnmente usados. Los recubrimientos superficiales pueden ayudar a prevenir la corrosión, pero también tienden a disminuir la transferencia de calor. Los metales que no son sensibles a la corrosión, tal como el titanio, generalmente se consideran caros de usar y difíciles de trabajar. Pueden usarse plásticos, pero a menudo no pueden soportar las presiones y temperaturas de operación que generalmente se usan para los fluidos. Por lo tanto, sigue siendo necesario un intercambiador de calor líquido a líquido rentable y resistente a la corrosión.

El documento US 2003/033821 describe un sistema de enfriamiento por evaporación que comprende varias placas, que contienen agujeros.

Breve descripción de la invención

En la presente descripción se proporcionan métodos y sistemas usados para la deshumidificación eficiente de una corriente de aire mediante el uso de un desecante líquido. De acuerdo con una o más modalidades, el desecante líquido corre por la cara de una placa de soporte como una película descendente. De acuerdo con una o más modalidades, el desecante líquido está cubierto por una membrana microporosa de manera que el desecante líquido no puede entrar en la corriente de aire, pero el vapor de agua en la corriente de aire puede absorberse en el desecante líquido. En algunas modalidades, la corriente de aire contiene un turbulador: un material o característica que induce turbulencia en el flujo de aire para que el aire no se convierta en laminar sobre la superficie del desecante. En algunas modalidades, el turbulador es un material de red de plástico. En algunas modalidades, el turbulador es una serie de cables de plástico que atraviesan el flujo de aire. En algunas modalidades, la membrana es una membrana de polipropileno estirada biaxialmente. En algunas modalidades, el desecante líquido pasa a través de un material absorbente tal como un tejido o un material de cribado delgado, en donde el material de tejido o cribado establece una distancia fija entre la placa de soporte y la membrana. En algunas modalidades, el material de cribado o tejido proporciona una mezcla o turbulencia al desecante de manera que el desecante nuevo se acerca a la membrana y el desecante gastado se retira de la superficie cerca de la membrana. En algunas modalidades, la membrana se une a través del cribado o material absorbente sobre una placa de soporte. En algunas modalidades, la placa de soporte es un plástico rígido termoconductor, tal como un plástico reforzado con fibra de vidrio. En algunas modalidades, la placa de soporte se enfría en el lado opuesto mediante un fluido refrigerante. En algunas modalidades, el fluido refrigerante es agua o una mezcla de agua/glicol. En algunas modalidades, el fluido refrigerante corre a través de una malla de plástico en donde la malla de plástico establece la distancia entre la placa de soporte y una segunda placa de soporte y en donde la malla hace que el fluido de enfriamiento se vuelva turbulento. En algunas modalidades, la malla es una malla plástica de diamante de doble plano. En algunas modalidades, la segunda placa de soporte se une a la primera placa de soporte mediante una serie de puntos adhesivos para que las placas no sobresalgan debido a la presión del fluido refrigerante. En algunas modalidades, las placas de soporte se forman de manera que características similares de la malla de diamante se forman directamente en la placa de soporte. En algunas modalidades, la placa de soporte se une a una segunda placa de soporte en donde ambas placas contienen características que logran las funciones de la malla de diamante: establecer una distancia fija entre las dos placas de soporte y crear un flujo de fluido de enfriamiento de mezcla turbulento. En algunas modalidades, las características del material absorbente o material de cribado en el lado desecante también se incorporan en las placas de soporte. En algunas modalidades, los puntos de pegamento en uno o ambos lados del líquido desecante o refrigerante se reemplazan por unión térmica, unión ultrasónica o algún otro método de unión para conectar a una membrana o a una segunda placa de soporte. En algunas modalidades, la propia placa de soporte contiene un adhesivo en el plástico que se activa mediante algún proceso, ya sea por calor, sonido ultrasónico o microondas o algún otro método adecuado.

En algunas modalidades, la malla de diamante comprende un plástico coextruido y un adhesivo. En algunas modalidades, el plástico se recubre con un adhesivo en una etapa de proceso separada. En algunas modalidades, la segunda placa de soporte proporciona un segundo cribado y una malla y se enfrenta a un segundo entrehierro que contiene un segundo turbulador de aire. En algunas modalidades, un conjunto de placa de membrana así construido está provisto de múltiples puertos de suministro y drenaje de líquido para que se logre una distribución uniforme del líquido a través de las superficies de la membrana y las placas de soporte. En algunas modalidades, los puertos son reconfigurables para que el aire pueda

dirigirse de manera horizontal o vertical a través de las membranas. En algunas modalidades, el turbulador de aire se construye de manera que sea efectivo para el flujo de aire horizontal o vertical. En algunas modalidades, los puertos de líquido pueden configurarse de manera que el fluido refrigerante siempre fluya contra la dirección del flujo de aire para que se obtenga una función de intercambio de calor de contraflujo. En algunas modalidades, los puertos de drenaje a la placa se construyen de manera que proporcionan un sifón de los líquidos que salen creando de esta manera una presión negativa entre las placas de soporte con respecto a la presión atmosférica y una presión negativa entre la placa de soporte y la membrana asegurando que la membrana se mantenga plana contra el material de cribado o el tejido absorbente. En algunas modalidades, los sellos principales entre las placas de soporte se construyen para proporcionar una función de drenaje automático para que no queden líquidos dentro del sistema de placa de membrana. En algunas modalidades, dichos sellos de drenaje automático crean áreas separadas para los desecantes líquidos y para los fluidos refrigerantes, de manera que una fuga en uno de los sellos no afectará al otro fluido. En otras modalidades, la placa de soporte está cubierta solo parcialmente por una membrana, proporcionando de esta manera un área adicional para enfriamiento sensible solamente. En algunas modalidades, las placas de soporte parcialmente cubiertas encuentran un flujo de aire vertical y un flujo de fluido de transferencia de calor también vertical dirigido en una dirección opuesta o contraria al flujo de aire. En algunas modalidades, la placa de soporte parcialmente cubierta soporta un flujo de aire horizontal y un flujo de fluido de transferencia de calor también horizontal dirigido principalmente en una dirección contraria al flujo de aire. En algunas modalidades, los puntos de cola se minimizan para aprovechar el sifón de los líquidos que salen de los canales de la placa, maximizando de esta manera el área de membrana disponible.

Se proporcionan sistemas y métodos en donde los conjuntos de placas de membrana descritos en la sección anterior se conectan por un separador flexible. En algunas modalidades, el separador se hace de un material de caucho tal como EPDM. En algunas modalidades, el separador tiene sellos anulares que proporcionan separación entre los líquidos y sellan el separador a la superficie de la placa de soporte. En algunas modalidades, el separador está completamente recubierto con un adhesivo. En algunas modalidades, el separador también contiene características para soportar el turbulador de red de aire. En algunas modalidades, el separador contiene características que mantienen el turbulador de aire bajo tensión. En algunas modalidades, el separador está conformado de manera que también proporciona una pared para canalizar la corriente de aire en una dirección adecuada. En algunas modalidades, el material de caucho está sobremoldeado en la placa de soporte. En algunas modalidades, el separador y el turbulador de red de aire forman un único componente fabricado. En algunas modalidades, la red de aire y el separador son componentes separados. En algunas modalidades, el turbulador de red de aire contiene estructuras de soporte diseñadas para mantener una membrana en una ubicación fija. En algunas modalidades, el turbulador de red de aire, las membranas y las placas de soporte, con o sin centros de fluido refrigerante, se apilan en donde el separador y la red de soporte eliminan la necesidad de adhesivos. En algunas modalidades, las placas, estructuras de soporte y separadores se hacen de materiales flexibles para que las estructuras puedan enrollarse en una forma cilíndrica. En algunas modalidades, se aplica una fuerza a los espacios compatibles para ajustar y el espacio de aire entre las placas de membrana. En algunas modalidades, la fuerza se aplica en una cantidad mayor cerca de un extremo de la placa de membrana y en una cantidad menor cerca del extremo opuesto de una placa de membrana, lo que da como resultado un espacio de aire que es más pequeño en un extremo que en el extremo opuesto. En algunas modalidades, el entrehierro variable se adapta a la contracción o expansión del aire en el canal. En algunas modalidades, el entrehierro variable se ajusta dinámicamente para optimizar entre la eficiencia de la membrana y la caída de presión de aire en el canal. En algunas modalidades, los separadores se hacen más anchos en un lado de un módulo de membrana y más estrechos en el lado opuesto del módulo de membrana. En algunas modalidades, los entrehierros se ajustan de modo que coincidan con la expansión o contracción del aire entre las placas de membrana.

En algunas modalidades, una serie de placas y separadores construidos de este modo como se describió anteriormente se colocan en un bloque. En algunas modalidades, el bloque contiene una serie más grande de placas. En algunas modalidades, el bloque puede reconfigurarse para que la corriente de aire entre desde un aspecto vertical o un aspecto horizontal en las placas. En algunas modalidades, los puertos en el bloque pueden reconfigurarse para que el fluido de enfriamiento siempre se dirija contra el flujo de la corriente de aire. En algunas modalidades, el fluido de enfriamiento se reemplaza por un fluido de calentamiento. En algunas modalidades, el fluido de calentamiento se usa para evaporar el vapor de agua del desecante en la corriente de aire a través de la membrana en lugar de absorber el vapor de agua en el desecante cuando el fluido está frío.

De acuerdo con una o más modalidades, se describen módulos de tratamiento de aire que comprenden materiales alternativos rígidos y flexibles. En algunas modalidades, el elemento rígido usa un encabezado de distribución de líquido en la parte superior del módulo y un encabezado de distribución de líquido similar en la parte inferior del módulo, conectado por dos placas de soporte. En algunas modalidades, los encabezados se dividen para suministrar dos fluidos a una serie de membranas. En algunas modalidades, un conjunto de membranas recibe fluidos de una porción de la cabecera superior, mientras que un segundo conjunto de membranas recibe fluidos de una segunda porción de la cabecera. En algunas modalidades, las cabeceras se hacen con un material flexible tal como, por ejemplo, caucho EPDM, mientras que las placas de soporte se hacen con un material más rígido tal como, por ejemplo, ABS o PET. En algunas modalidades, las placas de soporte se dopan con aditivos ignífugos o aditivos térmicamente conductores. En algunas modalidades, las placas de soporte tienen agujeros para el suministro de fluido y drenaje de fluido incorporado en ellas. En algunas modalidades, las placas de soporte tienen una serie de membranas unidas sobre ellas. En algunas modalidades, las membranas están conectadas a la placa de soporte mediante el uso de un adhesivo. En algunas modalidades, el adhesivo está contenido en un material de cribado que también proporciona una mezcla turbulenta del líquido. En algunas

modalidades, el adhesivo se conecta a través de un material de cribado delgado que proporciona una mezcla turbulenta del fluido. En algunas modalidades, los elementos de turbulencia se integran en la placa de soporte. En algunas modalidades, las placas de soporte tienen elementos de turbulencia a cada lado de ellas. En algunas modalidades, el material de cribado está formado de manera que proporciona una turbulencia superficial en la corriente de aire. En algunas modalidades, la membrana está formada de manera que proporciona turbulencia en la corriente de aire. En algunas modalidades, la membrana se adhiere sobre las características en el material de cribado de modo que la combinación crea turbulencia en la corriente de aire. En algunas modalidades, la placa de soporte tiene características adicionales que crean crestas sobre las cuales se forman el material de cribado y las membranas para crear turbulencia en la corriente de aire. En algunas modalidades, los entrehierros entre las placas de soporte se llenan con un material estructural flexible para soportar las membranas. En algunas modalidades, el material estructural flexible proporciona un sello de borde para los entrehierros. En algunas modalidades, el material estructural flexible proporciona turbulencia a la corriente de aire. En algunas modalidades, la característica de turbulencia se encuentra en la superficie de las membranas. En algunas modalidades, la característica de turbulencia se encuentra en el medio del entrehierro. En algunas modalidades, el material estructural flexible proporciona pasos de líquido a los líquidos de suministro o drena los líquidos de las membranas. En algunas modalidades, el turbulador tiene paredes inclinadas en ángulo con respecto a la corriente de aire. En algunas modalidades, las paredes del turbulador que están inclinadas alternativamente en ángulos opuestos a la corriente de aire. En algunas modalidades, las paredes del turbulador se hacen más pequeñas en la dirección aguas abajo. En algunas modalidades, el turbulador tiene una estructura secundaria que contiene paredes que dirigen la corriente de aire hacia la dirección opuesta a la estructura de la pared primaria de manera que se mejora la rotación en la corriente de aire. En algunas modalidades, la combinación de paredes primarias y secundarias da como resultado una corriente de aire contrarrotativa por un canal de aire.

También se proporcionan métodos y sistemas en donde varios componentes de placa de membrana rígida y flexible de 2 partes se apilan para obtener un módulo de tratamiento de aire de membrana. En algunas modalidades, dicho módulo de tratamiento de aire recibe un flujo de aire primario en una orientación principalmente vertical y un flujo de aire secundario en una orientación principalmente horizontal. En algunas modalidades, el flujo de aire vertical está expuesto a un conjunto de membranas, mientras que el flujo de aire horizontal está expuesto a un segundo conjunto de membranas. En algunas modalidades, uno o ambos conjuntos de membranas se reemplazan con un flocado, tela, red u otro material hidrófilo en la superficie de la placa de soporte de membrana. En algunas modalidades, el flujo de aire primario se expone a un fluido a través de un conjunto de membranas, y el flujo de aire secundario se expone a un segundo fluido a través del otro conjunto de membranas. En algunas modalidades, el primer fluido es una solución desecante tal como LiCl y agua, CaCl₂ y agua u otro desecante líquido adecuado. En algunas modalidades, el segundo fluido es agua o agua de mar o aguas residuales u otra fuente de agua económica. En algunas modalidades, los fluidos son iguales. En algunas modalidades, los canales de aire primario y secundario se orientan para ser generalmente horizontales. En algunas modalidades, ambos canales exponen el aire al mismo líquido detrás de una serie de membranas.

En algunas modalidades, el canal de aire primario es generalmente horizontal en donde el aire está expuesto a un desecante líquido y en donde una parte del tratado de esta manera se desvía al canal secundario en donde el aire tratado se mezcla con una corriente de aire secundaria y se expone a un líquido diferente tal como el agua. En algunas modalidades, el agua se reemplaza con agua de mar o aguas residuales. En algunas modalidades, el flujo de aire desviado es ajustable para que se pueda variar la cantidad de aire desviado. En algunas modalidades, el flujo de aire desviado es ajustable para variar la relación de mezcla entre el aire desviado y la corriente de aire secundaria. En algunas modalidades, el flujo de aire desviado se dirige hacia la entrada posterior de los canales de flujo de aire primario donde el efecto del aire primario seco tiene un efecto de enfriamiento mayor en la corriente de aire secundario que si el flujo de aire se dirigiera hacia la salida posterior de los canales de flujo de aire primario.

Se proporcionan métodos y sistemas en donde dos fluidos intercambian calor entre ellos a través de una serie de placas paralelas. En algunas modalidades, los fluidos son fluidos corrosivos. En algunas modalidades, los fluidos funcionan como desecantes. En algunas modalidades, los desecantes contienen LiCl, CaCl₂, Ca (NO₃)₂, LiBr y agua u otras soluciones salinas. En algunas modalidades, un líquido está caliente y el otro líquido está frío. En algunas modalidades, la estructura de placa paralela comprende placas con un sello de borde adhesivo. En algunas modalidades, las placas se hacen de un material plástico. En algunas modalidades, el material plástico es un plástico reforzado con fibra de vidrio, o Tereftalato de polietileno (PET) u otro material plástico. En algunas modalidades, el material de la placa es una lámina de material resistente a la corrosión, tal como el titanio. En algunas modalidades, el material de placa es un plástico de ingeniería dopado térmicamente. En algunas modalidades, los dopantes son cerámicos como los descritos en la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos núm. 2012/0125581. En algunas modalidades, el espacio entre las placas se llena con una malla extruida de diamante de doble plano. En algunas modalidades, la malla proporciona una distancia fija entre las placas mientras permite el paso de los fluidos. En algunas modalidades, la malla crea turbulencia en los fluidos. En algunas modalidades, la malla comprende un plástico coextruido y un adhesivo. En algunas modalidades, el plástico se recubre con un adhesivo en una etapa de proceso separada. En algunas modalidades, el adhesivo comprende puntos adhesivos que alcanzan a través de la malla entre dos láminas de material de placa. En algunas modalidades, los sellos entre las placas paralelas se hacen de un adhesivo. En algunas modalidades, el adhesivo es un adhesivo 3M 550 o 5200 o un adhesivo de poliuretano similar. En algunas modalidades, los sellos están conformados para crear perfiles de flujo opuestos entre placas opuestas.

65

Los módulos de membrana a menudo sufren problemas en donde las capas de adhesivo o adherencia están estresadas por las diferencias de temperatura entre los diversos componentes. Esto es particularmente difícil en los componentes usados para la regeneración del desecante, ya que muchos plásticos comunes tienen altos coeficientes de expansión térmica. A menudo se emplean plásticos especiales de alta temperatura que son caros de usar en la fabricación. La unión de grandes superficies también crea problemas con la adhesión y puede causar fracturas por tensión con el tiempo. Las técnicas de encapsulamiento (generalmente un plástico vertido en líquido) tienen cierta resistencia si el material de encapsulamiento sigue siendo un poco flexible incluso después del curado. Sin embargo, los sistemas y métodos descritos en la presente descripción son significativamente más resistentes a la expansión causada por las altas temperaturas, lo que mantiene el proceso de fabricación simple y robusto.

Además, un problema al construir sistemas de acondicionador y regenerador para desecantes líquidos bidireccionales es que es difícil diseñar un sistema que proporcione una distribución uniforme del desecante en ambos lados de una lámina delgada de material plástico de soporte. Los sistemas y métodos descritos en la presente descripción muestran un método simple para exponer una corriente de aire a una serie de membranas que cubren el desecante.

En la presente descripción se proporcionan métodos y sistemas en donde un módulo de membrana de 2 vías usa un conjunto de líneas de refrigerante para enfriar activamente un desecante que fluye detrás de una serie de membranas. Hacer fluir un desecante directamente sobre tubos metálicos tales como líneas de refrigerante de cobre es problemático ya que los desecantes (típicamente sales de haluro) son altamente corrosivos para la mayoría de los metales. El titanio es una posible excepción, pero su costo es prohibitivo para emplear. En lugar de usar tuberías de titanio, los sistemas y métodos descritos en la presente descripción muestran una lámina de soporte de plástico que se envuelve alrededor de las líneas de refrigerante de cobre, logrando de esta manera un enfriamiento directo del desecante en lugar de usar un canal de evaporación indirecto para enfriar el desecante. En algunas modalidades, el refrigerante funciona en tubos de cobre. En algunas modalidades, el tubo de cobre está envuelto por una lámina de soporte de plástico. En algunas modalidades, la lámina de soporte de plástico forma la estructura de soporte para una membrana, que a su vez contiene un fluido desecante.

Un intercambiador de calor de acuerdo con una o más modalidades para su uso en un sistema de aire acondicionado desecante comprende una pluralidad de conjuntos de placa de membrana enfrentados entre sí en una disposición generalmente paralela y separados para definir entrehierros entre ellos a través de los cuales puede fluir el aire a tratar por el sistema de aire acondicionado desecante, cada uno de dichos conjuntos de placa de membrana que comprende (a) una estructura de placa y (b) dos membranas, cada una frente a un lado opuesto de la estructura de placa y separadas de la estructura de placa para definir un espacio líquido entre ellas, a través de las cuales puede fluir un líquido, y en donde los conjuntos de placa de membrana tienen una disposición de flujo cruzado de manera que los entrehierros forman alternativamente canales primarios y secundarios, en donde el flujo de aire en los canales primarios está en un flujo cruzado al flujo de aire en el canal secundario; en donde cada membrana tiene una porción inferior que está sellada a la estructura de la placa de manera que el desecante líquido se ve obligado a fluir a través de uno o más puertos de drenaje, creando de esta manera una presión negativa en el espacio entre cada membrana y la estructura de la placa.

Un intercambiador de calor de acuerdo con una o más modalidades para su uso en un sistema de aire acondicionado desecante comprende: una pluralidad de conjuntos de placa de membrana enfrentados entre sí en una disposición generalmente paralela y separados para definir entrehierros entre ellos a través de los cuales puede fluir el aire a tratar por el sistema de aire acondicionado desecante, cada uno de dichos conjuntos de placa de membrana que comprende (a) una estructura de placa y (b) dos membranas, cada una frente a un lado opuesto de la estructura de placa y separadas de la estructura de placa para definir un espacio de líquido entre ellos a través del cual puede fluir un líquido, y en donde los conjuntos de placa de membrana tienen una disposición de flujo cruzado de manera que los entrehierros forman alternativamente canales primarios y secundarios, en donde el flujo de aire en los canales primarios está en un flujo cruzado al flujo de aire en el canal secundario y un desviador para desviar al menos una parte del flujo de aire que sale de los canales primarios para formar parte del flujo de aire que ingresa a los canales secundarios para proporcionar enfriamiento por evaporación.

Una estructura de soporte de acuerdo con una o más modalidades para su uso en un intercambiador de calor en un sistema de aire acondicionado desecante, comprende: dos placas de soporte moldeadas unidas entre sí una detrás de otra; cada placa de soporte comprende una serie de características elevadas formadas integralmente en un lado frontal de la misma para proporcionar una superficie de unión para una membrana y para mezclar o turbinar el flujo de un desecante líquido que fluye entre el lado frontal de la placa de soporte y la membrana; cada placa de soporte también comprende una pluralidad de características elevadas formadas integralmente en un lado posterior de la misma para establecer una distancia desde la otra placa de soporte, mezclar o turbinar el flujo de un fluido de transferencia de calor que fluye entre las placas de soporte y proporcionar una superficie de unión para unir las placas de soporte; y cada placa de soporte también incluye una o más aberturas a través de las cuales se puede introducir el desecante líquido en el lado frontal de la placa y una o más aberturas para recoger el desecante líquido.

Un intercambiador de calor bidireccional para transferir calor de un primer líquido a un segundo líquido de acuerdo con una o más modalidades comprende: una pluralidad de conjuntos de placa adyacentes, dichos canales alternando entre el primer y el segundo canal para un flujo separado a través del primer y el segundo líquido, respectivamente, en donde cada

conjunto de placa comprende una placa de soporte que usa un turbulador de malla para mezclar o turbinar el líquido que fluye a través de un canal definido dicha placa de soporte y una placa de soporte en un conjunto de placa adyacente y para establecer una distancia entre las placas de soporte, una abertura de entrada para el flujo de un líquido hacia dicho canal, una abertura de salida para descargar líquido desde dicho canal y una estructura de sellado para permitir el paso de solo uno de dichos primer y segundo líquido a través de dicho canal.

Un intercambiador de calor para uso en un sistema de aire acondicionado desecante de acuerdo con una o más modalidades comprende: una pluralidad de conjuntos de placas de membrana enfrentados entre sí en una disposición generalmente paralela y separados para definir entrehierros entre ellos a través de los cuales puede fluir el aire a tratar por el sistema de aire acondicionado desecante, cada uno de dichos conjuntos de placa de membrana que comprende (a) una estructura de placa, y (b) dos membranas, cada una frente a un lado opuesto de la estructura de placa y separadas de la estructura de placa para definir un espacio intermedio entre los cuales puede fluir un desecante líquido, en donde cada estructura de placa incluye un tubo de transferencia de calor de metal para transferir calor hacia o desde el desecante líquido, dicho tubo de transferencia de calor de metal encapsulado por un material no corrosivo para evitar la corrosión de la transferencia de calor de metal tubería por el desecante líquido.

De ninguna manera la descripción de las aplicaciones pretende limitar la descripción a estas aplicaciones. Se pueden prever muchas variaciones de construcción para combinar los diversos elementos mencionados anteriormente, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. La presente descripción de ninguna manera se limita a un conjunto particular o combinación de tales elementos.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 ilustra un intercambiador de calor de flujo cruzado de 3 vías de la técnica anterior que emplea una ruta de líquido refrigerante en forma de U doble, un flujo desecante de película descendente (hacia abajo) y un flujo de aire horizontal.

La Figura 2 ilustra un detalle de la Figura 1.

La Figura 3 muestra un intercambiador de calor líquido a líquido bidireccional de plástico como se muestra en la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos núm. 2012/0125581.

La Figura 4 muestra un intercambiador de calor de contraflujo reconfigurable de 3 vías de acuerdo con diversas modalidades configuradas con flujo de aire vertical (hacia abajo), flujo de fluido de enfriamiento vertical (hacia arriba) y un desecante de película descendente vertical (hacia abajo) detrás de una membrana.

La Figura 5 muestra una configuración diferente del intercambiador de calor de la Figura 4 configurado como un sistema de flujo cruzado con flujo de aire horizontal, un flujo vertical de fluido refrigerante (hacia arriba) y un desecante de película descendente (hacia abajo) detrás de una membrana.

La Figura 6 muestra el intercambiador de calor de la Figura 5 en una configuración de contraflujo nuevamente con flujo de aire horizontal, pero con flujo de fluido de enfriamiento horizontal (contra la dirección del flujo de aire) y un desecante de película descendente (hacia abajo) detrás de una membrana.

La Figura 7 muestra un diagrama de flujo esquemático del intercambiador de calor de 3 vías de la Figura 4 en donde los fluidos se recogen a través de un sistema de circulación por drenaje por gravedad.

La Figura 8 muestra un diagrama de flujo esquemático del intercambiador de calor de 3 vías de la Figura 5 en donde los fluidos se recogen a través de un sistema de circulación por drenaje por gravedad.

La Figura 9 muestra un diagrama de flujo esquemático del intercambiador de calor de 3 vías de la Figura 6 en donde los fluidos se recogen a través de un sistema de circulación por drenaje por gravedad.

La Figura 10 muestra una vista en sección transversal de las placas individuales que proporcionan un intercambio de calor de 3 vías entre aire, desecante y un fluido refrigerante, incluidos los materiales que crean turbulencia en los canales de aire, desecante y agua.

La Figura 11 muestra un drenaje de sifón para la placa de intercambiador de calor de 3 vías de la Figura 10 que permite que las membranas permanezcan planas contra la estructura de soporte. Se ha eliminado una de las membranas con fines ilustrativos.

La Figura 12 ilustra un drenaje sin sifón para el mismo intercambiador de calor de 3 vías, pero muestra que la membrana se abulta en el entrehierro. Se ha eliminado una de las membranas con fines ilustrativos.

La Figura 13 ilustra una orientación alternativa del drenaje de sifón para la placa del intercambiador de calor de 3 vías de la Figura 10, que permite una orientación casi horizontal y plana de las placas del intercambiador de calor de 3 vías.

La Figura 14 muestra un separador que se usa entre dos placas de membrana de la Figura 600 con sellos de fluido individuales para desecante y fluido refrigerante.

La Figura 15 ilustra un separador que se usa entre dos placas de membrana de la Figura 10 con un sello completo que abarca tanto el desecante como el líquido refrigerante.

La Figura 16 muestra una modalidad de un separador sobremoldeado en cada lado de las placas individuales de la Figura 10 con un adhesivo para hacer la conexión final entre las placas.

La Figura 17 muestra una modalidad de un separador sobremoldeado en un solo lado de las placas individuales de la Figura 10 con un adhesivo para hacer la conexión final entre las placas.

La Figura 18 muestra una modalidad de un conjunto de separadores de la Figura 14 usado para conectar un conjunto de placas de membrana como se muestra en la Figura 10, en donde los separadores son del mismo grosor creando anchos de canal uniformes entre las placas de membrana.

- La Figura 19 muestra una modalidad de un conjunto de separadores de la Figura 14 usado para conectar un conjunto de placas de membrana como se muestra en la Figura 10, en donde los separadores son de grosor desigual creando anchos de canal variables entre las placas de membrana.
- 5 La Figura 20 muestra el intercambiador de calor de 3 vías de la Figura 4 con la placa frontal de la cubierta retirada para que el primer canal de aire sea visible.
- La Figura 21 muestra el intercambiador de calor de 3 vías de la Figura 20 con varias placas de membrana adicionales retiradas con fines ilustrativos.
- La Figura 22 muestra el intercambiador de calor de 3 vías de la Figura 5 con la placa frontal de la cubierta retirada para que el primer canal de aire sea visible.
- 10 La Figura 23 muestra el intercambiador de calor de 3 vías de la Figura 5 con varias placas de membrana adicionales retiradas con fines ilustrativos.
- La Figura 24 ilustra un turbulador alternativo para los canales de aire mostrados en la Figura 21.
- La Figura 25 ilustra un turbulador alternativo para los canales de aire mostrados en la Figura 23.
- La Figura 26 muestra un dibujo del conjunto despiezado ordenado de una única placa de membrana de acuerdo con una o más modalidades.
- 15 La Figura 27 ilustra un sello y un detalle del turbulador para el núcleo de la placa de membrana de acuerdo con una o más modalidades.
- La Figura 28 ilustra el sello, el turbulador y los puntos adhesivos como una unidad integral.
- La Figura 29 muestra una construcción alternativa del sello en donde los líquidos desecantes y refrigerantes se encuentran en áreas de sellado separadas y en donde el sello está conformado de manera que se drena automáticamente.
- 20 La Figura 30 muestra el sello de la Figura 29 montado contra una placa de cubierta termoconductora con orificios de drenaje y suministro para los fluidos.
- La Figura 31 muestra el conjunto de la Figura 30 con una malla de turbulencia y puntos adhesivos instalados en el medio del área del fluido refrigerante.
- 25 La Figura 32 ilustra las etapas de montaje a partir del montaje de la Figura 31 a través del montaje final de una sola placa de membrana y separadores.
- La Figura 33 ilustra el proceso de montaje de múltiples placas de membrana.
- La Figura 34 ilustra un detalle de la Figura 33.
- La Figura 35 muestra un conjunto de turbuladores de superficie en la técnica anterior.
- 30 La Figura 36 ilustra un conjunto de turbuladores de superficie que usan una membrana y una estructura de soporte como medio para crear flujo turbulento.
- La Figura 37 muestra un turbulador que puede generar un flujo contrarrotatorio en un canal de aire estrecho.
- La Figura 38 muestra un conjunto de media placa con un separador sobremoldeado y una membrana unida de acuerdo con una o más modalidades.
- 35 La Figura 39 muestra y una vista despiezada del conjunto de media placa de la Figura 38 de acuerdo con una o más modalidades.
- La Figura 40 ilustra cómo se adhieren dos medias placas para formar una única placa de membrana de acuerdo con una o más modalidades.
- 40 La Figura 41 muestra un material de red de turbina de aire que también puede proporcionar soporte mecánico a la estructura de la membrana.
- La Figura 42 muestra un detalle de la Figura 41 en donde dos membranas conectadas a dos placas de membrana de 3 vías están soportadas por una red de turbina de aire.
- La Figura 43 muestra un detalle similar de la Figura 42 en donde dos membranas conectadas a dos placas de membrana de 2 vías están soportadas por una red de turbina de aire.
- 45 La Figura 44 muestra una modalidad de una red de turbina de aire en donde la red también incorpora estructuras de soporte diseñadas para mantener las membranas mecánicamente en su lugar y en donde los separadores de borde están integrados al diseño.
- La Figura 45 muestra cómo la red de turbina de aire puede soportar una estructura de membrana que se enrolla en una estructura cilíndrica. El detalle "A" muestra una estructura de placa de intercambiador de calor de 2 vías. El detalle "B" muestra una estructura de placa de intercambiador de calor de 3 vías.
- 50 La Figura 46 muestra cómo la red de turbina de aire puede soportar una estructura de membrana plana para una estructura de placa de intercambiador de calor de 3 vías.
- La Figura 47 muestra cómo la red de turbina de aire puede soportar una estructura de membrana plana para una estructura de placa de intercambiador de calor de 2 vías.
- 55 La Figura 48 muestra una placa de soporte que se ha troquelado y termoformado para incorporar características para la distribución de líquido refrigerante y desecante.
- La Figura 49 muestra cómo la placa de soporte de la Figura 48 puede unirse con otra placa de soporte de la Figura 48 para formar una estructura de placa completa.
- La Figura 50 ilustra cómo las dos placas de soporte de la Figura 49 se unen para formar una sola placa en un aspecto transparente.
- 60 La Figura 51 muestra un detalle de una esquina de la placa de soporte de la Figura 48.
- La Figura 52 muestra una disposición de sellos para el líquido desecante, la membrana y los fluidos refrigerantes de la Figura 10.
- La Figura 53 muestra una disposición alternativa de sellos en donde el desecante corre detrás de una membrana en la zona "A" y la zona "B" solo proporciona un enfriamiento sensible.
- 65

- La Figura 54 muestra una disposición alternativa de sellos en donde el desecante se extiende sobre una primera sección "A" de la placa de membrana y no hay membrana en una segunda sección "B" de la placa de membrana.
- La Figura 55 muestra un intercambiador de calor de 2 vías de acuerdo con una o más modalidades.
- La Figura 56 muestra un detalle recortado del intercambiador de calor de 2 vías en una intersección de nivel impar.
- 5 La Figura 57 muestra un detalle recortado del intercambiador de calor de 2 vías en una intersección de nivel uniforme.
- La Figura 58 ilustra el montaje de una sola placa del intercambiador de calor bidireccional de la Figura 55.
- La Figura 59 muestra un conjunto de placa de nivel impar del intercambiador de calor de dos vías.
- La Figura 60 muestra un conjunto de placa de nivel uniforme del intercambiador de calor bidireccional.
- La Figura 61 ilustra un conjunto de placa de membrana de 2 partes que usa una corriente de aire primaria en una orientación vertical y un flujo de aire secundario en una corriente horizontal de flujo cruzado en donde la corriente de aire de flujo cruzado proporciona enfriamiento indirecto a la corriente de aire principal.
- 10 La Figura 62 muestra el conjunto de placa de membrana de 2 partes de la Figura 61 con una membrana externa retirada con fines ilustrativos.
- La Figura 63 muestra el lado trasero del conjunto de placa de membrana de 2 partes de la Figura 61.
- 15 La Figura 64 muestra una esquina de detalle de la Figura 63.
- La Figura 65 muestra un aspecto diferente de la Figura 64 con una membrana interna y un turbulador de aire extraído para mayor claridad.
- La Figura 66 muestra una vista despiezada del conjunto de placa de membrana de 2 partes de la Figura 61.
- La Figura 67 muestra un aspecto detallado de la Figura 66.
- 20 La Figura 68 muestra una vista en sección transversal de la parte superior del conjunto de placa de membrana de 2 partes de la Figura 61.
- La Figura 69 muestra una vista en sección transversal de la parte inferior del conjunto de placa de membrana de 2 partes de la Figura 61.
- La Figura 70 muestra un módulo de placa de flujo cruzado que usa múltiples copias del conjunto de placa de membrana de 2 partes de la Figura 61.
- 25 La Figura 71 muestra el módulo de placa de flujo cruzado de la Figura 70 integrado en un módulo de tratamiento de aire donde una parte de la corriente de aire de suministro primario se desvía y se mezcla con la corriente de aire de flujo cruzado secundario.
- La Figura 72 ilustra el módulo de tratamiento de aire de la Figura 71 con una cubierta lateral retirada para ilustrar la capacidad de variar la cantidad de aire de la corriente principal que se desviará a la corriente de aire de flujo cruzado.
- 30 La Figura 73 muestra un detalle de la Figura 72.
- La Figura 74 ilustra una modalidad alternativa del sistema de la Figura 71, en donde la corriente de aire se dirige a la porción superior del módulo de placa de flujo cruzado.
- La Figura 75 muestra un módulo de 2 partes en donde una placa proporciona 4 rutas de flujo para que los líquidos se espongan a una corriente de aire y en donde la corriente de aire es principalmente horizontal.
- 35 La Figura 76 muestra una vista despiezada módulo de 2 partes de la Figura 75.
- La Figura 77 muestra un detalle de la vista despiezada de la Figura 76.
- La Figura 78 muestra un módulo de tratamiento de aire con flujo de aire horizontal en donde la corriente de aire está expuesta a líquidos en cada uno de los canales del módulo.
- 40 La Figura 79 muestra el módulo de tratamiento de aire de la Figura 78 con las placas de cubierta retiradas.
- La Figura 80 ilustra el módulo de tratamiento de aire de la Figura 2000 en donde la placa de soporte se ha modificado para acomodar un conjunto de líneas de refrigerante que fluyen dentro de la placa de soporte de modo que se proporcione enfriamiento directo del desecante.
- 45 Descripción detallada de las modalidades preferidas
- La Figura 1 representa un intercambiador de calor de 3 vías en la técnica anterior en donde el aire entra en una pila de placas verticales. Las placas verticales tienen provisiones para un fluido refrigerante 38 y están recubiertas con un material flocado. Se aplica un desecante líquido al material de flocado que cae lentamente por la superficie de la placa, mientras absorbe el vapor de agua de la corriente de aire y conduce el calor de la condensación y el aire al fluido refrigerante.
- 50 La Figura 2 muestra una sección transversal de una placa de la Figura 1 en la técnica anterior en donde el fluido refrigerante entra en la ubicación 34, fluye hacia la ubicación inferior 38 y vuelve a la ubicación superior 38. El fluido luego fluye nuevamente hacia el fondo y de regreso al puerto de salida 36. Los pasos largos y estrechos en el flujo de fluido dan como resultado flujos de fluido laminar y, como se puede ver en la figura, el flujo de aire que ingresa en 10 está en ángulo recto con los flujos de fluido de enfriamiento.
- 55 La Figura 3 ilustra un intercambiador de calor de 2 vías en donde se aplican patrones alternos a una serie de placas. Los patrones están destinados a perturbar (turbular) los flujos de fluido. A menudo, los intercambiadores de calor de 2 vías se construyen con metales porque las altas presiones y temperaturas son comunes en los intercambiadores de calor de 2 vías. Para acomodar fluidos corrosivos, se pueden emplear intercambiadores de calor de titanio, pero el titanio es costoso y generalmente difícil de trabajar (perforación, soldadura, etc.). Se han construido y propuesto intercambiadores de calor de plástico, pero generalmente no pueden soportar presiones o temperaturas muy altas.
- 60 La Figura 4 muestra un intercambiador de calor de 3 vías flexible, de flujo completamente turbulento, resistente a la corrosión, de drenaje automático, de presión negativa, protegido por membrana y de contraflujo, diseñado para capturar
- 65

- vapor de agua y corriente de aire mientras se enfría simultáneamente la corriente de aire. La corriente de aire de alta temperatura y alta humedad 301 entra en una serie de placas de membrana 303 que enfrían y deshumidifican la corriente de aire. El aire fresco, seco y que sale 302 se suministra a un espacio tal como, por ejemplo, un espacio en un edificio. Se suministra un desecante a través de los puertos de suministro 304. Se proporcionan dos puertos a cada lado de la estructura de bloque de placa 300. Los puertos de suministro están separados de manera que proporcionan un flujo uniforme de película desecante a través de las placas de membrana 303. La película desecante cae por gravedad y se recoge en el fondo del bloque de placa 300 y sale a través de los puertos de drenaje 305. Se suministra un fluido de enfriamiento (o fluido de calentamiento según sea el caso) a través de los puertos 306 en la parte inferior del bloque de placa 300. Nuevamente, los puertos de suministro de fluido refrigerante están separados de manera que proporcionen un flujo uniforme de fluido refrigerante dentro de las placas de membrana 300. El fluido refrigerante corre hacia arriba dentro de las placas de membrana 303 y deja el bloque de placa 300 a través de los puertos 307. Las cubiertas frontal/trasera 308 y las cubiertas laterales 309 proporcionan soporte estructural y aislamiento térmico y aseguran que el aire no salga por los lados del bloque.
- 15 La Figura 5 muestra el bloque de placa de la Figura 4 reconfigurado de manera que la corriente de aire ahora puede ingresar al bloque en una orientación horizontal. El aire entra en 401 y sale del bloque en 402. Las cubiertas superior e inferior 403 aseguran el soporte estructural y evitan que el aire se escape de la parte superior e inferior del bloque de placa.
- 20 La Figura 6 ilustra el bloque de placa de la Figura 5, sin embargo, el flujo del líquido refrigerante se ha reconfigurado para que el líquido ingrese en el lado derecho del bloque en los puertos 306 en la parte inferior derecha y el puerto 405 en la parte superior derecha. El fluido ahora sale del bloque en los puertos 307 en la parte superior izquierda y el puerto 404 en la parte inferior izquierda. Como se puede ver en la figura, el fluido refrigerante fluye en la dirección opuesta al flujo de la corriente de aire, lo que da como resultado una mejor transferencia de calor y humedad entre el aire y el desecante y el agua de enfriamiento.
- 25 La Figura 7 ilustra un diagrama de flujo de fluido simplificado que corresponde a la configuración de bloque de placa de la Figura 4. La corriente de aire fluye sobre la superficie de la placa de membrana a partir del punto 501. La placa de membrana 504 se construye como una estructura hueca con pasos de fluido. La bomba de fluido refrigerante 507 bombea fluido 502 dentro de la placa hueca donde se distribuye. El fluido entonces corre hacia arriba y sale en el puerto de salida 505. El fluido puede ingresar a la placa en más de un puerto para garantizar una distribución uniforme del fluido como se muestra en la figura. El drenaje 505 se construye de manera que crea un efecto de sifón cuando el líquido drena en el tanque 509. Esto da como resultado una presión ligeramente negativa en la estructura de la placa. La presión negativa ayuda a evitar que la placa sobresalga. Una altura de placa típica es de 500 a 600 mm, con un grosor típico de 3 mm y un ancho de 400 a 500 mm. Cuando una placa se llena con agua, la presión hidráulica puede separar las paredes de la placa, lo que da como resultado un estrechamiento de los entrehierros entre las placas y, en el peor de los casos, un aplastamiento del entrehierro por completo. El sifón y la presión negativa fuerzan las placas hacia adentro en lugar de hacia afuera y el entrehierro se mantiene adecuadamente.
- 30 De manera similar, el desecante 503 es bombeado por la bomba 506 a la parte superior de la placa, donde baja como una película descendente en la superficie exterior de la placa. El desecante líquido está contenido en la superficie de la placa por una membrana delgada y microporosa (no mostrada). La membrana fuerza al desecante líquido a un canal de drenaje en la placa, y de manera similar al fluido refrigerante, el desecante drena a través de un drenaje de sifón 510 hacia un tanque desecante 508. El efecto de sifón es aún más importante en el lado desecante del sistema, ya que la membrana es típicamente muy delgada (alrededor de 20 μm) y, por lo tanto, puede abultarse en el entrehierro mucho más fácilmente.
- 35 La Figura 8 ilustra el diagrama de flujo correspondiente a la configuración de bloque de placa de la Figura 5; La corriente de aire entra a 501 a través de la superficie de la placa. Los flujos de los otros flujos del fluido refrigerante y el desecante no cambian de los flujos en la Figura 7.
- 40 El uso de puertos duales permite reconfigurar el sistema de la Figura 8 en el sistema mostrado en la Figura 9 y suministran fluido refrigerante a la parte superior e inferior de la placa, convirtiendo de esta manera el flujo de líquido refrigerante en un contraflujo a la corriente de aire y aumentando significativamente la eficiencia de la función del intercambiador de calor de la placa de membrana 504. Dado que los sistemas de aire acondicionado de los edificios se construyen para acomodar una amplia variedad de edificios y climas, es ventajoso poder expulsar el aire de un sistema de aire acondicionado de manera horizontal o vertical, sin alterar significativamente la eficiencia del intercambiador de calor. Al ser capaz de alterar el patrón de flujo en la placa de membrana, la placa retiene una eficiencia óptima en cualquier orientación del flujo de aire.
- 45 La Figura 10 muestra un detalle de construcción en sección transversal de un único conjunto de placa de membrana. El aire entrante 601 se dirige sobre dos turbuladores de aire 602 en forma de malla. Los turbuladores de aire 602 pueden construirse con diversos materiales económicos, tales como redes de plástico extruido de polipropileno o líneas de plástico, u otros materiales convenientes. Un ejemplo de una red que puede funcionar como un turbulador de aire es la red negra de polipropileno OB1200 hecha por Industrial Netting, 7681 Setzler Pkwy N. Minneapolis, MN 55445, EE.UU.
- 50 Dado que las placas de membrana tienen una membrana 603 que ayuda a evitar que los líquidos entren en la corriente de aire, las placas de membrana, a diferencia de los sistemas sin membranas, pueden acomodar flujos de aire turbulentos,

ya que el flujo turbulento no puede empujar el desecante a la corriente de aire. De este modo, el turbulador de aire puede mejorar la transferencia de calor y humedad de la corriente de aire al desecante líquido sin correr el riesgo de que el desecante se transfiera. La membrana es, por ejemplo, el polipropileno EZ2090, membrana microporosa fabricada por Celgard, LLC, 13800 South Lakes Drive Charlotte, NC 28273. La membrana tiene aproximadamente un 65 % de área abierta y tiene un grosor típico de aproximadamente 20 µm. Este tipo de membrana es estructuralmente muy uniforme en tamaño de poro y es lo suficientemente delgada como para no crear una barrera térmica significativa. El tamaño de poro uniforme asegura que no haya áreas o manchas de desecante líquido que se rompan a través de la membrana. El área abierta permite un buen contacto entre el aire y el desecante. Sin embargo, el polipropileno tiene una energía superficial muy baja, lo que dificulta su adhesión mediante adhesivos convencionales. La unión por calor es posible pero conlleva el riesgo de daño a la membrana al crear agujeros. Además, la membrana generalmente no puede soportar temperaturas de mucho más de 90 °C, lo que significa que la soldadura térmica debe ser un proceso bien controlado. Otra opción es unir la membrana 603 unida por puntos adhesivos 607 a una delgada lámina de plástico termoconductora 609. Los puntos adhesivos pueden ser, por ejemplo, adhesivos 550 o 5200 fabricados por 3M Corp., 3M Center St. Paul, MN 55144-1000. Estos adhesivos no solventes pueden "agarrar" mecánicamente la estructura de la membrana y, por lo tanto, pueden adherirse bien tanto a la membrana 603 como a la estructura de la placa 609. Los puntos adhesivos 607 están separados unos 2,5 cm en un patrón adecuado para crear una buena adhesión a través de toda la cara de la estructura de placa 609. La estructura de placa 609 comprende un polímero reforzado tal como una lámina de plástico reforzado con fibra de vidrio, película de PET o plástico de ingeniería seleccionado por su rigidez e inercia a las soluciones desecantes. La estructura de placa 609 es típicamente una lámina de aproximadamente 450 mm de ancho, 600 mm de alto y 0,4 mm de grosor. La placa de plástico puede doparse térmicamente para mejorar la transferencia de calor entre el desecante 606 y el fluido refrigerante 608. Los puntos adhesivos 607 se aplican a través de un material de cribado fino 606. El material de cribado 606 es, por ejemplo, un cribado delgado de polipropileno XN 4900 fabricado por Industrial Netting, 7681 Setzler Pkwy N. Minneapolis, MN 55445, EE.UU. El cribado 606 cumple dos funciones principales: turbina el desecante 610 a medida que fluye por la superficie de la placa de soporte 609. También establece una distribución de desecante de distancia fija y un grosor uniforme de la película desecante 610 a medida que fluye hacia abajo por la placa de soporte 609. En lugar de emplear puntos adhesivos 607, sería claro para los expertos en la técnica que pueden idearse otros métodos para unir la membrana al cribado 606 y la placa de soporte 609, por ejemplo, recubriendo el cribado 606 con un adhesivo o por coextruir el cribado 606 con un adhesivo para que el cribado 606 ya contenga un adhesivo que pueda activarse por calor u otro mecanismo de activación.

El desecante entra en la placa de membrana a través del puerto de suministro 611, que se desplaza horizontalmente desde el área de la membrana como se mostrará en la Figura 26. El desecante fluye a través de la cabecera de distribución 604, que puede fabricarse mediante el uso de un sello adhesivo o una pieza de plástico como también se mostrará en la Figura 26. La cabecera de distribución 604 tiene una serie de pequeños orificios de aproximadamente 0,5 mm 616, que aseguran una distribución de película desecante generalmente uniforme en la parte superior de la placa de soporte 609. El desecante entonces pasa a fluir turbulentamente a través del cribado 606. La membrana se adhiere a la placa de soporte a través de los puntos adhesivos 607 y se adhiere con un sello de borde 617. El sello de borde puede hacerse con un adhesivo tal como 3M 550 o 5200 mencionado anteriormente o con una cinta adhesiva de doble cara capaz de alta temperatura como 3M™ Adhesive Transfer Tape 950 3M Id: 70-0060-3055-8 fabricada por 3M Corp. En cualquier caso, el desecante alcanza el fondo de la placa de soporte, y el sello inferior fuerza al desecante a los orificios de drenaje de la placa de soporte 619. Luego, el desecante pasa al puerto de drenaje 614, donde un drenaje de sifón 615 recoge el desecante en un tanque (no mostrado).

Un fluido refrigerante entra en el puerto de suministro de refrigeración 613. El fluido refrigerante entra en un área hueca entre las dos placas de soporte 609. El área hueca mide aproximadamente 550 mm x 430 mm x 2,5 mm de grosor. El área hueca está completamente separada del área desecante por los sellos 604. El área hueca también se llena con un turbulador de fluido refrigerante 608. Este turbulador 608 puede comprender un cribado grueso en forma de diamante, tal como la malla de diamante XN 4700 fabricada por Industrial Netting, 7681 Setzler Pkwy N. Minneapolis, MN 55445, EE.UU. La malla de diamante es un material de dos planos que cumple dos funciones: establece la distancia entre las dos placas de soporte 609 a una distancia uniforme y controlada con precisión. También crea turbulencia o agitación en el fluido refrigerante a medida que fluye a través del área hueca, absorbiendo así de manera eficiente el calor de las placas de soporte 609. La malla de diamante de 2 planos tiene la ventaja de que contiene suficiente variación en el grosor del alambre para que no obstruya significativamente el flujo de líquido. La estructura de diamante también distribuye el fluido de enfriamiento de manera uniforme en el área hueca sin áreas de flujo inactivas que pueden resultar en un rendimiento de enfriamiento desigual de la estructura de la placa de membrana. Finalmente, las placas de soporte 609 se conectan entre sí mediante puntos adhesivos adicionales 620 que pueden hacerse de material similar a los puntos adhesivos 607. Estos puntos adhesivos adicionales aseguran que las placas permanezcan uniformemente conectadas entre sí, incluso cuando el área hueca se llena con fluido refrigerante que ejercerá una fuerza que separa las placas 609. Los puntos adhesivos 620 también se colocan en un patrón regular que asegura una conexión uniforme entre las dos placas, típicamente separadas 2,5 cm para crear un soporte adecuado contra la fuerza del fluido refrigerante que llena el área hueca. En lugar de emplear puntos adhesivos 620, sería claro para los expertos en la técnica que pueden idearse otros métodos para unir las placas de soporte 609 a la malla del turbulador 608 y la placa de soporte opuesta 609, por ejemplo recubriendo la malla 608 con un adhesivo o coextruyendo la malla 608 con un adhesivo de modo que la malla 608 ya contenga un adhesivo que pueda activarse por calor u otro mecanismo de activación.

Por lo tanto, el conjunto de placa de membrana de la Figura 10 tiene 3 flujos de fluido turbulentos en una disposición de contraflujo, se construye con materiales económicos, es resistente a la corrosión y se fabrica fácilmente. La placa de membrana también es fácilmente reconfigurable para acomodar el flujo de aire horizontal y vertical con el fluido refrigerante en una disposición de contraflujo. También es posible adherir la membrana 603, al cribado 606, los puntos adhesivos 607 y la placa de soporte 609 en un proceso de rollo a rollo. En dicho proceso, los adhesivos elegidos pueden ser diferentes o pueden aplicarse, por ejemplo, con un sistema de serigrafía.

La Figura 11 y la Figura 12 ilustran el efecto que la presión del desecante puede tener sobre la forma de la membrana muy delgada 603. El desecante líquido ingresa a la estructura de la placa de membrana en el puerto 611. Fluye a través de un pequeño puerto (no mostrado) al material de cribado fino 606 descrito anteriormente y luego continúa como una película descendente a través del material de cribado 606. Para facilitar la ilustración, solo se muestra una de las membranas 603. Aunque los puntos adhesivos 607 sostienen la membrana 603 contra el material de cribado 606, se puede desarrollar una contrapresión cerca del fondo de la placa de membrana 701 que da como resultado que la membrana se hinche en el entrehierro reduciendo o cortando el flujo de aire como se muestra en la Figura 12. En la Figura 11 se ha conectado un drenaje de sifón adecuado 614, que permite que el desecante sea aspirado por el drenaje 614 y dentro del tanque de recogida 508, lo que da como resultado una presión negativa en el área 702. Esto a su vez permite que la membrana 603 se presione plana contra el material de cribado 606. Un drenaje sin sifón como se muestra en la Figura 12 mejorará la contrapresión y dará como resultado un abultamiento de la membrana. La ventaja de usar un drenaje de sifón es que reduce la necesidad de puntos adhesivos 607 entre la membrana 603 y la placa de soporte 609.

El drenaje de sifón es una característica única que permite usar la placa desecante en una orientación casi horizontal, como se muestra en la Figura 13. El drenaje de sifón 614 recoge el desecante líquido en el borde inferior de la placa. Las membranas en la ubicación 701 se mantienen planas contra el material de cribado 606 por la presión negativa. La característica de sifón también puede usarse en el canal principal de agua 608, que reduce de manera similar la necesidad de los puntos adhesivos 620 que conectan las placas de soporte 609.

La Figura 14 muestra un separador 750A que se usa para conectar dos de las placas de soporte de membrana 609 como se muestra en la Figura 10. El separador 750A se hace típicamente de un caucho ligeramente conforme tal como EPDM u otro material adecuado. El separador proporciona dos conexiones de fluido. La conexión 753 se usa para proporcionar o drenar fluido refrigerante hacia/desde las placas de membrana mostradas en la Figura 10 y la conexión 755 se usa para suministrar o drenar desecante de las placas de membrana. Cualquiera de las conexiones está rodeada por un material de sellado 752 y 754. El material de sellado puede ser un adhesivo o un anillo de sellado separado con adhesivos en ambos lados del anillo, tal como un anillo hecho de 3M VHB Adhesive Transfer Tape F9473PC o material similar. La ventaja de tener dos sellos separados como se muestra en la Figura 14 es que si uno de los sellos desarrolla una fuga, la fuga no afectará al otro sello. El aspecto 757 muestra una orientación lateral de la construcción del separador con el sello 752 también visible, así como también las dos placas de soporte de membrana 609.

La Figura 15 muestra una implementación alternativa del separador en donde todo el separador 750B se ha recubierto por un adhesivo 756. El aspecto 758 muestra nuevamente una orientación lateral de la construcción del espacio. Será obvio para los expertos en la materia que muchas variaciones y combinaciones de sellos y adhesivos pueden hacerse adecuadas para conectar las placas de membrana de la Figura 10.

La Figura 16 ilustra una modalidad de orientación lateral en la que el material EPDM 761 está sobremoldeado en la placa de soporte 609. Un adhesivo 760 hace la conexión entre las dos partes sobremoldeadas, conectando de esta manera las dos placas de membrana.

La Figura 17 muestra una modalidad alternativa en donde el sobremoldeo 762 se aplica a solo una de las dos placas de soporte 609.

La Figura 18 ilustra un uso de los separadores 763 de la Figura 14 en donde todos los separadores tienen el mismo grosor que permite una separación uniforme entre las placas de membrana 764. La corriente de aire entrante 765 se dirige entre los separadores 763 y se trata en el área 766 antes de salir de las placas 767. Sin embargo, las placas de membrana 764 están tratando la corriente de aire. En modo de enfriamiento, cuando las placas de membrana tienen baja temperatura, la corriente de aire se contrae ya que se enfría y deshumidifica simultáneamente. Puede ser beneficioso en esa circunstancia aplicar fuerzas 768 y 769 sobre el conjunto de placa, reduciendo de esta manera el ancho del entrehierro entre las placas, lo que permitirán los separadores EPDM compatibles. Al reducir el entrehierro, aumenta la eficiencia del enfriamiento y la deshumidificación. Sin embargo, el aire también experimentará una mayor resistencia al flujo en los canales y, por lo tanto, habrá una compensación entre la eficiencia de enfriamiento y la caída de presión. Los expertos en la materia tendrán claro que las fuerzas 768 y 769 se pueden aplicar por igual, lo que da como resultado una reducción más uniforme del entrehierro, o se pueden aplicar de manera desigual reduciendo de esta manera el entrehierro más en un lado de las placas de membrana en comparación con el otro lado de las placas. Esto puede ser ventajoso para compensar la reducción en el volumen de aire. Por ejemplo, el aire que ingresa a las placas de membrana a una temperatura de 35 °C tiene una densidad de aproximadamente 1,13 kg/m³ y tiene una densidad de 1,20 kg/m³ a una temperatura de salida de 20 °C. Este aumento en la densidad da como resultado una reducción en la velocidad superficial cerca de la salida de las placas de membrana. Al reducir el entrehierro cerca de la salida de las placas de membrana (por ejemplo, aplicando una fuerza mayor 768 cerca de la salida de las placas de membrana que la fuerza 769 cerca de la entrada de las placas de

membrana), la velocidad superficial del aire sobre las membranas puede mantenerse constante, lo que permite una eficiencia más óptima a lo largo de la superficie de la membrana.

La Figura 19 muestra una modalidad alternativa del módulo de membrana de la Figura 18 en donde los separadores 773 cerca de la entrada de las placas de membrana 764 se hacen más anchos que los separadores 774 cerca de la salida de las placas de membrana. El calentador que ingresa al aire 770 ingresa a las placas de membrana 764 y se encoge gradualmente a medida que se enfría por las placas de membrana en el canal de aire 771. El aire de salida 772 se ha reducido a un tamaño más pequeño que se ajusta más al ancho de los separadores 774 cerca de la salida del módulo de membrana. Los expertos en la materia tendrán claro que si el módulo de membrana calienta el aire, como es el caso si el módulo funciona como un regenerador, las placas de membrana pueden estar dispuestas para aumentar sus entrehierros para acomodar el aire en expansión a medida que se mueve a través de las placas de membrana.

La Figura 20 ahora ilustra el bloque de placa de la Figura 4 con la placa frontal de la cubierta frontal retirada de modo que el primer entrehierro y la primera placa de membrana sean visibles. Se muestra que los cuatro separadores 750A proporcionan las conexiones de fluido a la primera placa de membrana 802. También es visible el turbulador de aire 801, que como se describió anteriormente puede ser una serie de líneas de plástico o un material de malla unido a las placas de cubierta lateral 309 de manera que se asiente en el medio del entrehierro donde la obstrucción del flujo de aire tiene el mayor efecto sobre la turbulencia.

La Figura 21 muestra el bloque de placa de la Figura 20 con múltiples placas retiradas para que la conexión de fluido en las placas de membrana 803 sea visible. El desecante se suministra a través del puerto 611 y se drena a través del puerto 614. El fluido refrigerante entra a través del puerto 613 y sale a través del puerto 612.

La Figura 22 ahora ilustra el bloque de placa de la Figura 5 con la placa frontal de la cubierta frontal retirada de modo que el primer entrehierro y la primera placa de membrana sean visibles. Se muestra que los cuatro separadores 750A proporcionan las conexiones de fluido a la primera placa de membrana 902. También es visible el turbulador de aire 901, que como se describió anteriormente puede ser una serie de líneas de plástico o un material de malla unido a las placas de cubierta superior e inferior 403 de manera que se asiente en el medio del entrehierro donde la obstrucción del flujo de aire tiene el mayor efecto sobre la turbulencia.

La Figura 23 muestra el bloque de placa de la Figura 22 con múltiples placas retiradas para que la conexión de fluido en la placa de membrana 903 sea visible. El desecante se suministra a través del puerto 611 y se drena a través del puerto 614. El fluido refrigerante entra a través del puerto 613 y sale a través del puerto 612.

La Figura 24 ilustra una malla de aire alternativa en donde la turbulencia se proporciona por líneas de plástico horizontales 1001 que obstruyen el aire en los espacios entre las placas de membrana. Esta modalidad es menos flexible porque si la dirección del flujo de aire se convierte en un flujo horizontal como se muestra en la Figura 25 los cables 1002 necesitan ser reubicados también.

La Figura 26 ilustra una vista despiezada de una modalidad de la placa de membrana como se describe en la Figura 10. Una membrana 1101 tiene disposiciones 1106 para los pasos de fluido cortados en ella, o las esquinas de la membrana simplemente se pueden retirar como se muestra en 1107. Como se describió anteriormente, un sello de cinta o pegamento 1102 sella los bordes de la membrana 1101 a la placa de soporte 609. Un material de cribado o tejido absorbente 606 se adhiere a la placa de soporte 609 con puntos de pegamento 607 como se describió anteriormente. La placa de soporte 609 puede hacerse de varios plásticos tales como plástico reforzado con fibra de vidrio o plásticos de ingeniería dopados térmicamente. La placa de soporte tiene provisiones para fluidos, así como también una serie de pequeños orificios de suministro de desecante 1108 y orificios de drenaje de desecante 1103. La placa de soporte 609 está a su vez unida a una malla de diamante 1105 con un sello principal 604 que la rodea. El sello principal 604 proporciona un sello líquido así como también confina las áreas para enfriar fluidos y desecantes. También se muestra el turbulador de fluido refrigerante 608. Como se puede ver en la figura, el sistema es simétrico con respecto al sello medio 604 y al turbulador de fluido refrigerante 608. Por lo tanto, una segunda placa de soporte 609, el cribado 606 y la membrana 1101 se adhieren al lado opuesto del sello medio 604. La unión de cuatro separadores 750A a las cuatro esquinas de la placa de membrana permite la conexión a la siguiente placa de membrana. Repitiendo el montaje de la Figura 26 permite construir una pila de placas múltiples y, finalmente, configurarla en un bloque de placas completo.

La Figura 27 muestra el sello medio 604, que como se describió anteriormente se puede hacer completamente de un adhesivo o una pieza de plástico moldeada por inyección con una superficie cubierta de adhesivo. El sello principal 604 crea áreas para el suministro de desecante 1201 y el drenaje de desecante 1202, que están separadas del área de fluido refrigerante 1203. Un turbulador de malla de diamante 608 se coloca en el medio del sello 604. El montaje final de los componentes se muestra en la Figura 28, que también muestra el patrón de puntos adhesivos 620 que se usan para unir el conjunto a las 2 placas de soporte que se muestran en la Figura 26.

La Figura 29 muestra una disposición de sello alternativa a la disposición de la Figura 27. El sello de fluido refrigerante 1301 ahora es claramente un sello separado del sello de suministro de desecante 1302 y el sello de drenaje de desecante 1303. Los sellos 1302 y 1303 forman canales 1304 y 1305 que están conformados para permitir que el desecante se drene fácilmente. De manera similar, el sello 1301 de fluido refrigerante está conformado para permitir que el fluido

refrigerante se drene fácilmente. Esta característica de drenaje automático hace que el drenaje del sistema para el servicio sea significativamente más fácil y menos complicado. La Figura 30 muestra el conjunto de sello la Figura 29 colocado en la parte superior de una de las placas de soporte 609. Como se puede ver en la figura, los orificios de suministro de desecante 1108 y los orificios de drenaje 1103 se colocan en una línea horizontal, mientras que los sellos se construyen con un ángulo con respecto al plano horizontal. Como resultado de la forma del sello, la distribución del desecante en la parte superior es uniforme y se mejora el sifón en la parte inferior. También se muestran los orificios 611, 612, 613 y 614 en la placa de soporte 609 y se colocan en la esquina de los sellos para no crear una bolsa donde se puedan acumular líquidos. La Figura 31 finalmente muestra la instalación del turbulador de malla de diamante 608 y los puntos adhesivos 620 que conectan las dos placas de soporte 609.

La Figura 32 muestra el proceso de montaje restante. El aspecto 1401 es el mismo que se mostró en la Figura 31. El aspecto 1402 ilustra la segunda placa de soporte 609 instalada junto con el material de cribado fino 606 y los puntos adhesivos 607 para unir la membrana. El aspecto 1403 muestra la aplicación de la membrana 1101 y los separadores 750A como se describió anteriormente.

La Figura 33 muestra un diseño de separador alternativo 1501 que también integra cables 1503 y una cubierta lateral 1502. Los separadores integrales 1501 pueden apilarse verticalmente alrededor de las placas de membrana 1504 y proporcionar el sello lateral para el flujo de aire, eliminando de esta manera la necesidad de una cubierta lateral separada 309 como se muestra en, por ejemplo, la Figura 300. Los separadores integrales 1501 podrían ser un material plástico moldeado sobre los alambres 1503 o, alternativamente, una malla también podría moldearse en exceso.

La Figura 34 muestra un detalle de la esquina inferior de la Figura 33. El detalle también ilustra que es posible diseñar una característica 1551 en el separador integral 1501 que proporciona una tensión de resorte a los cables 1503. El elemento de resorte 1551 ayuda a garantizar que los cables 1503 permanezcan correctamente tensados a través de diferentes temperaturas, de modo que se inhiba la flacidez o la vibración en los cables.

La Figura 35 ilustra un turbulador de superficie como se describe en la técnica anterior. Una corriente de aire 1555 se dirige hacia un canal entre dos superficies 1552, que pueden ser membranas. Los turbuladores de superficie 1553 se colocan a distancias típicamente de 10 a 15 veces el ancho del canal en lados alternos del canal. El turbulador de superficie provoca pequeños remolinos o vórtices 1554 detrás del turbulador que permite que una mayor cantidad de moléculas en la corriente de aire se dirijan hacia las superficies de la membrana. Sin embargo, los turbuladores de superficie también causan un área pequeña 1556 que está cubierta por el turbulador y, por lo tanto, está inactiva para el transporte de moléculas a través de la membrana.

La Figura 36 muestra un turbulador de superficie que usa la membrana misma para crear remolinos y vórtices en la corriente de aire. Como la membrana es relativamente delgada, es posible formar el cribado 606 de manera que sostenga la membrana en un ángulo agudo con respecto a la corriente de aire como se ilustra en el elemento 1559. La superficie de soporte 609 también se puede formar para crear una cresta 1557, que a su vez forma una cresta en el cribado 606. También es posible adherir un material separado 1558 a la superficie de soporte 609 en lugar de formar el propio material de soporte. La ventaja de estos métodos es que el desecante que se está ejecutando en el material de cribado 606 ahora se ve obligado a permanecer cerca de la membrana 1552, lo que mejora la interacción entre la corriente de aire y las corrientes de desecante. Como se puede ver en la figura, al formar la membrana sobre estas crestas, se aumenta el área superficial y, por lo tanto, se mejora la eficiencia del sistema también.

La Figura 37 muestra un turbulador que puede generar un flujo de aire contrarrotatorio en un canal de aire estrecho. El turbulador también es capaz de soportar una estructura de membrana como se muestra en la Figura 78 y es fácilmente fabricable, por ejemplo, mediante el uso de tecnología de moldeo por inyección. En la figura, una corriente de aire 1556-3 se dirige a la estructura del turbulador. La estructura se sujeta en una ranura estrecha, por ejemplo, entre dos superficies de membrana. La parte superior de la estructura del turbulador 1556-1 contacta una membrana o superficie y no se muestra. El fondo de la estructura del turbulador 1556-2 contacta con una segunda membrana o superficie y tampoco se muestra. Cuando la corriente de aire 1556-3 llega al turbulador, una sección de la corriente de aire 1556-4 contacta una pared 1556-6 que se coloca en ángulo con respecto a la corriente de aire. El muro 1556-6 se acorta progresivamente en la dirección aguas abajo. Como resultado, la corriente de aire 1556-3 es forzada a un movimiento de rotación como se muestra por la corriente de aire 1556-4. Además, una obstrucción opcional 1556-7 fuerza la corriente de aire de regreso a la dirección opuesta a la que la pared 1556-6 estaba forzando la corriente de aire. Como un resultado, la corriente de aire se ve obligada a girar a la derecha. De manera similar, una sección de la corriente de aire 1556-5 que está a una pequeña distancia de la corriente de aire 1556-4, contacta con una pared 1556-9 que se coloca en ángulo con respecto a la corriente de aire, pero en el ángulo opuesto de la pared 1556-6. De nuevo, este muro se inclina hacia abajo en la dirección de la corriente de aire. Como resultado, la corriente de aire 1556-5 es forzada a girar sobre la pared. Nuevamente, una obstrucción opcional 1556-8 fuerza la corriente de aire en la otra dirección, dando como resultado una rotación hacia la izquierda de la corriente de aire. Las dos corrientes se combinan para formar una corriente de aire en contrarrotación detrás del turbulador como se muestra por las corrientes de aire 1556-4 y 1556-5.

La Figura 38 muestra una construcción alternativa para una estructura de placa de media membrana 1560. La placa de soporte 609 como se describió anteriormente ahora tiene un separador sobremoldeado 1561. El separador 1561 también actúa como un sello lateral para el flujo de aire similar a la Figura 33. La membrana 1562 cubre un cribado delgado 1563.

La vista despiezada en la Figura 39 muestra que la membrana 1562 se coloca sobre el cribado delgado 1563. La estructura se puede fabricar con operaciones de fabricación simples tales como troquelado, sobremoldeo, impresión de plantillas y procesos de montaje de rollo a rollo.

La Figura 40 ilustra cómo se pueden conectar dos medias placas 1560 usando la disposición de sello de la Figura 1300. El sello principal 1301 contiene el fluido refrigerante. El sello de suministro de desecante 1302 y el sello de recolección de desecante 1303 completan el montaje. Después de conectar las dos medias placas como se muestra en la figura, se pueden apilar varias placas para crear un bloque completo de placas.

La Figura 41 muestra un material de red de turbina de aire que también puede proporcionar soporte mecánico a la estructura de la membrana en un aspecto de media placa del diseño. Como la membrana es relativamente delgada como se mencionó anteriormente (~20 µm), se deben emplear varias técnicas para garantizar que la membrana no se libere de la estructura de soporte y entre en la corriente de aire. Como se muestra en la Figura 700 una presión de sifón negativa en la corriente de desecante líquido puede ayudar a asegurar que la membrana 603 permanezca plana contra el cribado de soporte 606. Los puntos adhesivos 607 aseguran que el cribado y la membrana permanezcan en su lugar. La Figura 41 muestra una estructura de soporte de malla de aire alternativa 1572 a los puntos adhesivos 607. La estructura de soporte de malla de aire 1572 tiene dos funciones: proporciona un nivel de mezcla turbulenta de la corriente de aire y entra en contacto con la membrana para mantenerla contra su placa de soporte. Los sellos de borde y trayectoria de líquido 1502 se discutieron anteriormente en la Figura 33.

La Figura 42 muestra un recorte de detalle de la Figura 41 en donde dos membranas conectadas a dos placas de membrana de 3 vías están soportadas por una red de turbina de aire 1572. Las membranas 603 son contactadas por la estructura de soporte de malla de aire 1572 desde el lado del entrehierro y por el material de cribado 606 desde el lado desecante líquido. Un intercambiador de calor de 3 vías (que usa aire, desecante líquido y un fluido refrigerante) también tendría una malla de turbulencia de agua 608 y una estructura de sellado de agua 1302 como se muestra anteriormente. Además, las placas de soporte 609 proporcionan aislamiento mecánico entre el desecante líquido que atraviesa el cribado 606 y el fluido refrigerante que atraviesa la malla de la placa 608.

La Figura 43 muestra un detalle similar a la Figura 42 en donde dos membranas conectadas a dos placas de membrana de 2 vías están soportadas por una red de turbina de aire. En un intercambiador de calor de membrana de 2 vías (aire y desecante sin fluido refrigerante), se puede desplegar la misma estructura de soporte de malla de aire 1572. La capa de fluido refrigerante simplemente se elimina de las estructuras de placa.

La Figura 44 muestra una modalidad de una red de turbina de aire en donde la red también incorpora estructuras de soporte diseñadas para mantener las membranas mecánicamente en su lugar, así como también un conjunto de separadores destinados a mantener la corriente de aire contenida en una ranura entre dos placas de membrana. La forma de las estructuras de soporte puede diseñarse para minimizar en general el área perdida en la membrana mientras se logra un buen soporte. Igualmente, la forma de los "cables" entre las estructuras de soporte puede diseñarse para optimizar la turbulencia y la mezcla de aire. Los separadores de borde 1502 están diseñados para proporcionar una o más conexiones de fluido entre pilas de placas de membrana. La red de turbina de aire puede fabricarse con muchas técnicas diferentes, tales como conformado, moldeo por inyección u otras etapas de fabricación comunes. Al hacer la red de aire de turbina de un material flexible tal como EPDM, la malla permanece elástica y puede suministrar una fuerza a las membranas.

La Figura 45 muestra cómo la red de turbina de aire puede soportar una estructura de membrana que se enrolla en una estructura cilíndrica. El detalle "A" muestra una estructura de placa de intercambiador de calor de 2 vías. El detalle "B" muestra una estructura de placa de intercambiador de calor de 3 vías. Al seleccionar materiales flexibles para la malla desecante 606 y la red de turbina de aire, la estructura se puede enrollar en una estructura cilíndrica multicapa. Las fuerzas (representadas por las flechas 1576) restringen la estructura enrollada. Los mamparos de suministro y drenaje 1575 proporcionan las conexiones de fluido para los líquidos refrigerantes y el desecante. La corriente de aire es perpendicular al plano de la figura y se dirige a correr solo a través de la estructura enrollada. El detalle "A" muestra la estructura enrollada para un intercambiador de calor de aire bidireccional a desecante, mientras que el detalle "B" muestra la estructura enrollada para una estructura de aire, desecante y fluido refrigerante de 3 vías.

La Figura 46 muestra cómo la red de turbina de aire puede soportar una estructura de membrana plana para una estructura de placa de intercambiador de calor de 3 vías. La estructura mostrada en la figura contiene cinco placas desecantes líquidas de 3 vías en el diseño de la Figura 10. Las placas extremas 1578 están proporcionando una fuerza 1577 sobre las cinco placas y las seis estructuras de soporte de malla de aire. El conjunto mostrado reduce la necesidad de adhesivos y los puntos adhesivos 607 y 620 de la Figura 10 pueden eliminarse.

La Figura 47 muestra cómo la red de turbina de aire puede soportar una estructura de membrana plana para una estructura de placa de intercambiador de calor de 2 vías. La estructura que se muestra en la figura contiene cinco placas desecantes líquidas de 2 vías. Las placas extremas 1578 están proporcionando una fuerza 1577 sobre las cinco placas y las seis estructuras de soporte de malla de aire. El conjunto que se muestra reduce la necesidad de adhesivos.

En la Figura 48 se muestra una placa de soporte troquelada termoconformada 1581. La función de la placa de soporte 1581 es idéntica a la de la placa de soporte 609 en la Figura 10, sin embargo, tanto la malla de diamante 608, el tejido absorbente o el material de cribado 606 y los canales de drenaje y suministro de líquido refrigerante y desecante (etiquetados 611, 612, 613 y 614 en la Figura 10) se han integrado en el diseño del molde. El canal de suministro de desecante 611 permite que el desecante corra a lo largo de la cabecera desecante 1585. El desecante sale de la cabecera 1585 a través de los agujeros 1108 y puede correr por el exterior de la placa de soporte 1581. Los orificios de recogida de desecante 1103 permiten que el desecante vuelva a entrar en la placa de soporte y pase por la cabecera de drenaje del desecante 1584 para salir por el drenaje 614. Similar a la Figura 10, el fluido refrigerante entra en la placa de soporte a través de la abertura 614, y sale por la parte superior de la placa en 612. La característica 1582 es una característica integrada que funciona como la malla de diamante que se muestra en las figuras anteriores. La característica 1582 se puede formar de muchas maneras diferentes, pero debe cumplir tres funciones principales: 1) establecer la distancia entre dos placas de soporte, 2) crear una mezcla turbulenta en el fluido de enfriamiento mientras mantiene patrones uniformes de flujo de fluido de enfriamiento, y 3) proporcionar una superficie de unión a una segunda placa de soporte.

Las pequeñas características 1583 se elevan ligeramente por encima de la superficie de la placa de soporte en la dirección del desecante. Estas características proporcionan una función similar al tejido absorbente o al material de cribado 606 como se mostró en la Figura 10. Las características permiten mezclar el desecante, permiten que la membrana (no mostrada) se una a la placa de soporte y establecen una distancia uniforme y firme entre la membrana y la placa de soporte para que se produzca un transporte uniforme de calor y vapor de agua. Hay muchas configuraciones posibles de la característica 1583 posibles para lograr estos objetivos.

La Figura 49 muestra cómo dos placas de soporte de la Figura 48 pueden unirse espalda con espalda para proporcionar una estructura de placa completa. Para mayor claridad, las dos placas se muestran separadas una pequeña distancia. La característica 1582 en la placa de soporte 1581 se acopla a una característica similar 1587 en la placa de soporte 1586. Cuando las dos placas de soporte se unen, se forman una cabecera de suministro de desecante completo, una cabecera de drenaje de desecante y una sección de fluido refrigerante. Las características 1582 y 1587 se tocan en numerosos lugares creando una ruta enrevesada para el flujo del fluido refrigerante.

La Figura 50 muestra las dos placas unidas. En la figura, una de las placas se muestra de forma transparente, de manera que las características de superposición 1582 y 1587 permiten ver el paso del fluido, la mezcla turbulenta y una distancia sólida entre las placas de soporte.

La Figura 51 finalmente muestra una vista posterior detallada de la esquina inferior izquierda de la placa de soporte 1581 como se muestra en la Figura 48. Los pequeños elementos 1583 sobresalen en el área desecante en típicamente 0,5 mm. Los elementos del fluido refrigerante 1582 sobresalen en el área del fluido refrigerante, típicamente de 1,5 a 2,0 mm. El puerto de suministro de fluido refrigerante 613 está típicamente conectado en el lado desecante por un separador conforme como se muestra en la Figura 14. El desecante se recoge a través de los puertos 1103 en la cabecera 1584 y finalmente drena a través de los puertos 614.

La Figura 52 muestra una disposición de los sellos implicados en el diseño de placa 609 de la Figura 10. Como se describió anteriormente, el desecante líquido 1591 entra a través del puerto 611, y corre dentro del área de sellado 1304. El desecante sale del área de sellado 1304 a través de los agujeros de drenaje 1108 y está contenido por el sello de borde de membrana 1102. En el fondo de la placa de membrana, el sello desecante 1102 conduce el desecante a la placa a través de los orificios de drenaje 1103, después de lo cual el sello desecante inferior 1303 drena el desecante a través del puerto 614. El fluido refrigerante 1592 entra en la placa en el puerto 613, y corre hacia arriba hasta que sale en el puerto 612.

La Figura 53 muestra una disposición alternativa que puede ser útil si es conveniente un enfriamiento sensible adicional sin deshumidificación a través de la membrana. El drenaje del desecante 613 ahora está ubicado en algún lugar cerca de la porción superior de la placa de manera que el desecante se drena y el sello de membrana 1102 (y la membrana, que no se muestra) ahora solo cubre la porción superior de la placa. Como antes, el desecante 1591 ingresa a través del puerto 611 y baja por la superficie de la placa a través de los orificios de drenaje 1108 y drena a través de los orificios de recolección 1103 y a través del puerto de drenaje 613. El sello 1593 tiene ahora una forma tal que permite que el fluido refrigerante 1592 pase por el medio de la placa a través de la abertura 1594. El sello de recogida de desecante 1595 ahora se divide en 2 porciones con cada lado drenando a través de un puerto separado 613.

La Figura 54 ilustra otra modalidad de la disposición de la Figura 53 en donde la corriente de aire 601 se dirige principalmente de manera horizontal a través de la membrana a través de la superficie de la membrana 1102. En la sección "A", la membrana está presente con un desecante detrás de la membrana y el aire se deshumidifica y se enfría. La sección "B" no tiene membrana y, por lo tanto, solo proporciona enfriamiento sensible adicional a la corriente de aire. Los suministros de fluido refrigerante 15967 y 1597 ahora pueden entrar, por ejemplo, en los puertos 612 y 613 y el canal de fluido 1598 puede conformarse de tal manera que proporcione una contracorriente a la corriente de aire 601. La ventaja de esta disposición es que la sección de enfriamiento "B" actúa sobre el aire que ya se ha deshumidificado y, por lo tanto, no se producirá condensación en la sección "B".

La Figura 55 ilustra un intercambiador de calor líquido a líquido de 2 vías que usa conceptos similares a los descritos anteriormente. Dos placas de cubierta reforzadas principales 1601 y 1602 contienen una pila de placas de plástico 1603. Los puertos de suministro de líquido 1604 y 1606 y los puertos de drenaje de líquido 1605 y 1607 proporcionan una disposición de contraflujo.

La Figura 56 muestra el intercambiador de calor de 2 vías de la Figura 55 con una de las cubiertas retiradas. El orificio 1701 proporciona un paso de líquido "A" que fluye hacia arriba a través de un turbulador de malla de diamante 1707 y dentro del orificio de drenaje 1703. Un sello principal 1705 proporciona separación entre los líquidos "A" y "B" y el ambiente exterior. Como se puede ver en la figura, el líquido "B" no fluye hacia el canal ya que el sello 1705 simplemente lo transporta a la siguiente placa. Como se describió bajo el intercambiador de calor de 3 vías, el turbulador de malla de diamante 1707 proporciona dos funciones principales: establecer la distancia entre las placas de soporte 1706 y crear un flujo de líquido turbulento a través de las placas. La Figura 57 muestra el intercambiador de calor de 2 vías de la Figura 55 con una placa adicional 1705 retirada. Como se puede ver en la figura, el sello 1705 ahora rodea el conjunto opuesto de agujeros para que el fluido "B" pueda fluir a través del turbulador de malla de diamante 1707.

La Figura 58 muestra la placa de soporte 1706 que puede hacerse de manera similar a la placa de soporte 609 del intercambiador de calor de 3 vías a partir de un plástico reforzado con fibra de vidrio o un plástico de ingeniería térmicamente conductor. El sello 1705 puede hacerse nuevamente con un adhesivo como se describió anteriormente, por ejemplo, adhesivos de poliuretano 3M 550 o 5200. Dichos adhesivos pueden aplicarse a mano o mediante un sistema de robot adhesivo diseñado específicamente. Un turbulador de malla de diamante 1707 se aplica dentro del sello adhesivo como se muestra en la Figura 56.

La Figura 59 y la Figura 60 muestran las placas alternas que forman la pila de placas completa 1603 como se muestra en la Figura 55.

La Figura 61 ilustra un módulo de placa de membrana de 2 partes en donde una parte son módulos de membrana que pueden estar sujetos a temperaturas más altas, el montaje del módulo es crítico para garantizar que los gradientes de temperatura no provoquen la rotura de los materiales o la falla de los enlaces adhesivos. A menudo, esas fallas se observan cuando los plásticos (que tienden a tener grandes coeficientes de expansión térmica) se expanden y generan tensiones en los enlaces y adhesivos. Las membranas a menudo se "encapsulan" (lo que significa que se usa un plástico líquido para crear sellos entre varios componentes), pero dichos materiales de encapsulado una vez que curan también pueden fallar fácilmente. En los intercambiadores de calor desecantes líquidos, esto es particularmente importante en el regenerador y, en menor medida, en el acondicionador. Además, a menudo es difícil suministrar líquidos de manera uniforme en lados opuestos de placas delgadas no enfriadas internamente. Una estructura de 2 partes donde una porción se hace de un material flexible como EPDM o poliuretano es significativamente más indulgente.

La Figura 61 muestra un módulo con 2 pasajes aéreos distintos 2006 y 2011 y dos secciones distintas 2007 y 2008. Una membrana externa del lado frontal 2001 está unida a una placa semirrígida 2015 (que se ve más fácilmente en la Figura 62). La cabecera de líquido 2007 en la parte superior de la estructura se forma, combinado con un EPDM flexible o sección de material similar 2008, un canal de suministro de fluido 2005 para la membrana externa y un segundo canal de suministro de fluido 2004 para las membranas internas 2012. Vale la pena observar que hay dos puertos 2005 y 2004 en cada extremo de la estructura. Esto se debe a que los fluidos se deben distribuir preferentemente de manera uniforme a través de la superficie de la membrana. Es muy difícil proporcionar una capa uniforme si el fluido se aleja demasiado del puerto de entrada. En la práctica, se puede alcanzar una distancia de aproximadamente 400 a 500 mm entre los dos puertos, pero más allá de eso, el centro de la membrana se quedaría sin fluido. Tener solo un puerto en la cabecera podría limitar el ancho de la placa a aproximadamente 300 mm. Debe quedar claro que se podrían agregar puertos adicionales a la cabecera si se desea para aumentar el ancho de la estructura de 2 placas a más de 500 mm.

Los líquidos se drenan a través del drenaje 2002 para las membranas internas y el drenaje 2003 para las membranas externas. El material flexible 2008 también puede proporcionar opcionalmente un sello de borde 2009 para guiar el aire 2006 en un aspecto vertical a través del material flexible 2008, similar al material 602 en la Figura 10 mientras que también proporciona una cierta cantidad de mezcla de aire turbulento. El componente flexible 2008 cumple varias funciones: proporcionar una interfaz flexible entre pilas de placas 2007; proporcionar pasajes para líquidos entre pilas de platos 2007; proporcionar un sello de borde de canal de aire 2009; proporcionar soporte para las membranas externas entre pilas de placas 2007; y proporcionar una cantidad medida de turbulencia de aire en el canal de aire. La Figura 62 muestra la pila de placas de 2 partes de la Figura 61 con la membrana 2001 retirada. La placa de soporte rígida 2015 es claramente visible con orificios de suministro de líquido 2013 (que sirven para proporcionar un líquido detrás de la membrana 2001) y orificios de drenaje de líquido 2014. La figura muestra cómo un líquido 2014 ingresa a la estructura de 2 partes 2007/2008 en la parte superior de la figura, se encuentra con la cabecera de fluido, a través de un orificio de suministro 2013 y sobre la superficie externa de la placa de soporte 2015. Como se puede ver en la figura, la placa de soporte 2015 puede equiparse con diversas características para adherir la membrana 2001 y también para proporcionar un flujo turbulento del fluido como se describe en la descripción de la Figura 10.

La Figura 63 muestra el lado trasero de la pila de placas de 2 partes de la Figura 61. La estructura flexible 2008, que también contiene soportes 2017 para la membrana trasera exterior 2016, está soportando una membrana externa posterior 2016.

La Figura 64 muestra un aspecto detallado de la esquina inferior izquierda de la Figura 63. La figura muestra la membrana externa delantera 2001 unida a la placa de soporte 2015. También se muestra una de las dos membranas internas 2012. La estructura de soporte de membrana 2010 está turbulando la corriente de aire secundaria 2011. Es posible hacer que la estructura de soporte de membrana interna 2010 sea de un material similar a la estructura de soporte de membrana externa 2008. La estructura 2010 también contiene un sello de borde de membrana 2021 que se configura de manera que los líquidos entre la membrana interna 2012 y la placa de soporte 2015 pueden drenar en los orificios de drenaje de fluido 2025 (mostrados en la Figura 65). La cabecera de fluido inferior 2007 tiene una construcción similar a la cabecera de fluido superior o puede ser idéntica. Las cabeceras de fluido pueden hacerse de un plástico extruido como el ABS o un plástico flexible como el EPDM. La tapa extrema de la cabecera se ha mostrado retirada para mayor claridad. El canal de drenaje de fluido de membrana interno 2022 y el canal de drenaje de fluido de membrana externo 2023 también son visibles en la figura. La figura también muestra el turbulador 2019 que se ha hecho parte de la estructura flexible 2008. Las almohadillas de soporte de membrana 2020 mantienen la membrana 2016 en su lugar. Debe quedar claro que las almohadillas de soporte 2020 cumplen la misma función que los soportes 1572 en la Figura 41. También está claro que las membranas pueden mantenerse contra la placa de soporte 2015 mediante un efecto de sifón como se describe en la Figura 700

La Figura 65 muestra el mismo aspecto que la Figura 64 con la membrana interna 2012 y la estructura de soporte de la membrana interna 2010 retirada. La figura también muestra las características de soporte de membrana 2015A usadas para unir las membranas y para desviar los flujos de fluidos o ambas. Además, se muestra la ruta de fluido 2024 para el fluido detrás de la membrana interna. Los orificios de drenaje de fluido 2025 en la cabecera inferior también son visibles.

La Figura 66 muestra el conjunto de placa de membrana de 2 partes de la Figura 61 en un aspecto de "vista despiezada". La estructura de soporte de la membrana interna 2010 tiene dos membranas internas 2012 a cada lado de la estructura. Las cabeceras de fluido superior e inferior 2007 suministran y drenan fluido de las estructuras de membrana para las membranas interna y externa. Las placas de soporte 2015 proporcionan un soporte rígido y elementos para la turbulencia de los fluidos. Las membranas externas 2001 y 2016 están unidas en el exterior de las placas de soporte 2015. La estructura flexible 2008 finalmente completa la estructura.

La Figura 67 muestra una vista en primer plano de la cabecera de fluido superior con el canal de suministro de fluido 2026 para las membranas externas y el canal de suministro de fluido 2027 para las membranas internas visibles. Las membranas externas reciben fluidos a través de los agujeros de suministro 2029 y las membranas internas reciben fluido a través de los agujeros de suministro 2028.

La Figura 68 ilustra las rutas de suministro de fluido para la membrana externa 2029, así como también la ruta de fluido 2033 para la membrana interna.

La Figura 69 ilustra la ruta de drenaje de fluido 2032 para la membrana externa, así como también la ruta de drenaje de fluido 2024 para la membrana interna. Los orificios de drenaje 2025 y el canal de fluido 2022 para las membranas internas se muestran como los orificios de drenaje inferiores 2031 para las membranas externas en el canal de fluido 2023.

La Figura 70 muestra una pila de múltiples estructuras de 2 placas dispuestas en un módulo de tratamiento de aire de flujo cruzado. Los líquidos se suministran en la parte superior de la estructura a través de dos puertos 2005 para lograr una distribución más uniforme del fluido a través de las membranas externas. Igualmente, los dos puertos 2004 proporcionan una distribución uniforme del fluido a través de las membranas internas. Los puertos de drenaje 2002 y 2003 proporcionan drenaje para las membranas internas y externas, respectivamente. Tenga en cuenta que los fluidos detrás de las membranas internas y externas pueden ser diferentes o idénticos. Por ejemplo, además de uno de los fluidos también son posibles otros fluidos. Como se describió anteriormente, la corriente de aire primaria 2007 puede estar en un aspecto descendente o ascendente y la corriente de aire de flujo cruzado 2010 puede ingresar al módulo desde cualquier lado.

La Figura 71 demuestra una aplicación del módulo de membrana de la Figura 70 en donde la corriente de aire primaria 2006 que comprende aire exterior fluye generalmente verticalmente a través del módulo y es desviada parcialmente por el desviador 2503 para convertirse en parte de la corriente de aire secundaria que fluye generalmente horizontalmente a través del módulo. También se aplica una corriente de aire secundaria adicional 2501 que, por ejemplo, también puede ser una corriente de aire exterior. Al proporcionar ahora un desecante líquido a través de los puertos 2005, la corriente de aire primaria 2006 se deshumidifica a través de las membranas externas. Si se proporciona agua a través de los puertos 2004, la corriente de aire secundaria provocará un efecto de enfriamiento por evaporación en la parte posterior de las placas de soporte 2015 mostradas anteriormente. Este efecto indirecto de enfriamiento por evaporación elimina el calor latente y el calor sensible de la corriente de aire primario. Este efecto de enfriamiento, a su vez, mejora la deshumidificación en el canal primario, lo que proporciona un efecto de enfriamiento mayor en el canal secundario como un sistema autorreforzante. Las placas extremas 2502 y 2504 proporcionan soporte y montaje de las pilas de placas, así como también una interfaz conveniente para los fluidos

La Figura 72 muestra el sistema de la Figura 71 con la placa extrema 2504 retirada. Como se puede ver en la figura, el desviador 2503 está desviando una porción 2507 del aire en el canal. El desviador puede hacerse de un material o partes

flexibles o ajustables para que la porción de aire desviado pueda variarse, por ejemplo, moviendo la abertura de admisión 2506 o la relación de mezcla de aire secundario moviendo la sección 2505. Esto permite variar la composición de la corriente de aire secundario; por ejemplo, en climas cálidos y secos, es posible que haya poca necesidad de usar el aire seco primario.

5

La Figura 73 muestra un detalle de la esquina inferior izquierda de la Figura 72, que muestra claramente cómo se cambia la ruta de aire primaria en las ranuras verticales para convertirse en la ruta de aire horizontal en la corriente de aire secundaria.

10

La Figura 74 muestra una modalidad alternativa del sistema en la Figura 71 en donde una porción 2507 de la corriente de aire primaria 2006, después de haberse tratado por las placas del módulo de membrana 2513, se dirige en los conductos 2510 para que fluyan hacia arriba 2508 y hacia la parte superior del módulo de membrana y donde se convierte en una corriente de aire secundaria horizontal de manera que corra en los canales alternos formados por las ranuras horizontales. La ventaja de esta disposición es que el aire seco tratado 2509 ahora se mezcla en la ubicación más ventajosa cerca de la parte superior del canal secundario, donde tiene el mayor efecto de enfriamiento en la corriente de aire primaria 2006. La corriente de aire secundaria 2501 ahora proporciona enfriamiento cerca del fondo de las placas de membrana 2513. El aire de salida 2511 se combina luego con el aire de salida 2512 que es el resultado del flujo de aire desviado 2507. Aunque es más complicado como conducto, la ventaja de redirigir el flujo de aire cerca de la parte superior de los paneles de membrana da como resultado un sistema más eficiente. Los expertos en la materia tendrán claro que el flujo de aire primario 2006 y el flujo de aire secundario 2501 pueden cambiarse de modo que la corriente de aire primario sea horizontal y la corriente de aire secundario sea vertical (ya sea que fluya hacia arriba o hacia abajo, según sea el caso).

15

20

La Figura 75 ilustra una modalidad alternativa de la pila de placas de 2 partes de la Figura 61. En este caso, la estructura de soporte de membrana de flujo de aire vertical 2008 se ha modificado para permitir un flujo de aire horizontal. La nueva estructura de soporte de membrana 2601 nuevamente se construye de un material compatible como el poliuretano o el caucho EPDM. También puede proporcionar turbidez de aire y funciones de soporte de membrana, así como también un sello de borde y pasos de líquido.

25

La Figura 76 muestra una "vista despiezada" de la pila de placas de 2 partes de la Figura 75. La estructura es esencialmente igual a la de la Figura 66 con la excepción de la estructura de soporte de membrana 2601 que ahora proporciona flujo de aire horizontal.

30

La Figura 77 muestra un detalle de la esquina inferior izquierda de la Figura 76. La membrana externa delantera 2001 se adhiere a la placa de soporte 2015, que a su vez se adhiere a la cabecera inferior 2007. La estructura de soporte de membrana 2010 proporciona soporte para las membranas internas 2012. Los drenajes de fluidos 2025 para las membranas internas permiten que los fluidos drenen en el canal 2002. Los orificios de drenaje 2031 en la placa de soporte 2015 permiten que las membranas externas 2001 y 2016 drenen en el canal de fluido inferior 2003.

35

La Figura 78 ahora ilustra un módulo de membrana en donde el aire en un aspecto horizontal es contactado por fluidos detrás de las membranas. Los puertos 2005 proporcionan fluidos a las membranas externas y los puertos 2004 proporcionan fluidos a las membranas internas. Los puertos 2002 drenan los fluidos de las membranas internas y los puertos 2003 drenan las membranas externas. Debe quedar claro que si los fluidos provistos a los puertos 2005 y 2004 son idénticos (por ejemplo, ambos contienen el mismo desecante), entonces los canales de fluido y los canales de suministro se pueden combinar en un solo canal. Esto simplificaría la construcción de los módulos de membrana. Del mismo modo, es fácil imaginar una estructura que tenga más de 2 fluidos expuestos a la corriente de aire empleando 3 o 4 pasajes de suministro y drenaje separados.

40

45

La Figura 80 ilustra una vista en sección transversal del módulo descrito en la Figura 2000, con detalles de construcción similares a los mostrados en las Figuras 2100A, 2100B, 2200A, 2200B, 2300A y 2300B, en donde que la placa de soporte 2015 se ha modificado para que pueda envolverse alrededor de una línea de refrigerante 2801 como se muestra por el abultamiento en la placa 2802. Los refrigerantes generalmente operan a altas presiones que pueden variar de 200 a 600 psi, lo que requiere el uso de líneas metálicas. Las líneas de refrigerante 2801 pueden proporcionar enfriamiento (o calentamiento según sea el caso) al desecante por conducción térmica a través de la placa de soporte 2015. El desecante líquido que corre detrás de las membranas 2012 y 2016 es altamente corrosivo, por lo que no es conveniente el contacto directo con las líneas de refrigerante de metal, a menos que las líneas de refrigerante estén hechas de un metal altamente inerte como el titanio que puede ser costoso. Al envolver la placa de soporte 2015 alrededor de las líneas de refrigerante 2801, se puede lograr un buen contacto térmico, sin la necesidad de una tubería de titanio y se puede emplear una tubería de cobre simple (que se usa comúnmente para refrigerantes). También es posible construir las líneas de refrigerante en ángulo con respecto a la corriente de aire de modo que el "abultamiento" en la membrana 2802 funcione de manera similar a los turbuladores de superficie como se muestra en la Figura 35 y 1555B. Las líneas de refrigerante permiten el enfriamiento directo del desecante y se pueden repetir cada varias pulgadas para evitar que el desecante se caliente demasiado ya que se extiende desde la parte superior hasta la parte inferior de la placa de membrana. La ventaja de este enfoque es que el aire ahora se puede deshumidificar y enfriar con un sistema de compresión de vapor convencional, en lugar de usar un enfriamiento por evaporación indirecto posterior, como se mostró, por ejemplo, en la Figura 71.

50

55

60

65

5 Habiendo descrito así varias modalidades ilustrativas, debe apreciarse que diversas modificaciones, modificaciones y mejoras se producirán fácilmente para los expertos en la técnica. Si bien algunos ejemplos presentados en la presente descripción involucran combinaciones específicas de funciones o elementos estructurales, debe entenderse que esas funciones y elementos pueden combinarse de otras maneras de acuerdo con la presente descripción para lograr los mismos o diferentes objetivos. En particular, los actos, elementos y características discutidos en relación con una modalidad no están destinados a ser excluidos de roles similares u otros en otras modalidades. Además, los elementos y componentes descritos en la presente descripción pueden dividirse adicionalmente en componentes adicionales o unirse para formar menos componentes para realizar las mismas funciones. En consecuencia, la descripción anterior y los dibujos adjuntos son solo por medio de ejemplo, y no pretenden ser limitantes.

REIVINDICACIONES

1. Un intercambiador de calor para su uso en un sistema de aire acondicionado desecante, que comprende:
 5 una pluralidad de conjuntos de placa de membrana (303) uno frente al otro en una disposición generalmente paralela y separados entre sí para definir entrehierros entre ellos a través de los cuales puede fluir el aire a tratar por el sistema de aire acondicionado desecante, cada uno de dichos conjuntos de placa de membrana (303) que comprenden:
 10 una estructura de placa (609),
 dos membranas (603), cada una frente a un lado opuesto de la estructura de placa (609) y separadas de la estructura de la placa (609) para definir un espacio entre ellas a través del cual puede fluir un desecante líquido, y al menos un puerto de drenaje desecante (614),
 15 en donde cada membrana (603) tiene una porción inferior que está sellada a la estructura de la placa (609) de manera que el desecante líquido se ve obligado a fluir a través del al menos un puerto de drenaje (614), creando de esta manera una presión negativa en el espacio entre cada membrana (603) y la estructura de placa (609).
2. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, que comprende además un turbulador de aire (602) en cada entrehierro entre conjuntos de placa de membrana adyacentes (303) para inducir una turbulencia de aire contrarrotativa en el aire que fluye a través del intercambiador de calor.
- 20 3. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, en donde la membrana (603) es una membrana microporosa.
4. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, en donde cada estructura de placa (609) comprende dos placas de soporte separadas una frente a la otra y que tienen un espacio entre ellas a través del cual puede fluir un fluido de transferencia de calor.
- 25 5. El intercambiador de calor de la reivindicación 4, en donde cada estructura de placa (609) comprende además un sello de fluido (1301) entre dichas placas de soporte que forman un canal configurado para promover el drenaje automático del fluido de transferencia de calor a al menos un puerto de drenaje (614).
- 30 6. El intercambiador de calor de la reivindicación 4, en donde el fluido de transferencia de calor es agua o una mezcla de agua/glicol.
7. El intercambiador de calor de la reivindicación 4, que comprende además una malla de plástico (602) colocada en el espacio entre las dos placas de soporte en cada estructura de placa (609) para inducir turbulencia en el fluido de transferencia de calor.
- 35 8. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, en donde cada uno de los conjuntos de placa de membrana (303) incluye una pluralidad de suministro de desecante separado (611) y puertos de drenaje (614) para proporcionar una distribución generalmente uniforme del desecante a través del espacio entre cada membrana (603) y la estructura de placa (609).
- 40 9. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, en donde la pluralidad de conjuntos de placa de membrana (303) se configura para permitir el flujo de aire a través de los mismos en una dirección generalmente horizontal.
- 45 10. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, en donde la pluralidad de conjuntos de placa de membrana (303) se configura para permitir el flujo de aire a través de ellos en una dirección generalmente vertical.
11. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, en donde los sellos usados para sellar las partes inferiores de cada membrana (603) a la estructura de placa (609) forman canales configurados para promover el drenaje automático del desecante líquido a al menos un puerto de drenaje (614).
- 50 12. El intercambiador de calor de la reivindicación 1, que comprende además una estructura de soporte de malla de aire (1572) en cada entrehierro entre conjuntos de placa de membrana adyacentes (303) para inducir turbulencia en el aire que fluye a través del intercambiador de calor y retener las membranas (603) en su lugar en las estructuras de placa (609).
- 55 13. El intercambiador de calor de la reivindicación 4, en donde la pluralidad de conjuntos de placa de membrana (303) se configura para permitir el flujo de aire a través de los mismos en una dirección generalmente horizontal.
- 60 14. El intercambiador de calor de la reivindicación 4, en donde la pluralidad de conjuntos de placa de membrana (303) se configura para permitir el flujo de aire a través de ellos en una dirección generalmente vertical.
15. El intercambiador de calor de la reivindicación 4, en donde el fluido de transferencia de calor fluye en una dirección de contraflujo con respecto al flujo de aire.
- 65

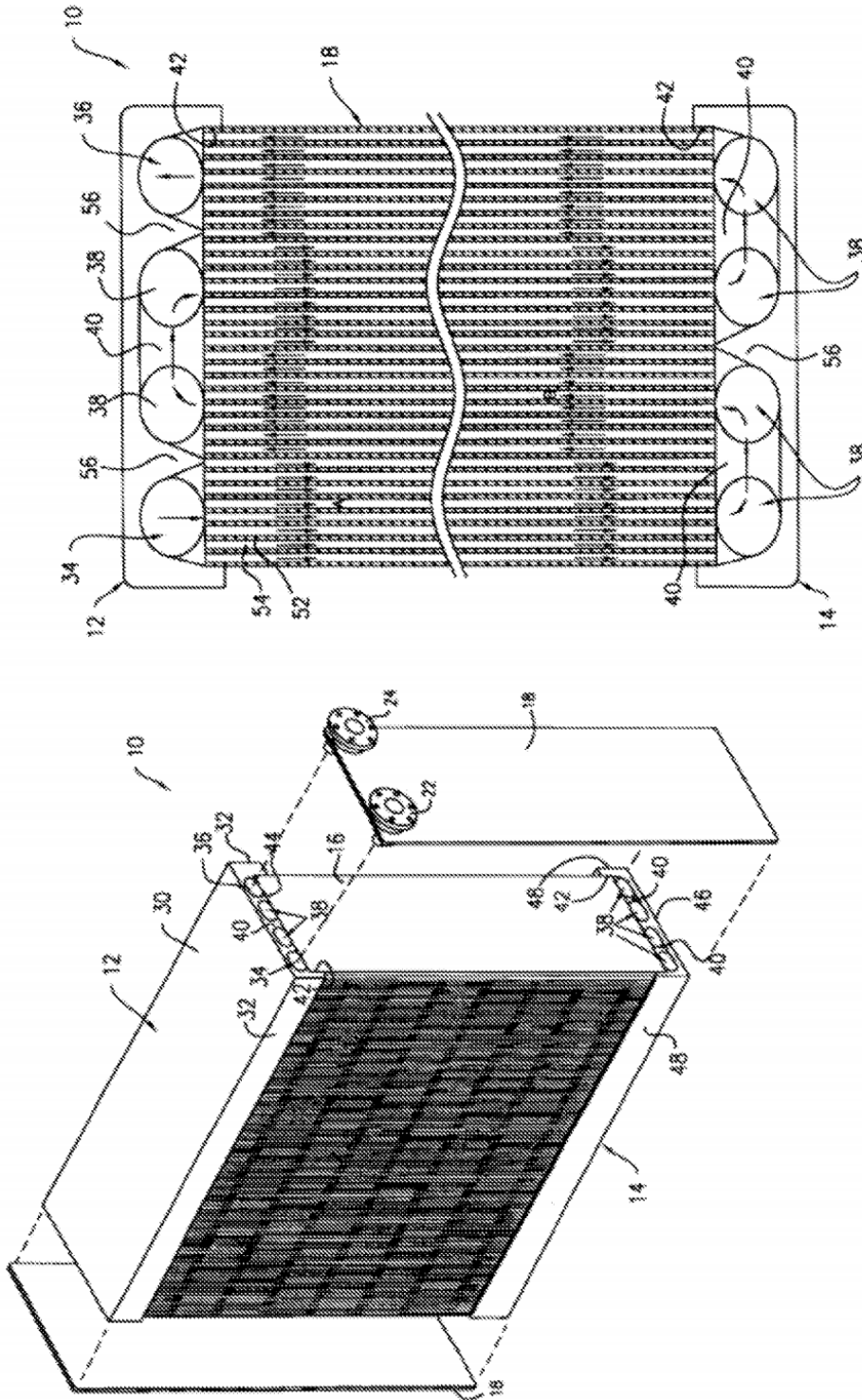


FIG. 2 TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 1 TÉCNICA ANTERIOR

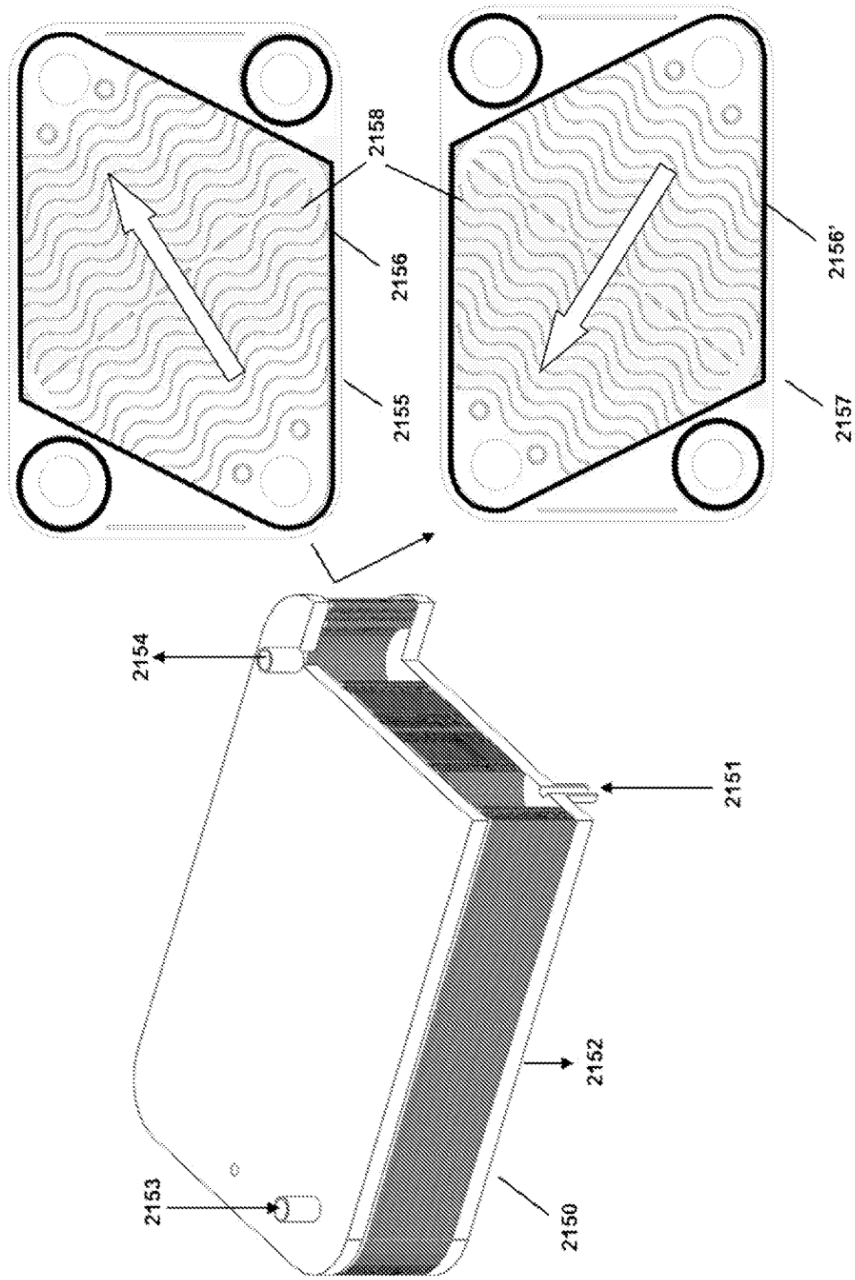
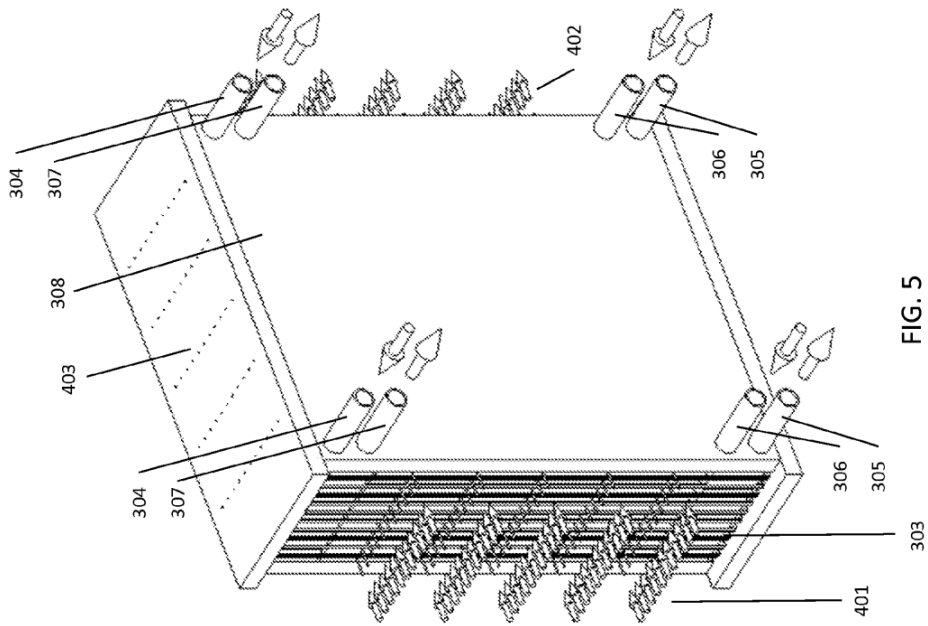
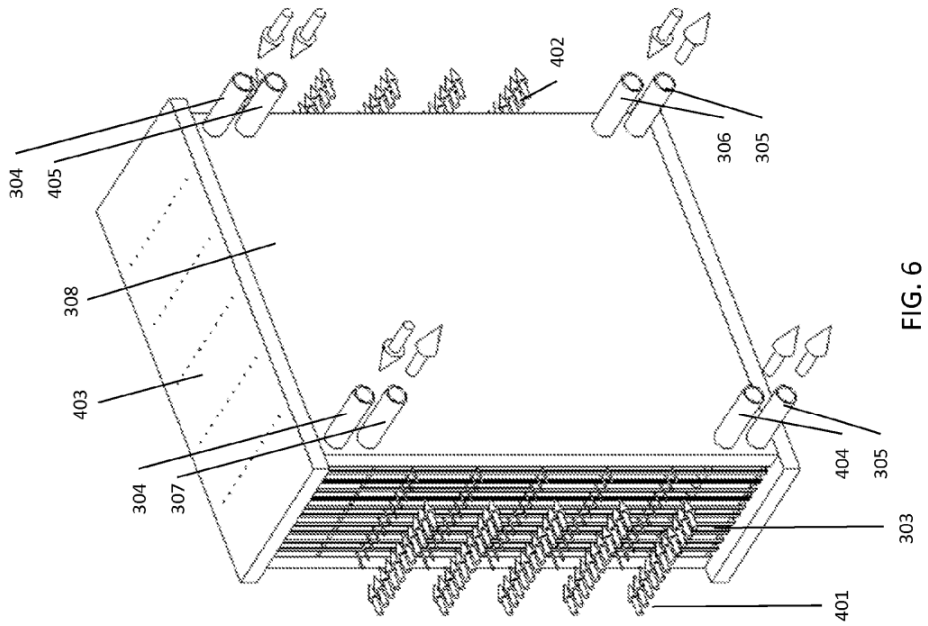


FIG. 3 TÉCNICA ANTERIOR



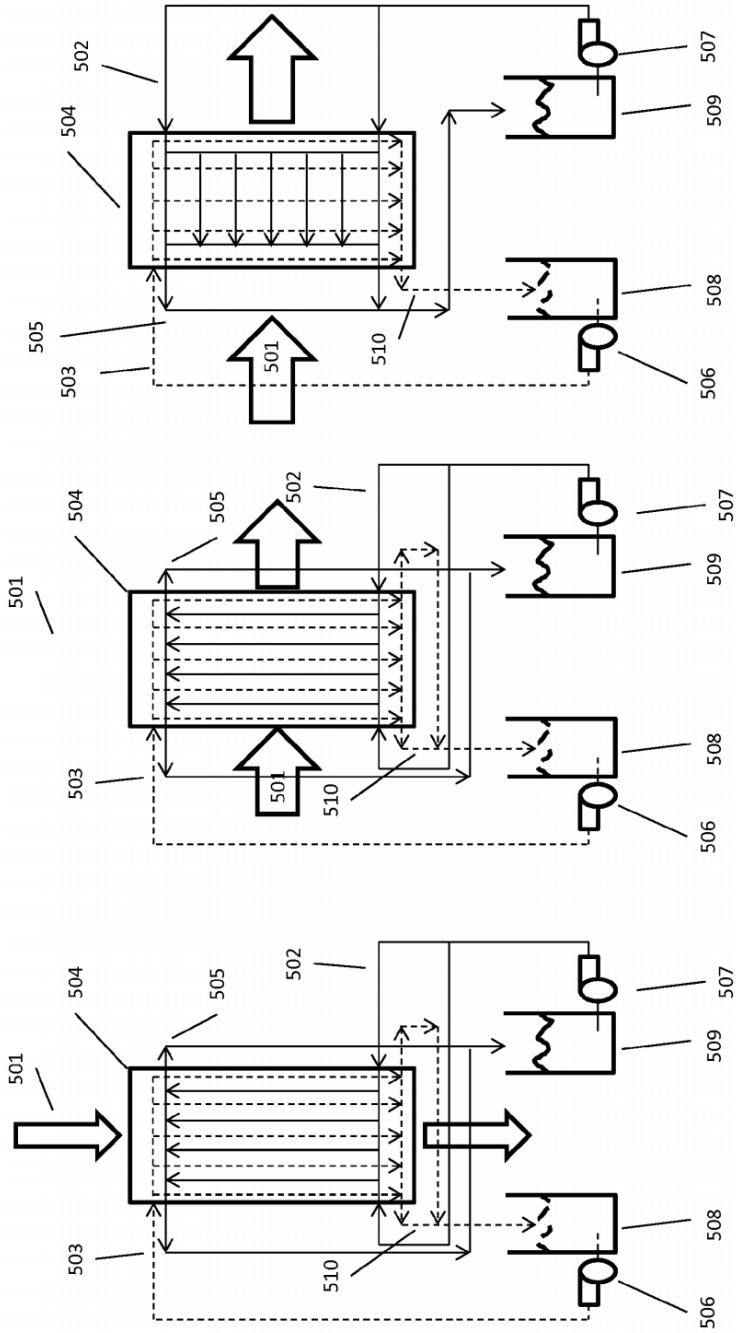


FIG. 9

FIG. 8

FIG. 7

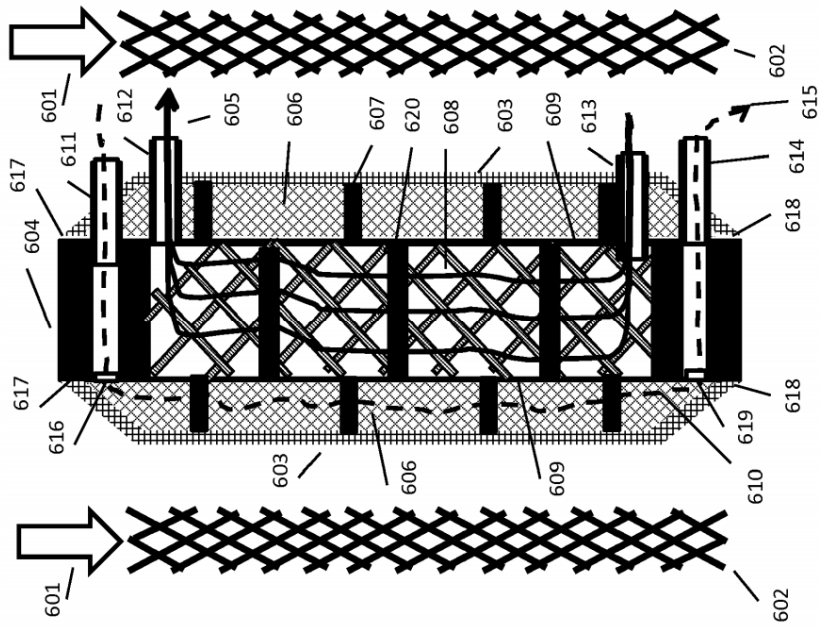


FIG. 10

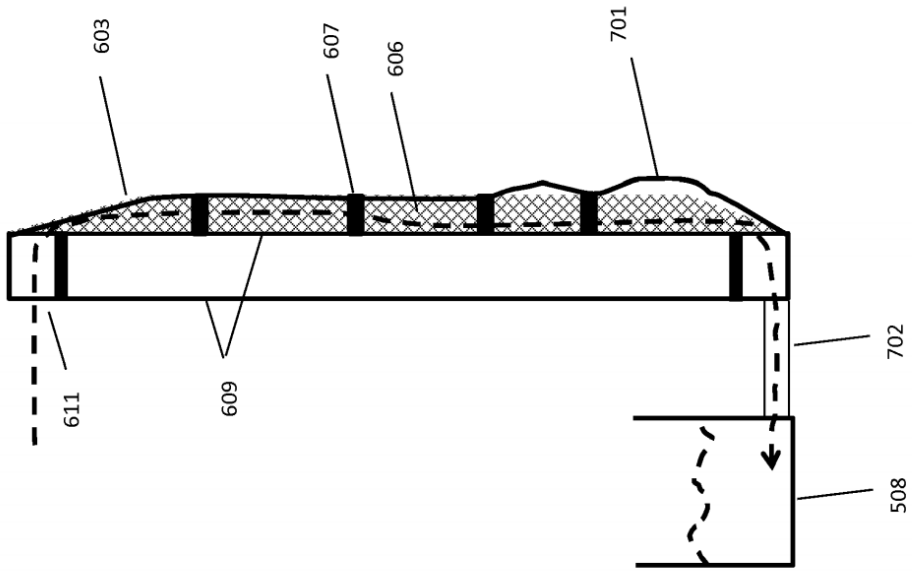


FIG. 11

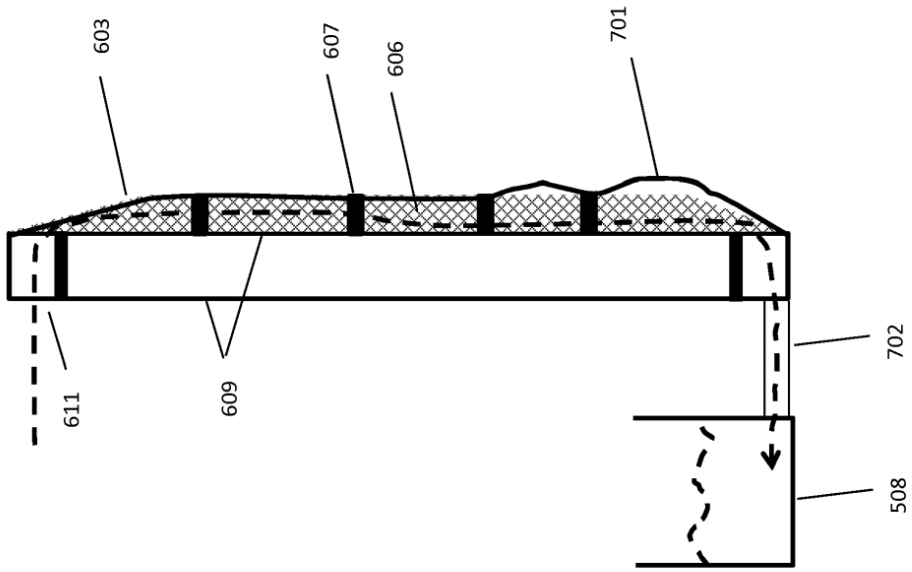


FIG. 12

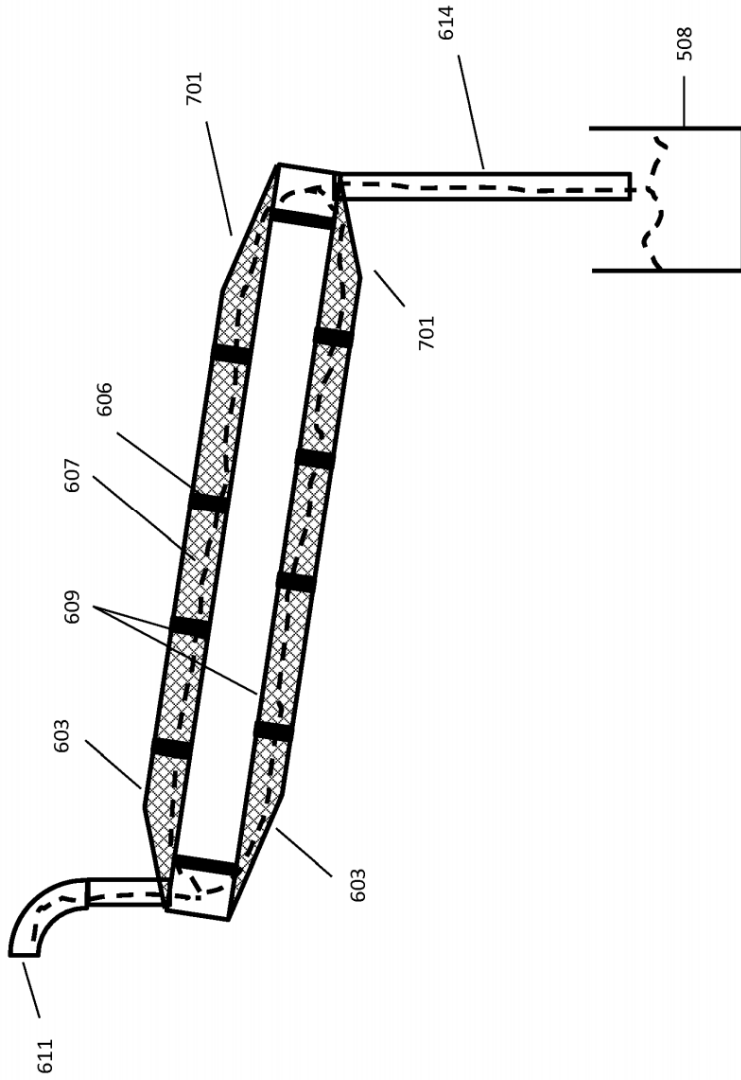


FIG. 13

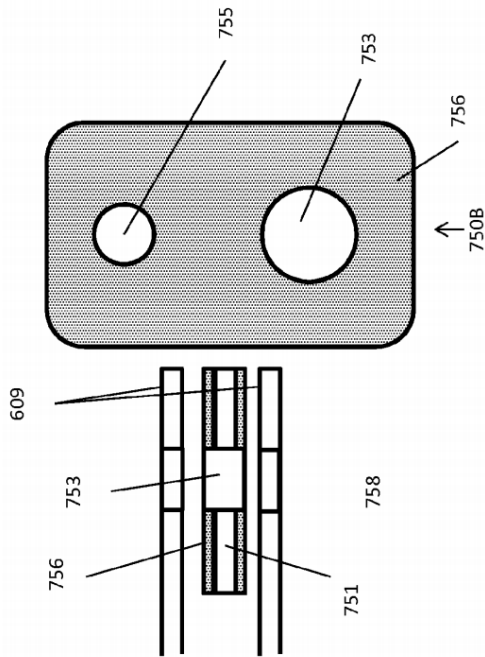


FIG. 14

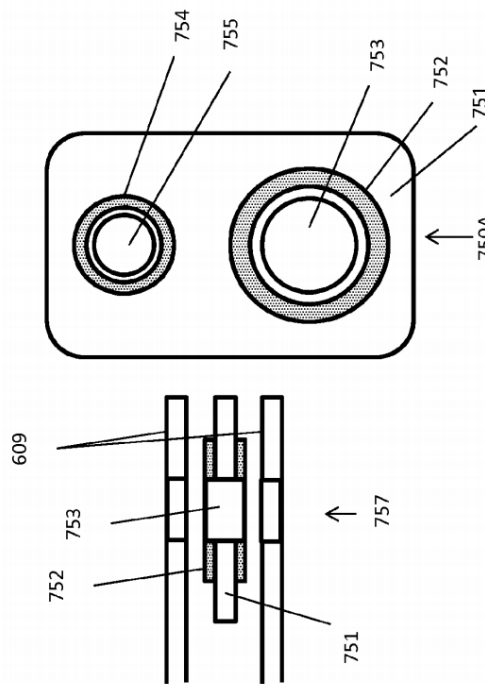


FIG. 15

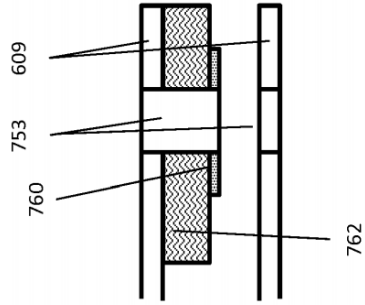


FIG. 17

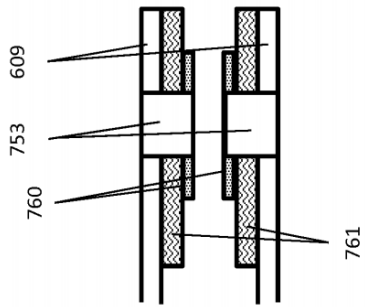


FIG. 16

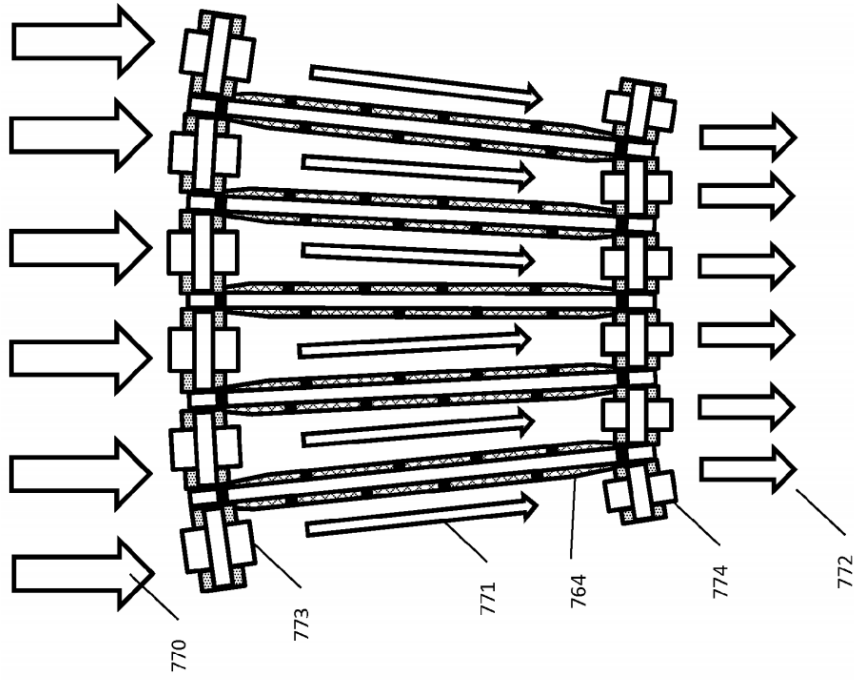


FIG. 19

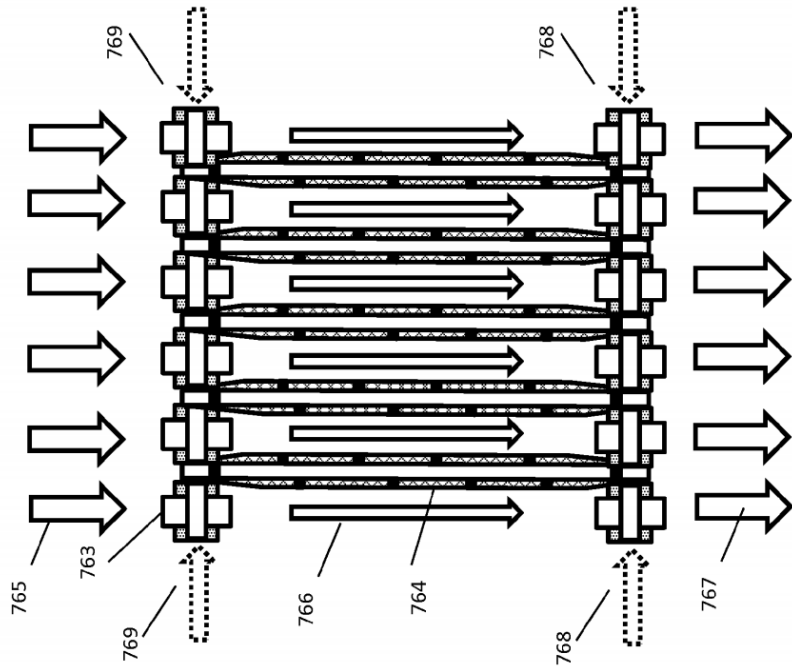


FIG. 18

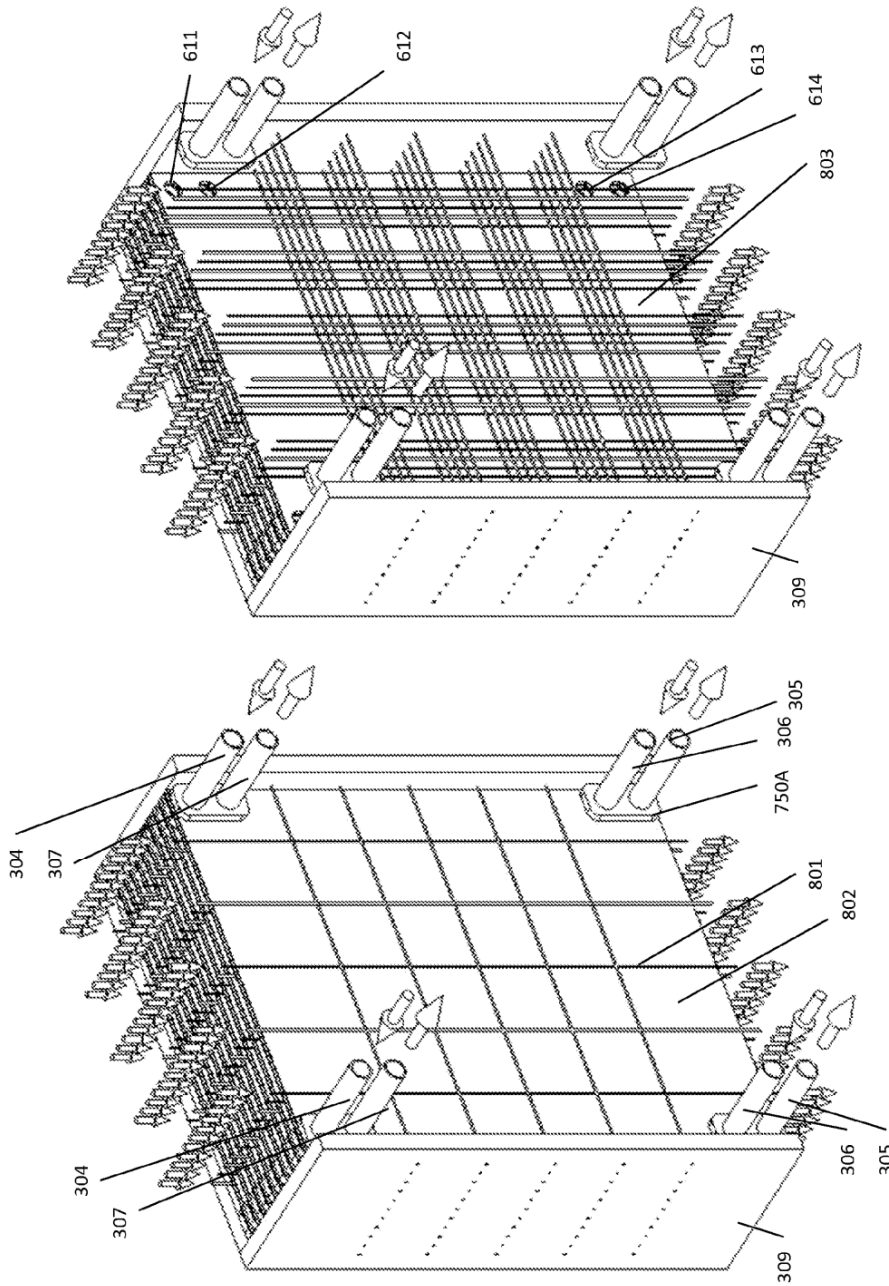


FIG. 21

FIG. 20

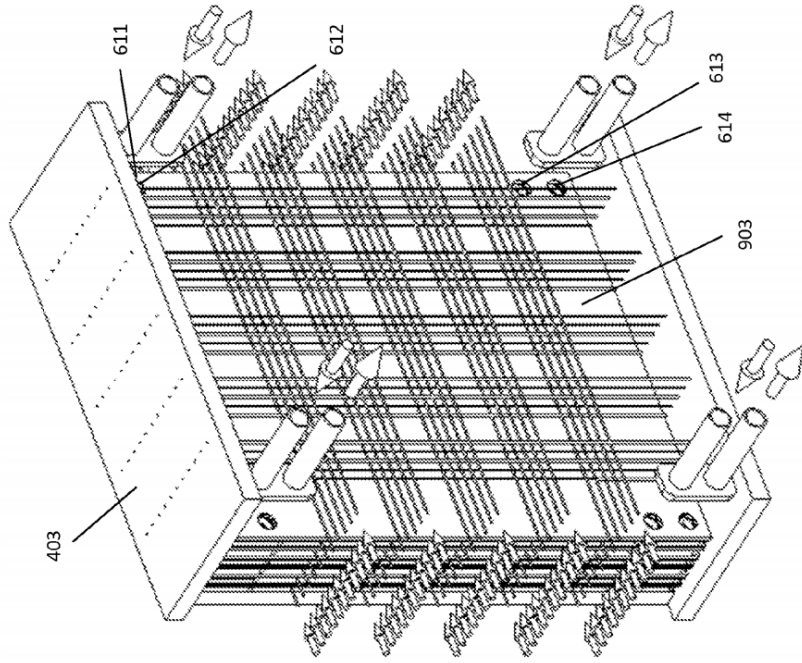


FIG. 23

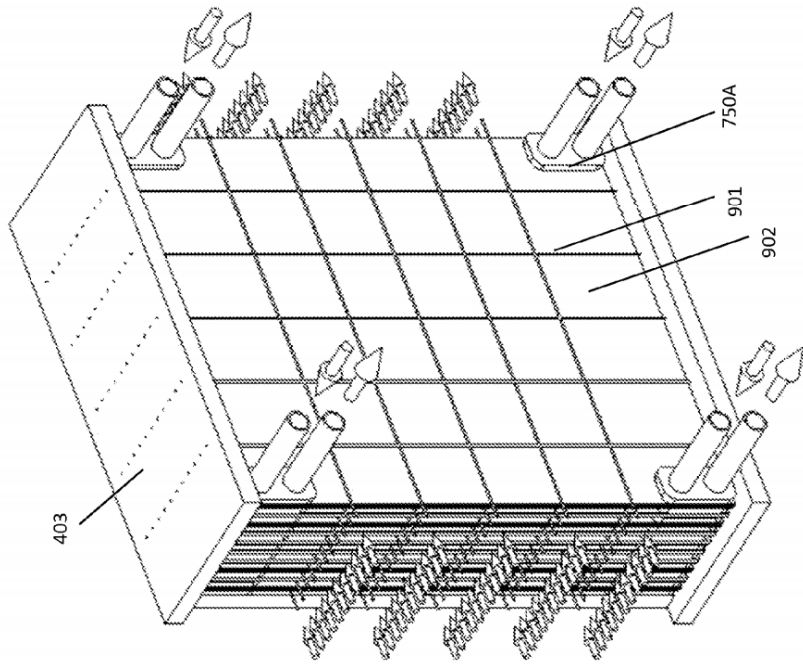


FIG. 22

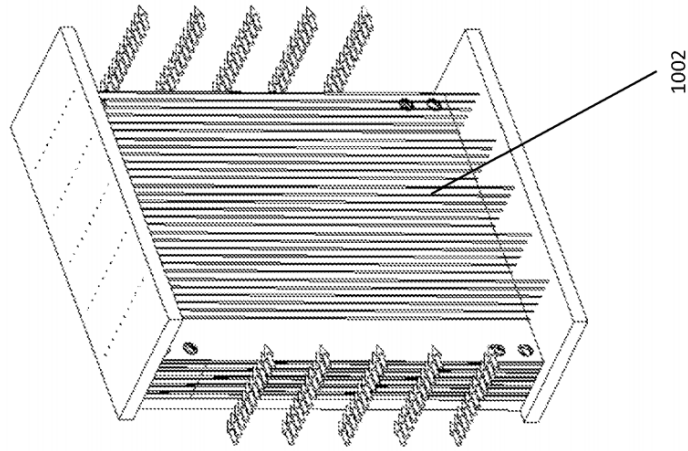


FIG. 25

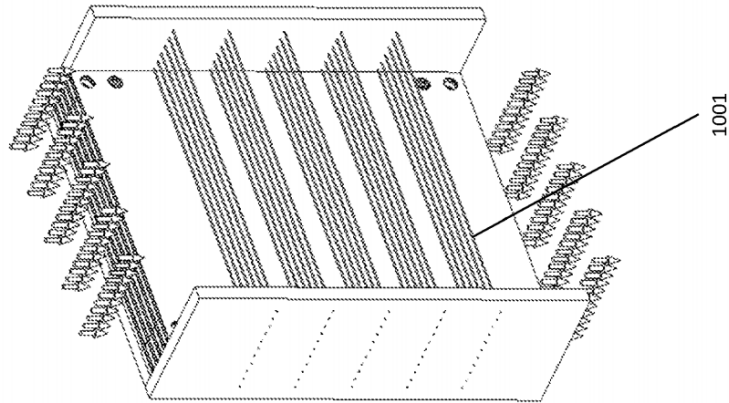


FIG. 24

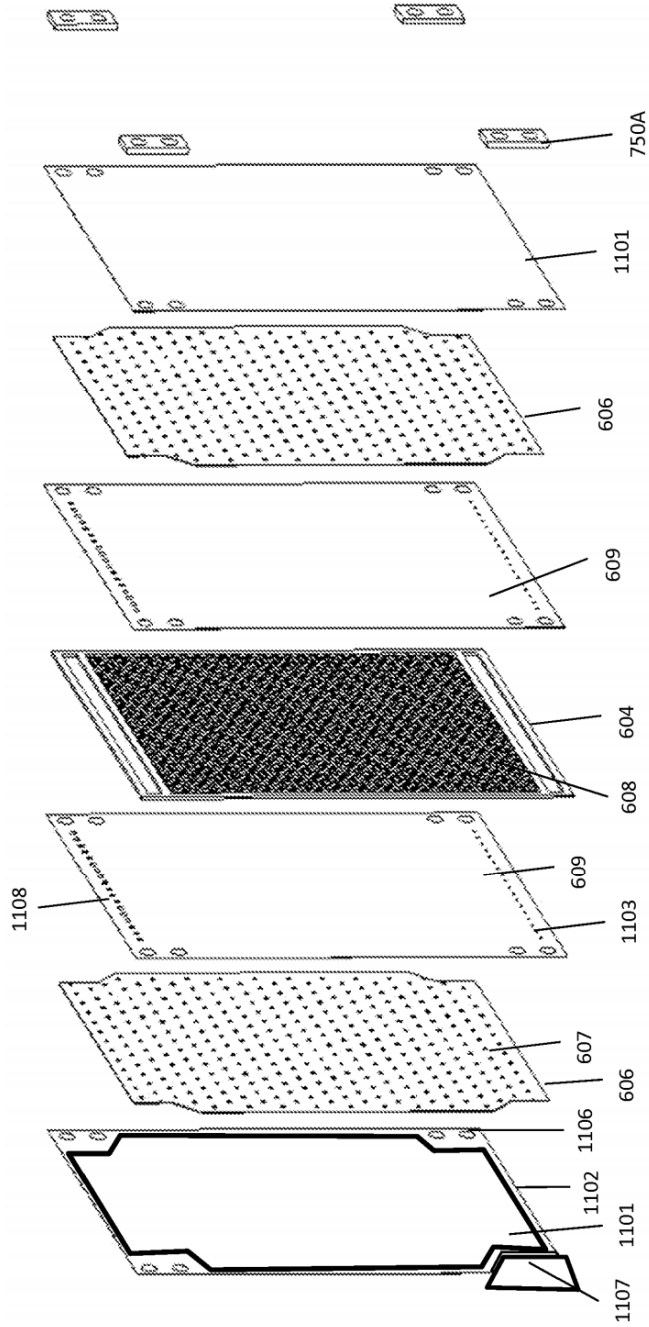


FIG. 26

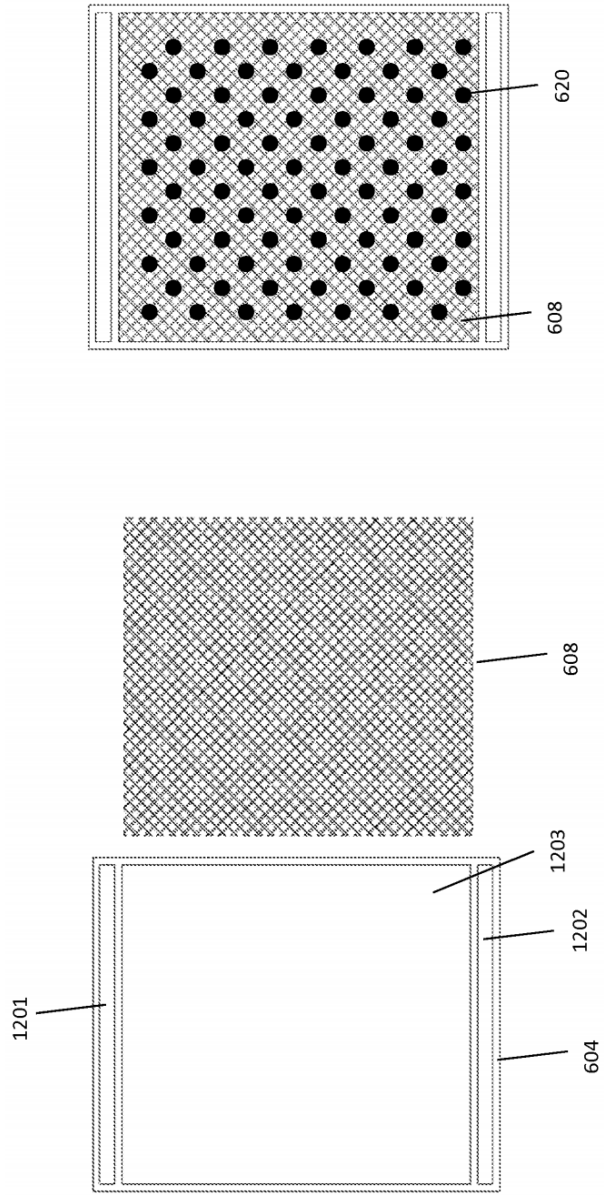


FIG. 28

FIG. 27

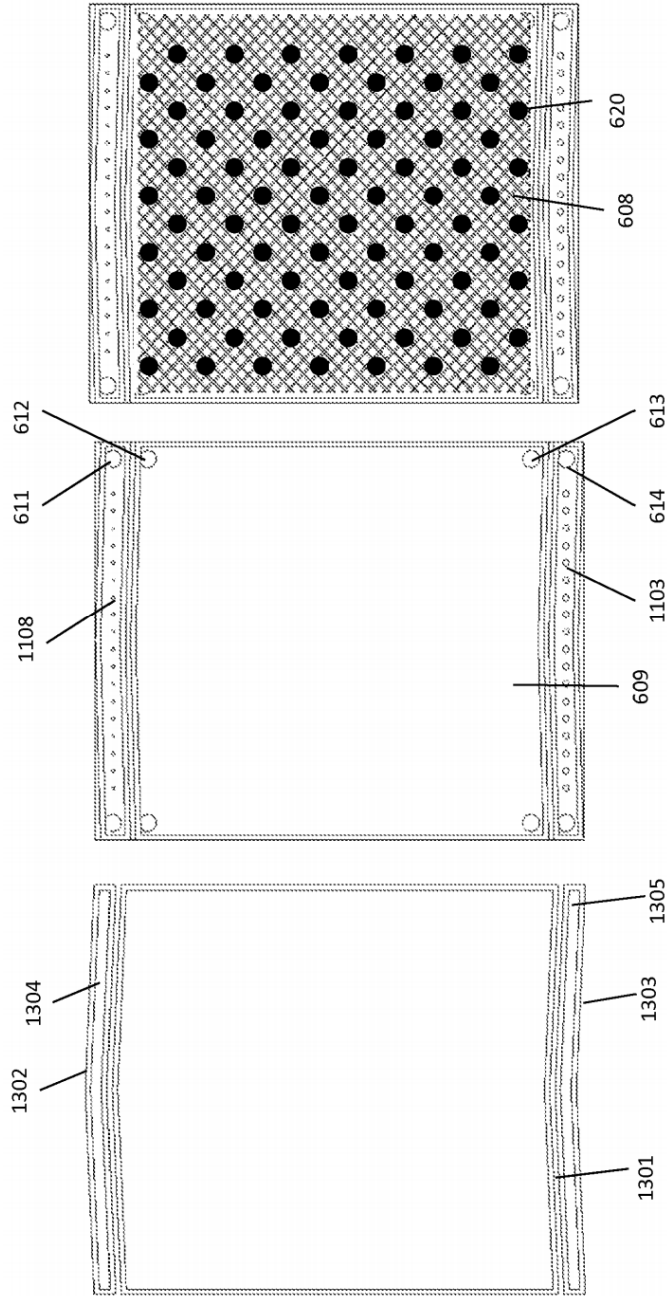


FIG. 29

FIG. 30

FIG. 31

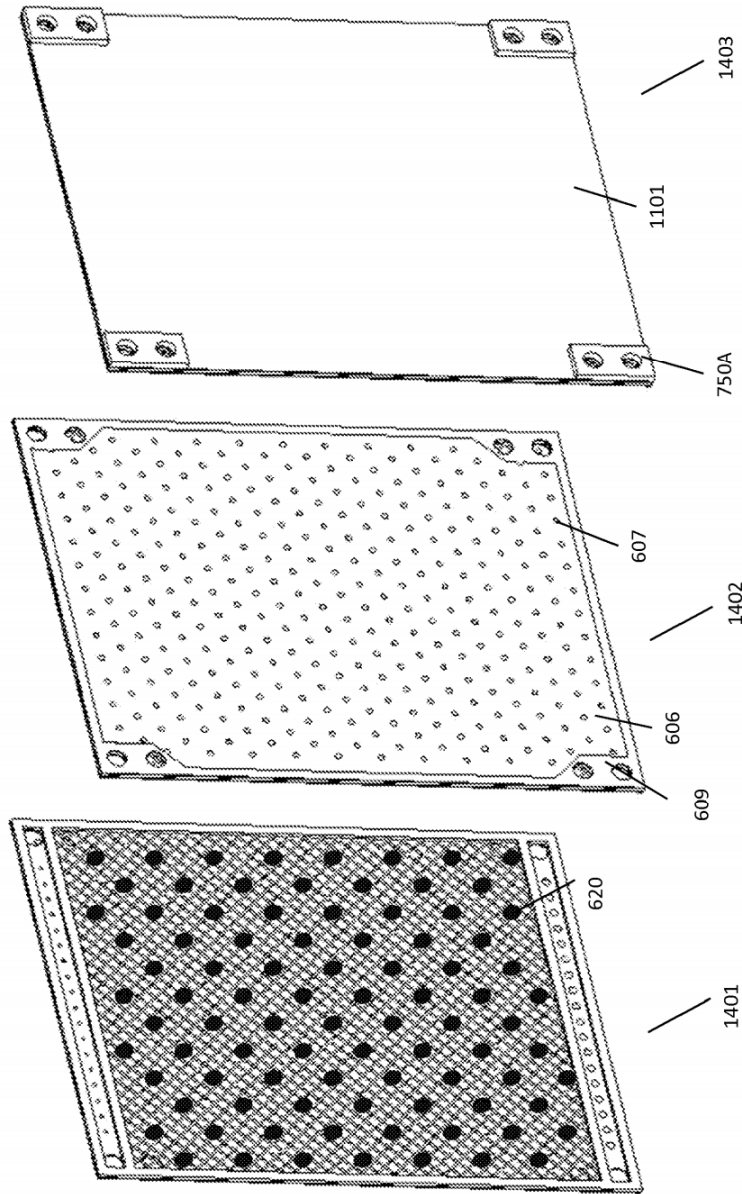


FIG. 32

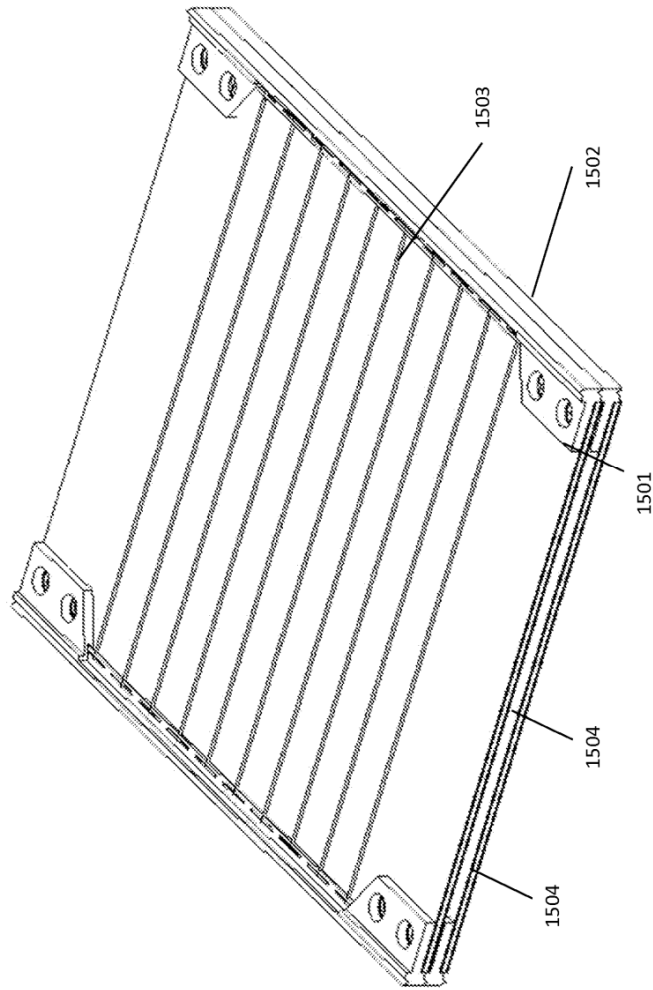


FIG. 33

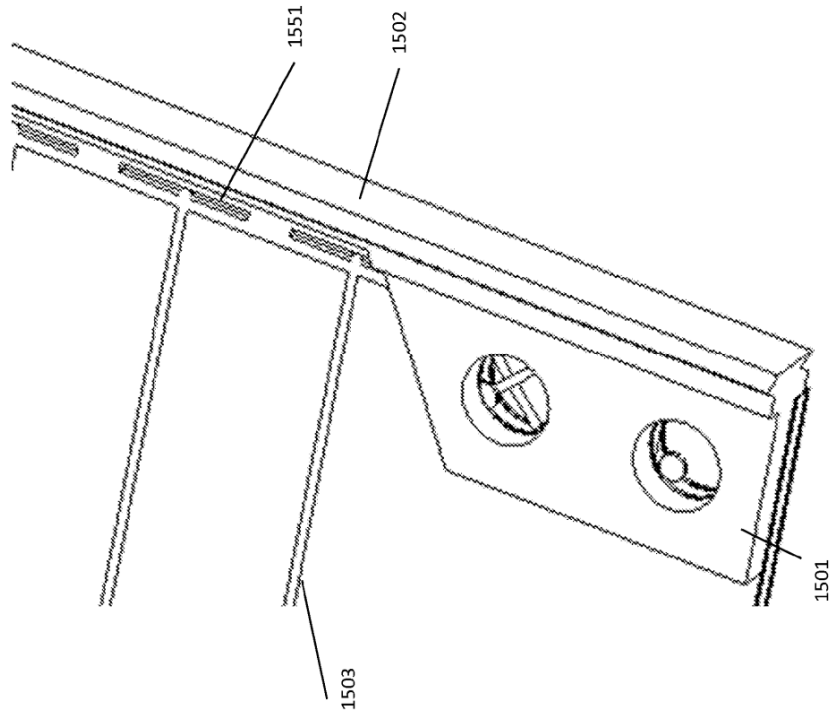


FIG. 34

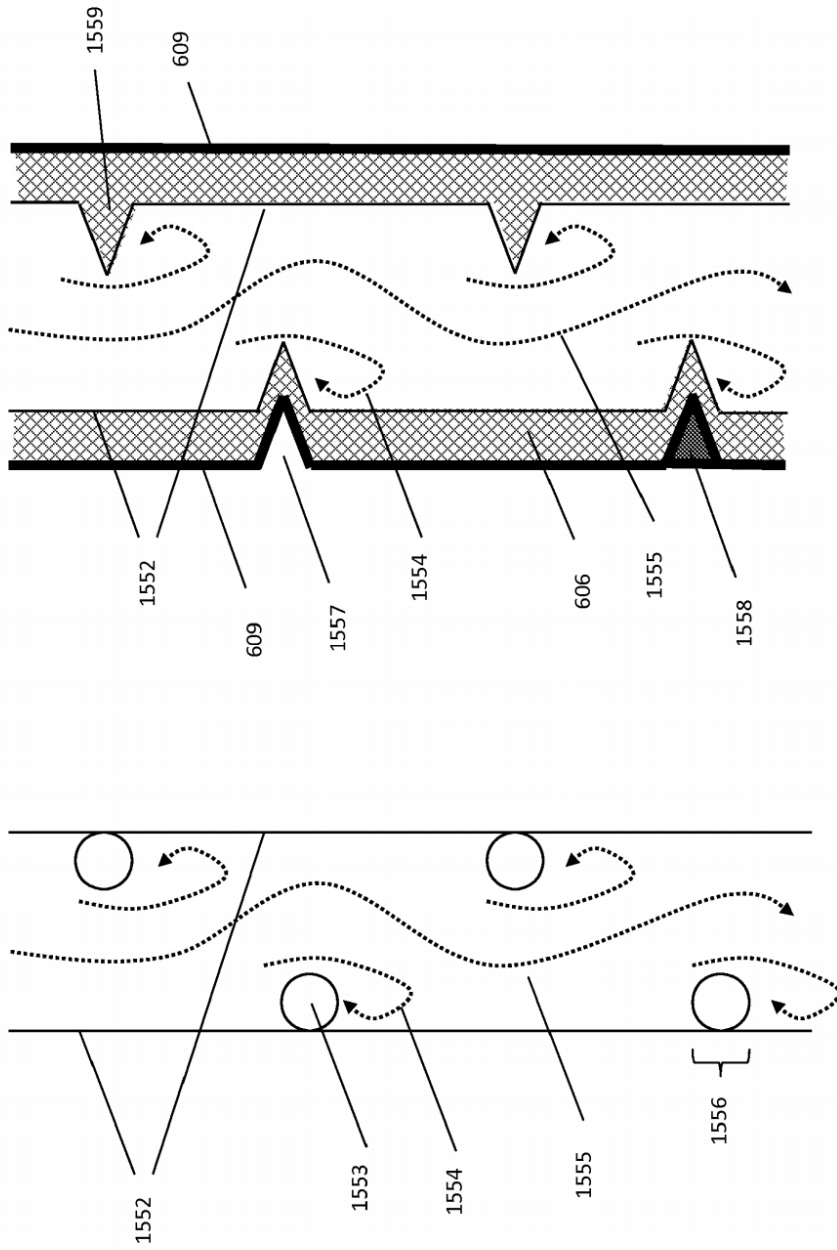
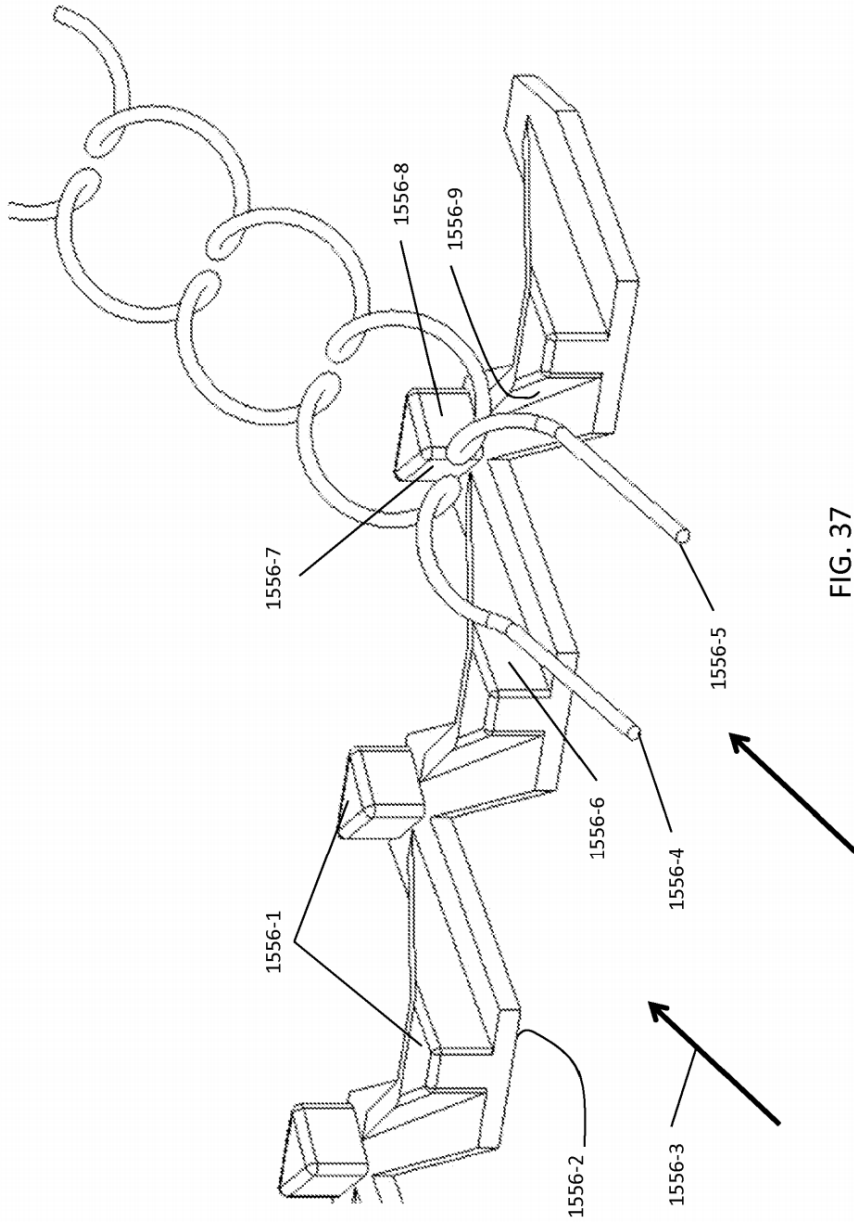


FIG. 35 TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 36



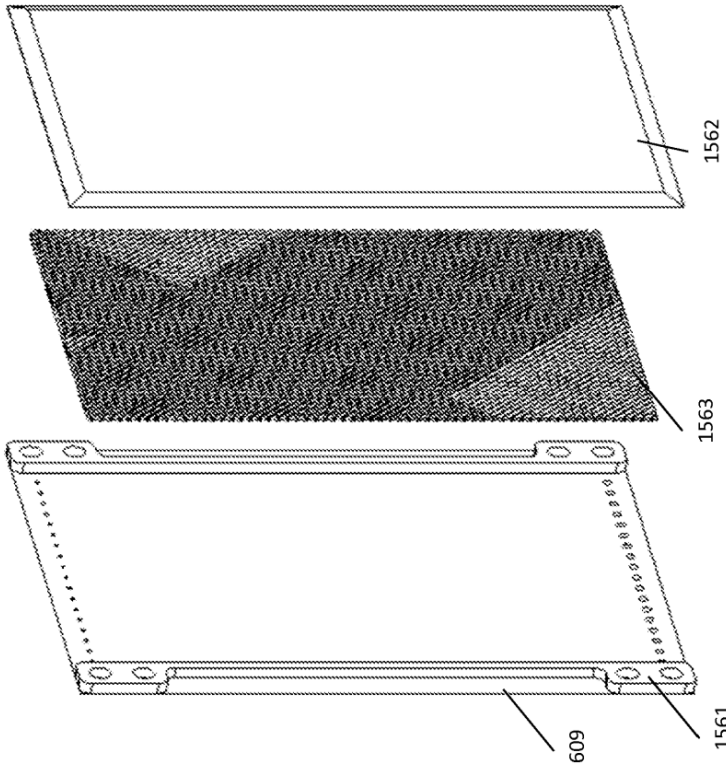


FIG. 39

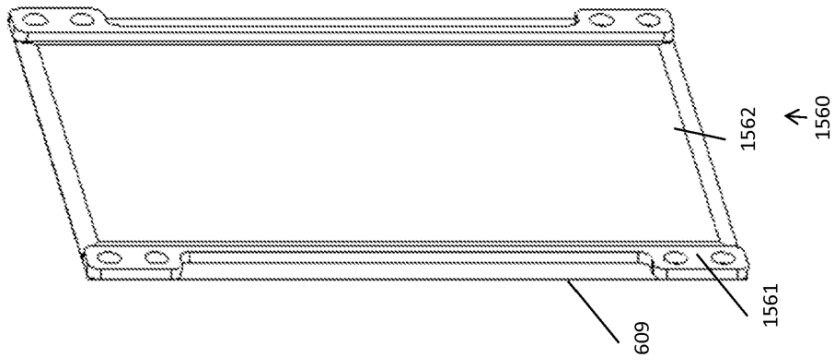
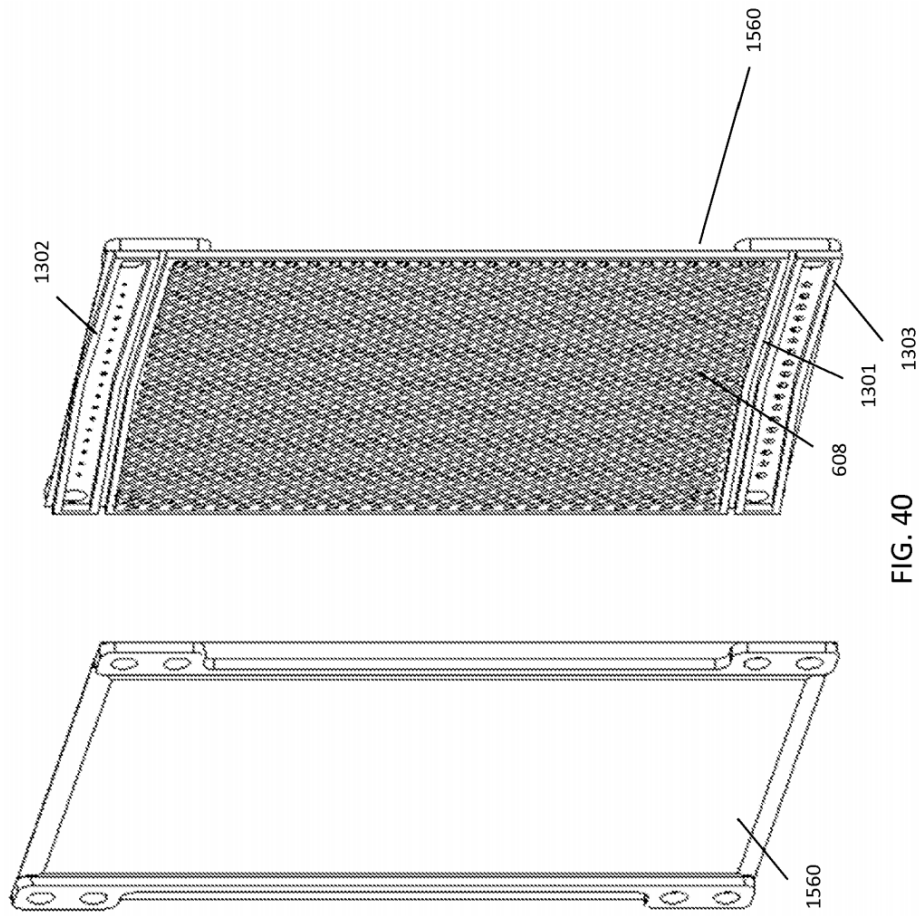


FIG. 38



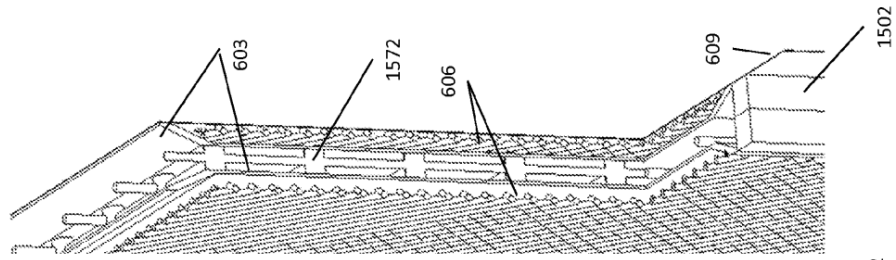


FIG. 43

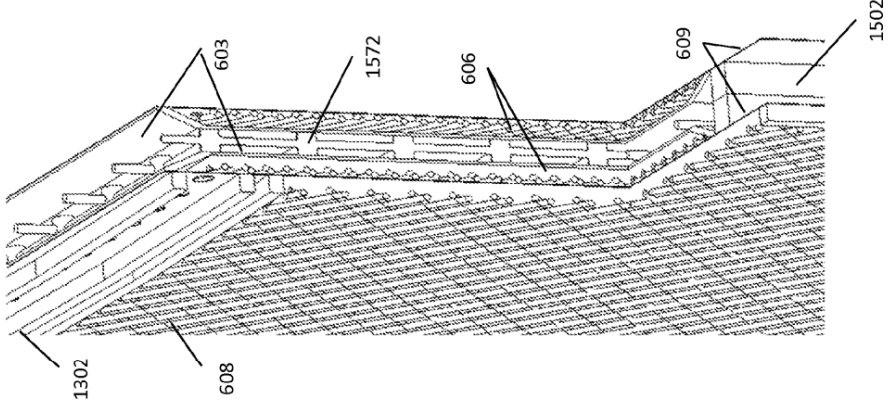


FIG. 42

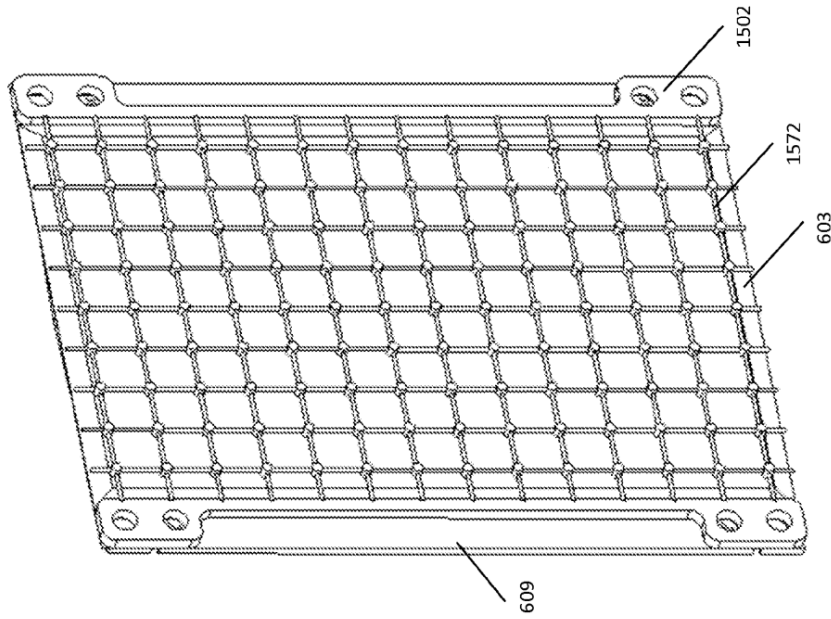


FIG. 41

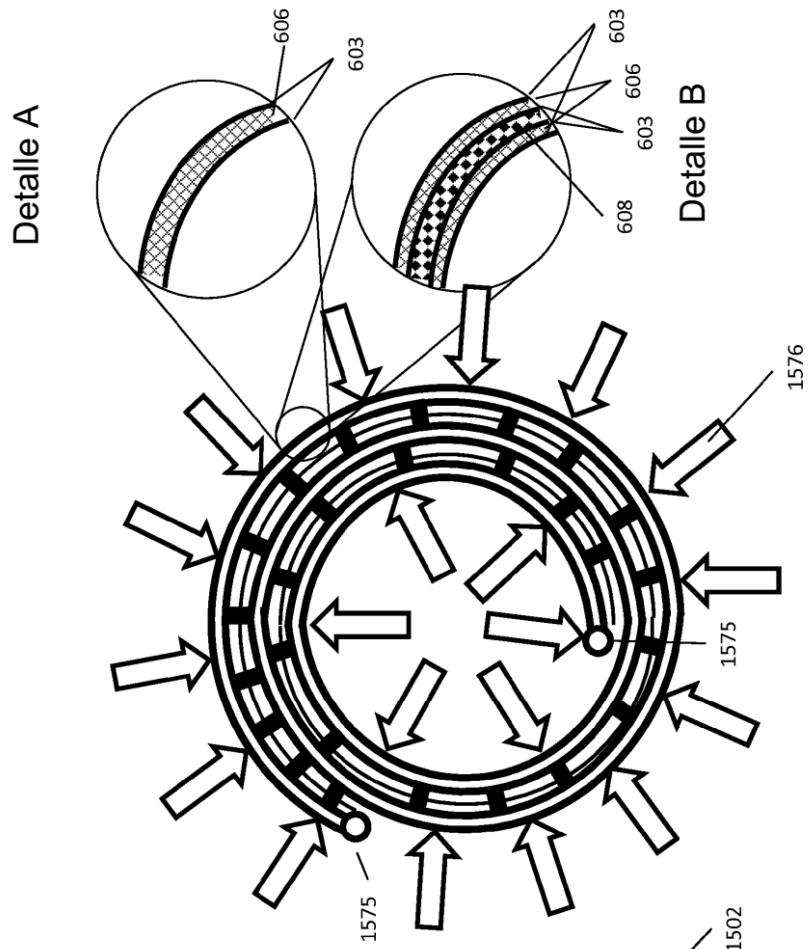


FIG. 45

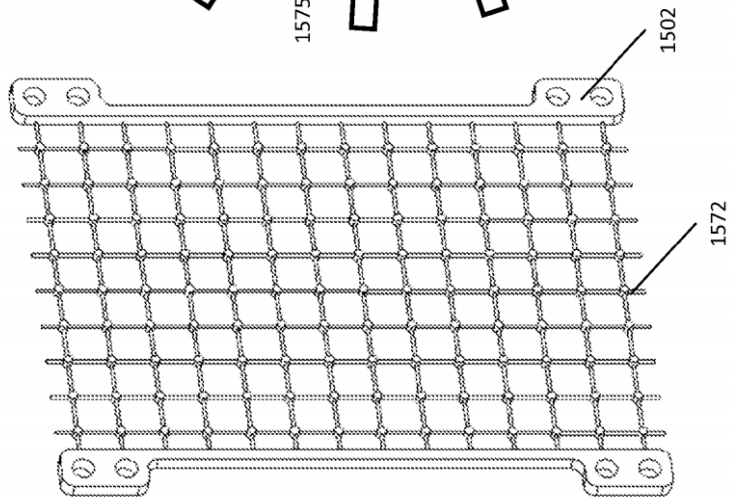


FIG. 44

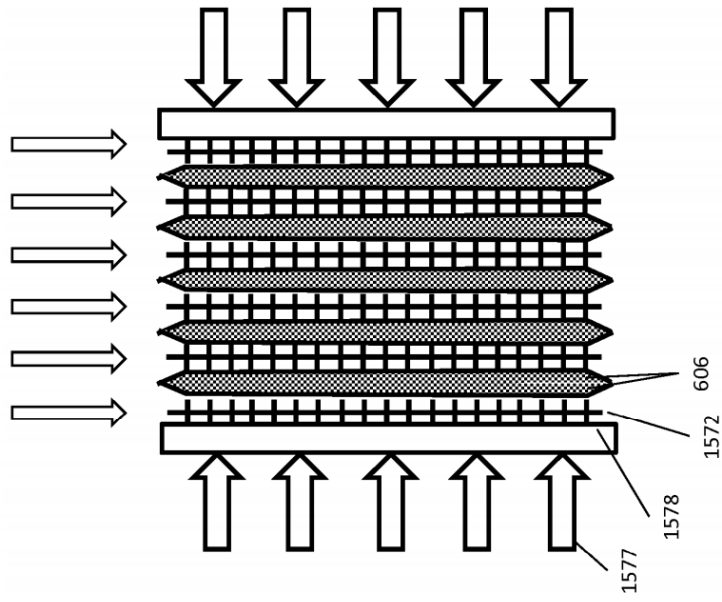


FIG. 47

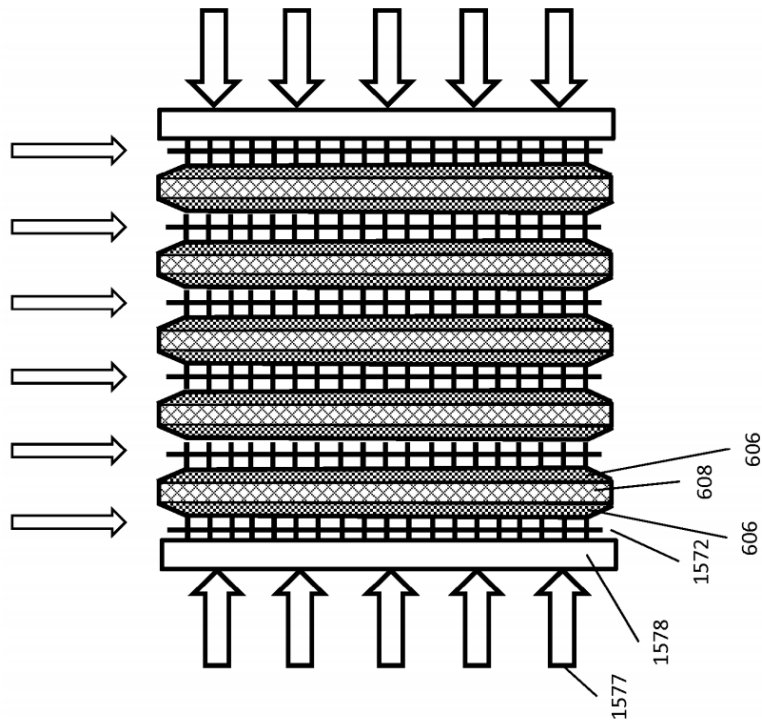


FIG. 46

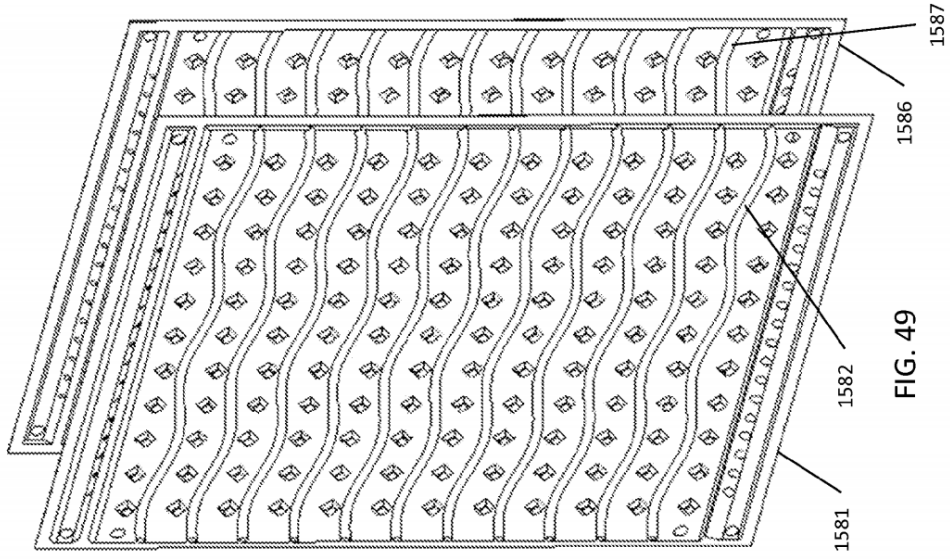


FIG. 49

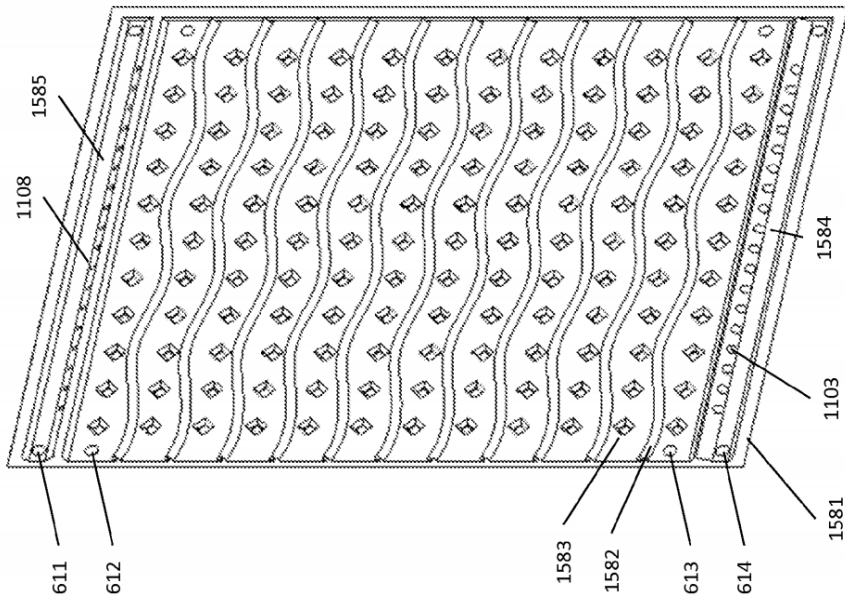


FIG. 48

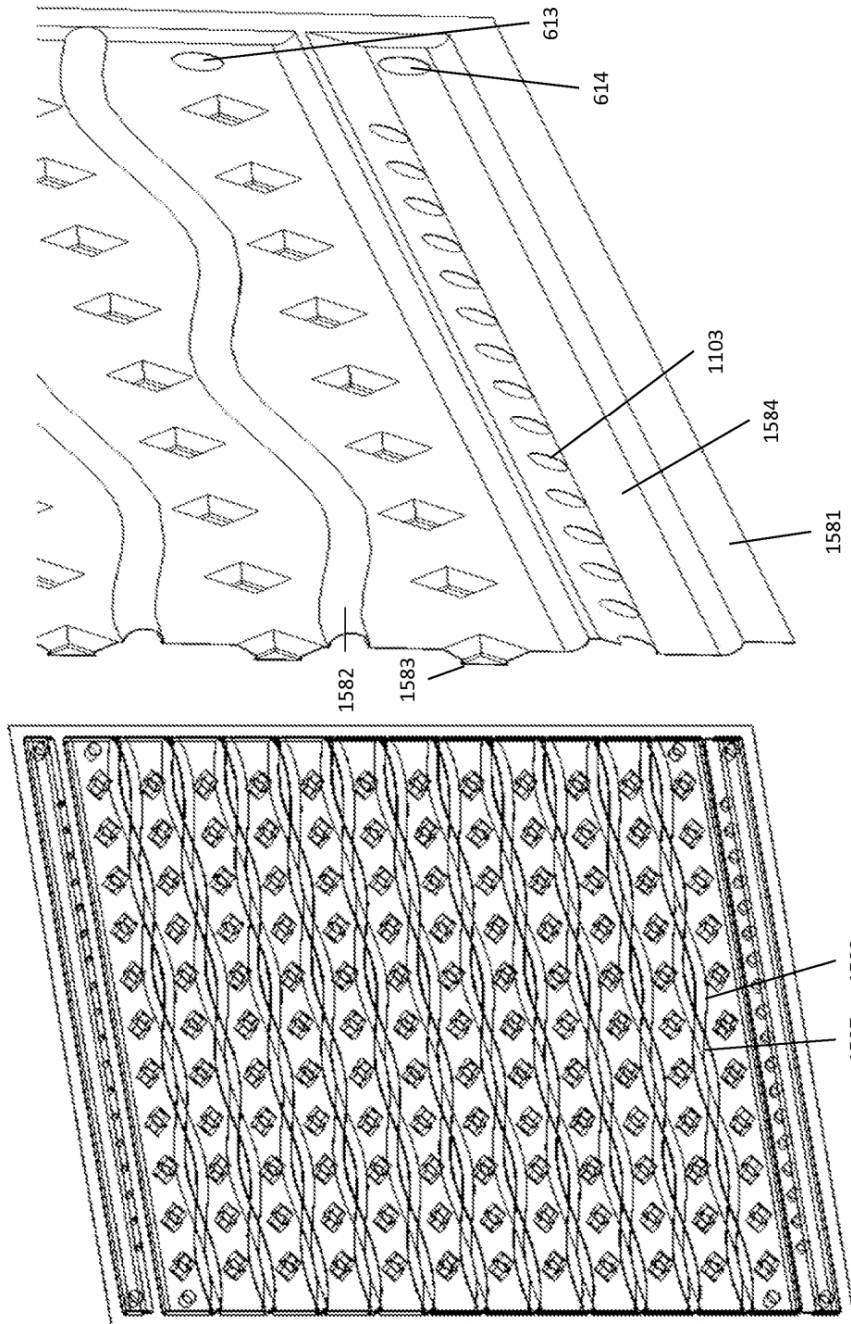


FIG. 51

FIG. 50

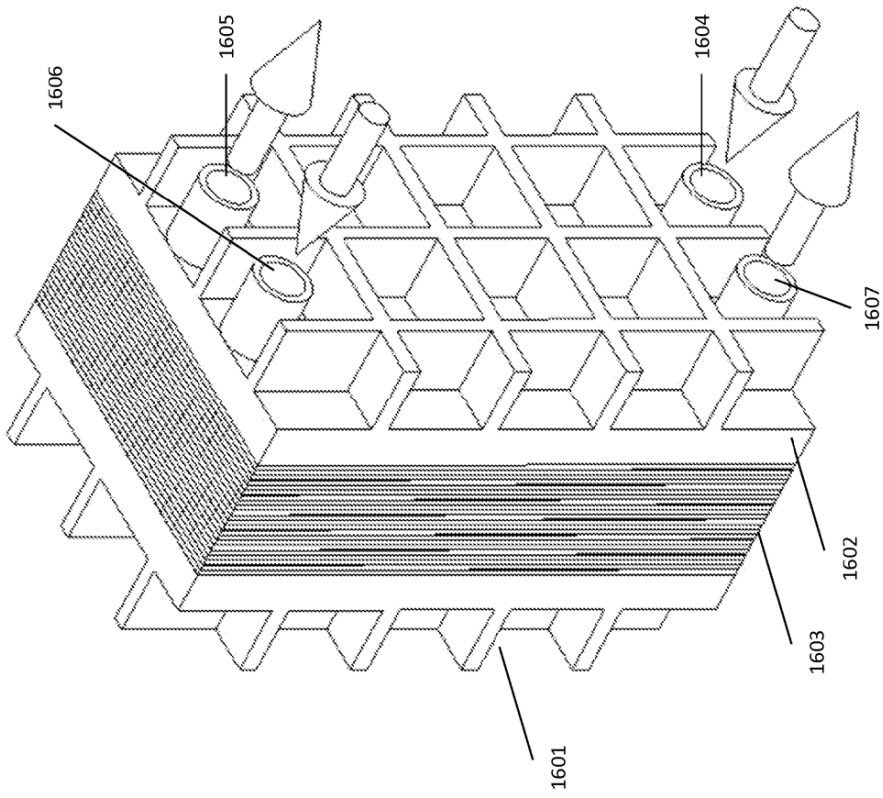


FIG. 55

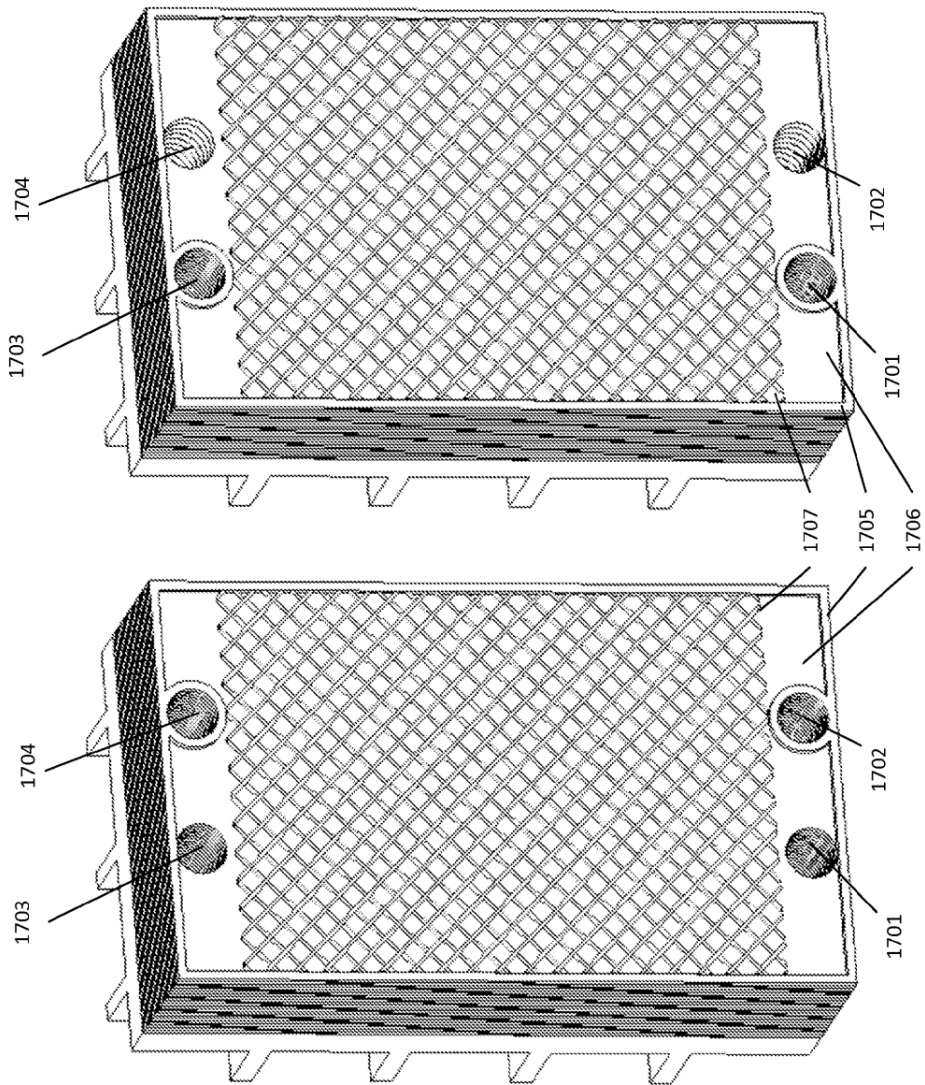


FIG. 57

FIG. 56

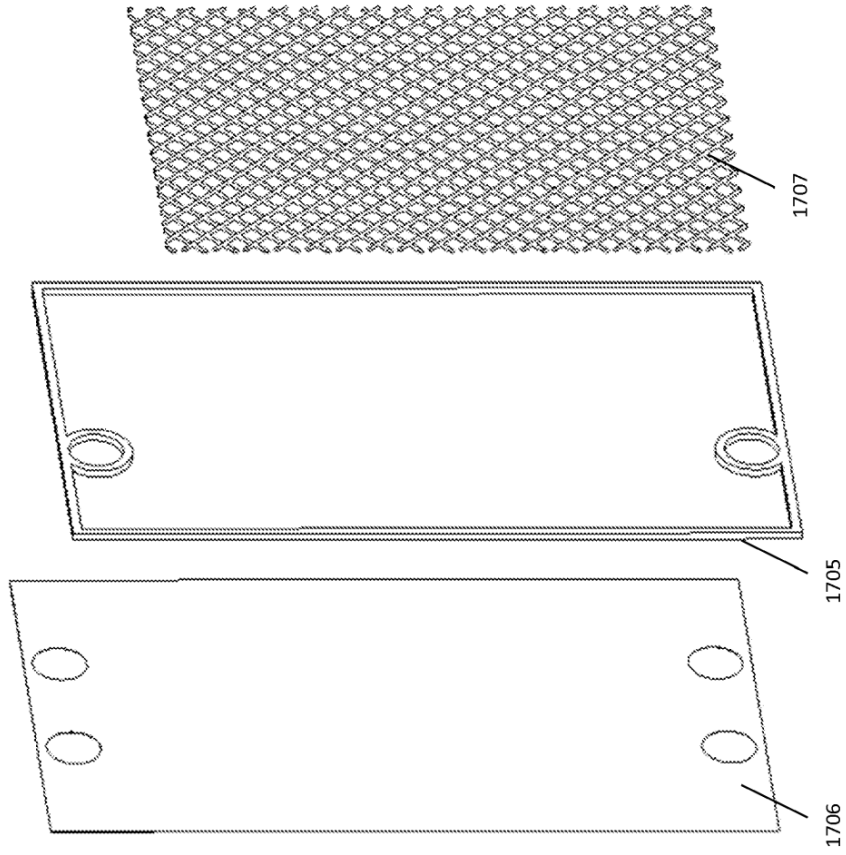
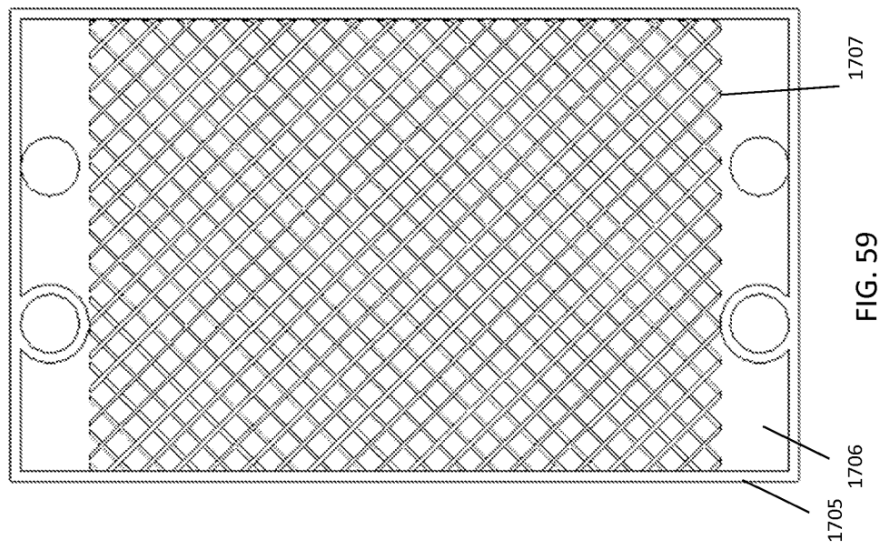
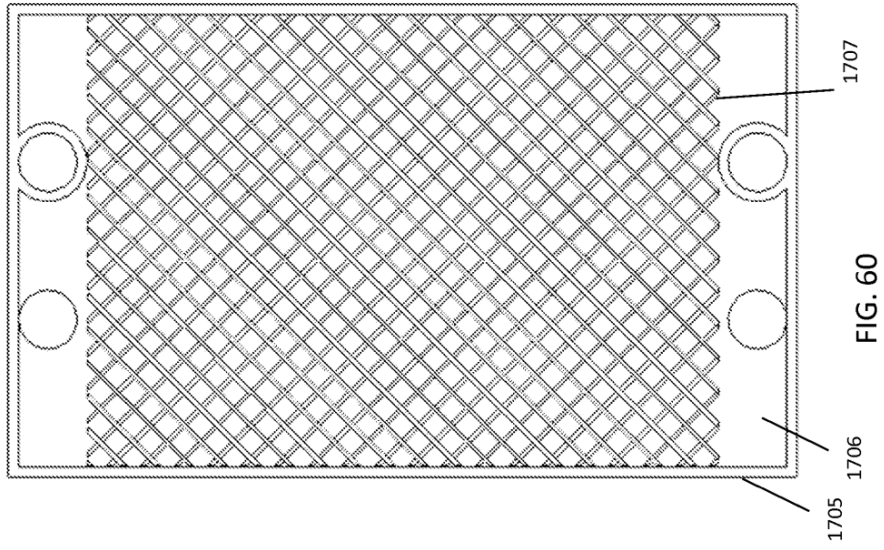


FIG. 58



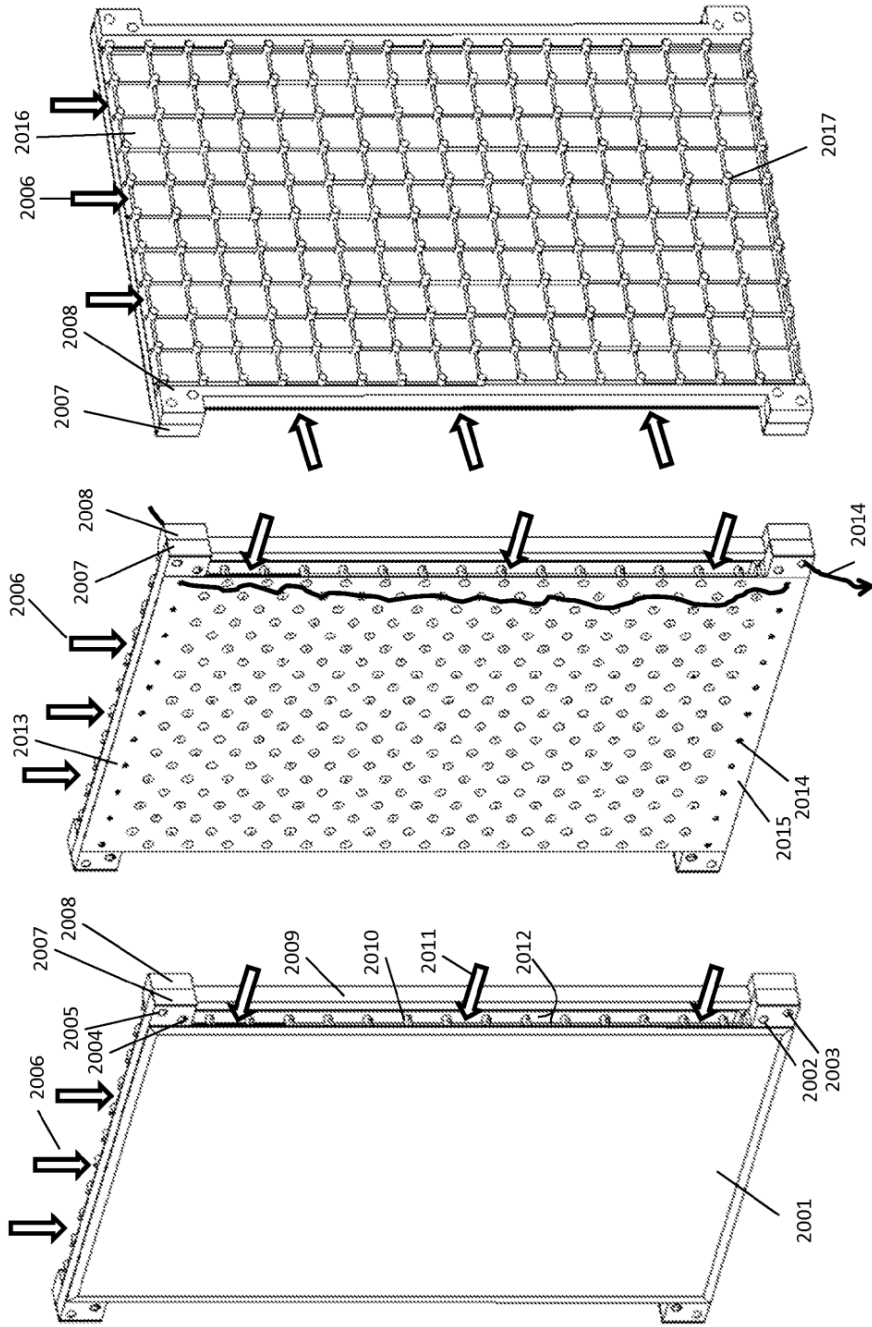


FIG. 63

FIG. 62

FIG. 61

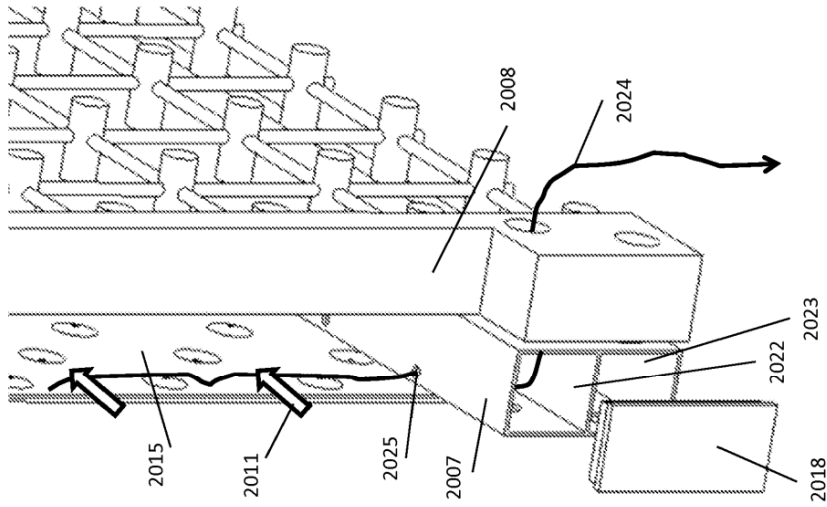


FIG. 65

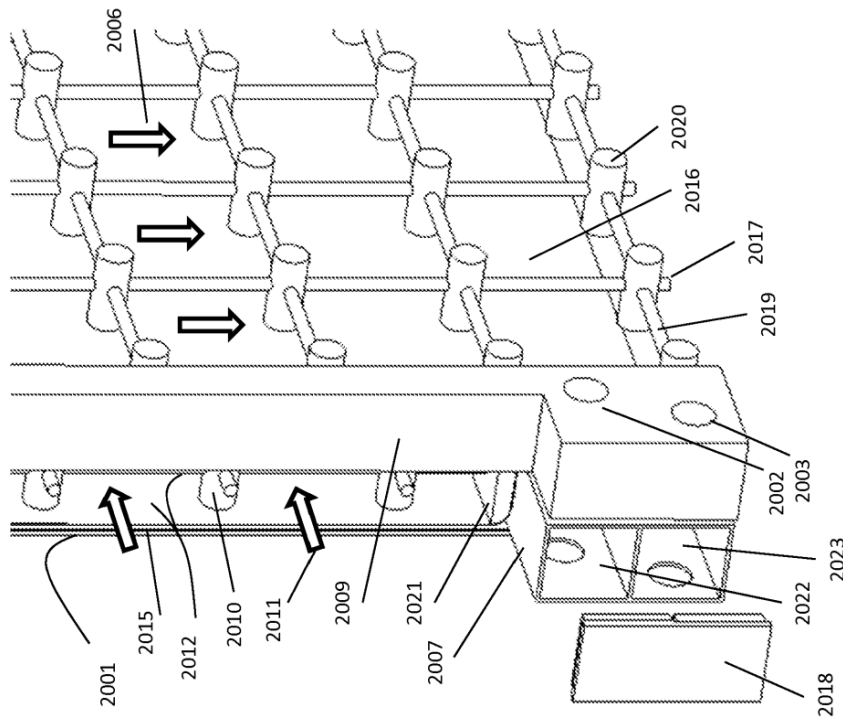


FIG. 64

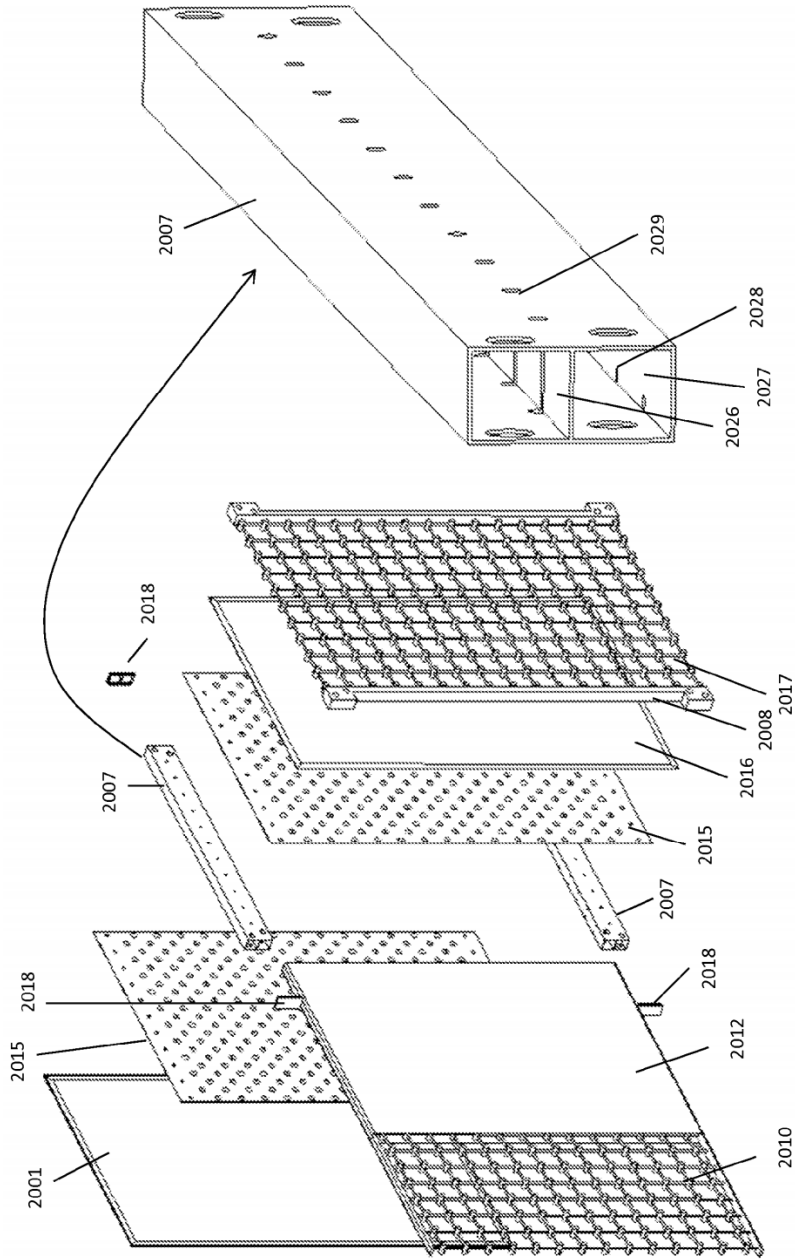


FIG. 67

FIG. 66

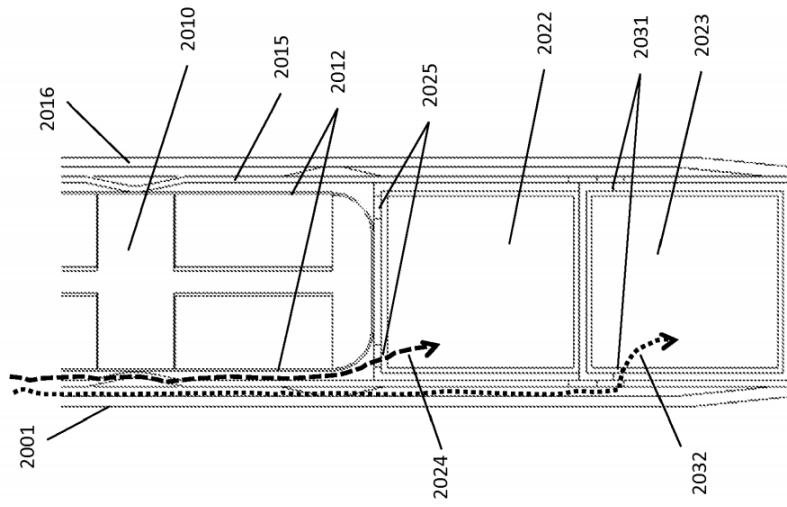


FIG. 69

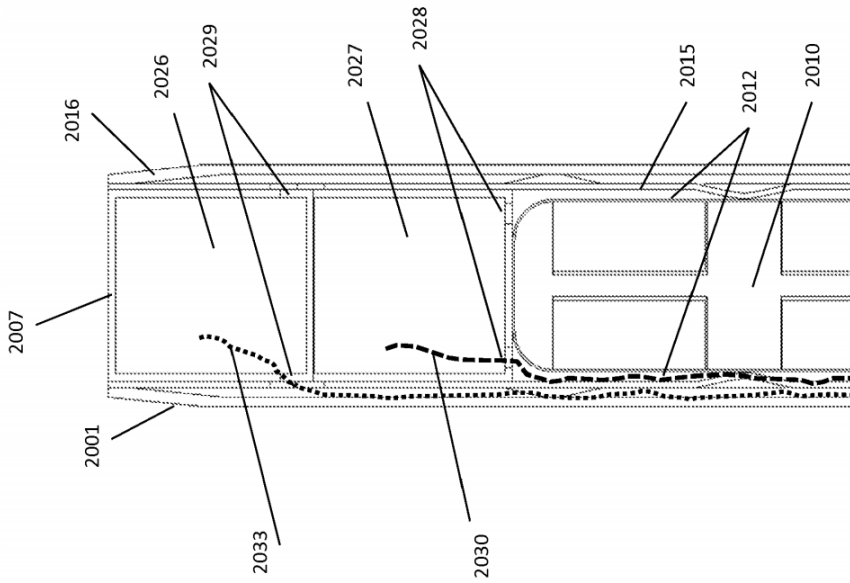


FIG. 68

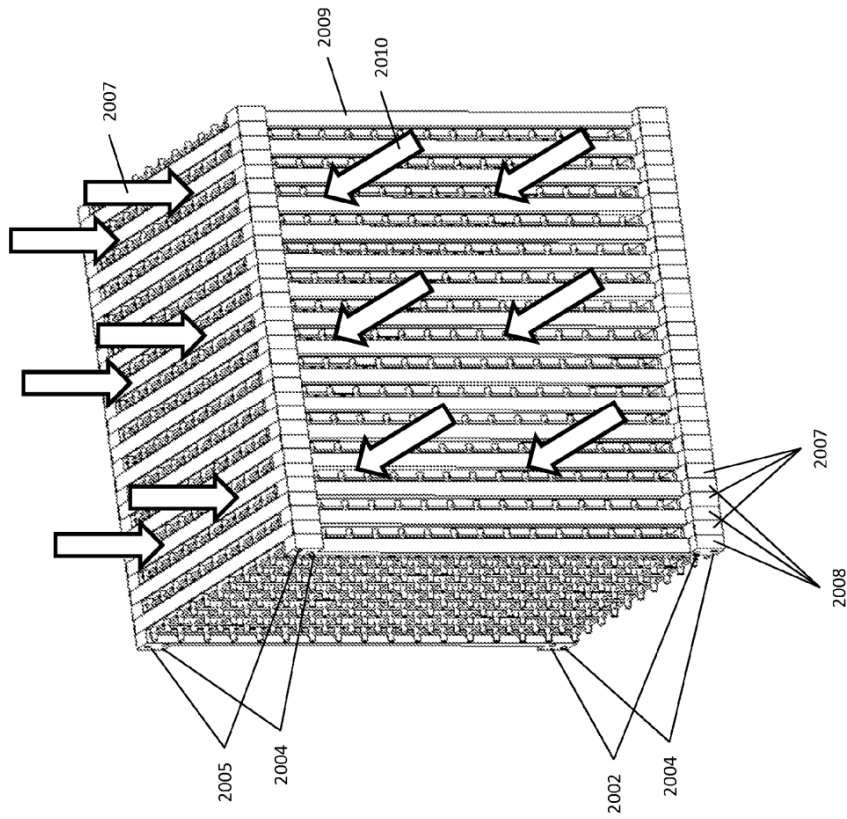


FIG. 70

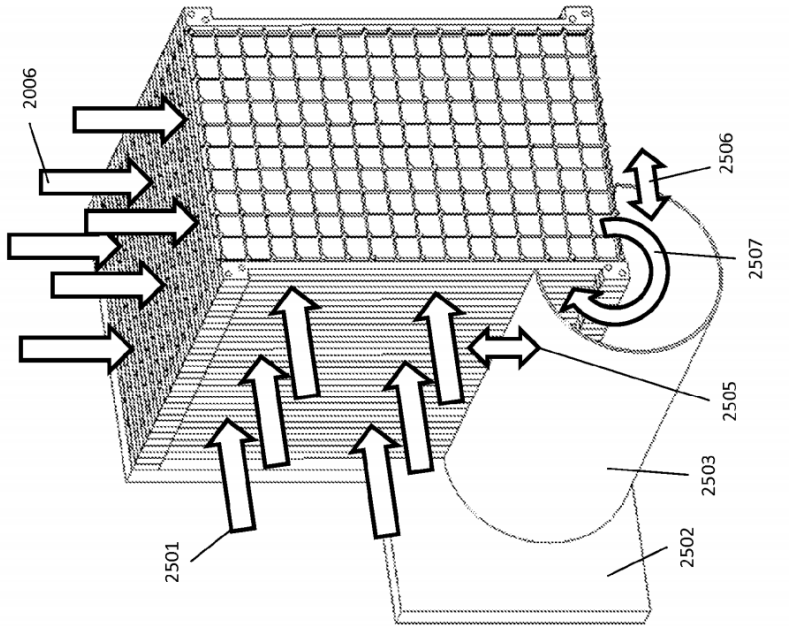


FIG. 71

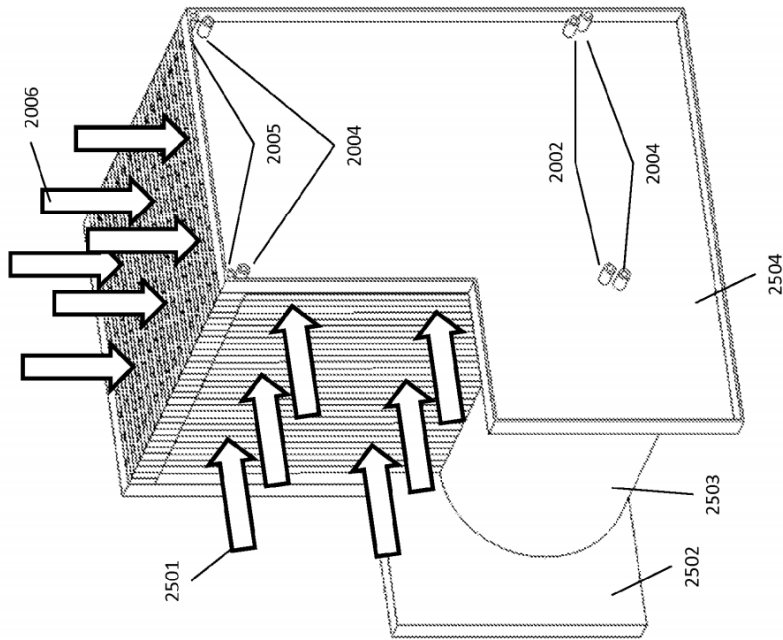


FIG. 72

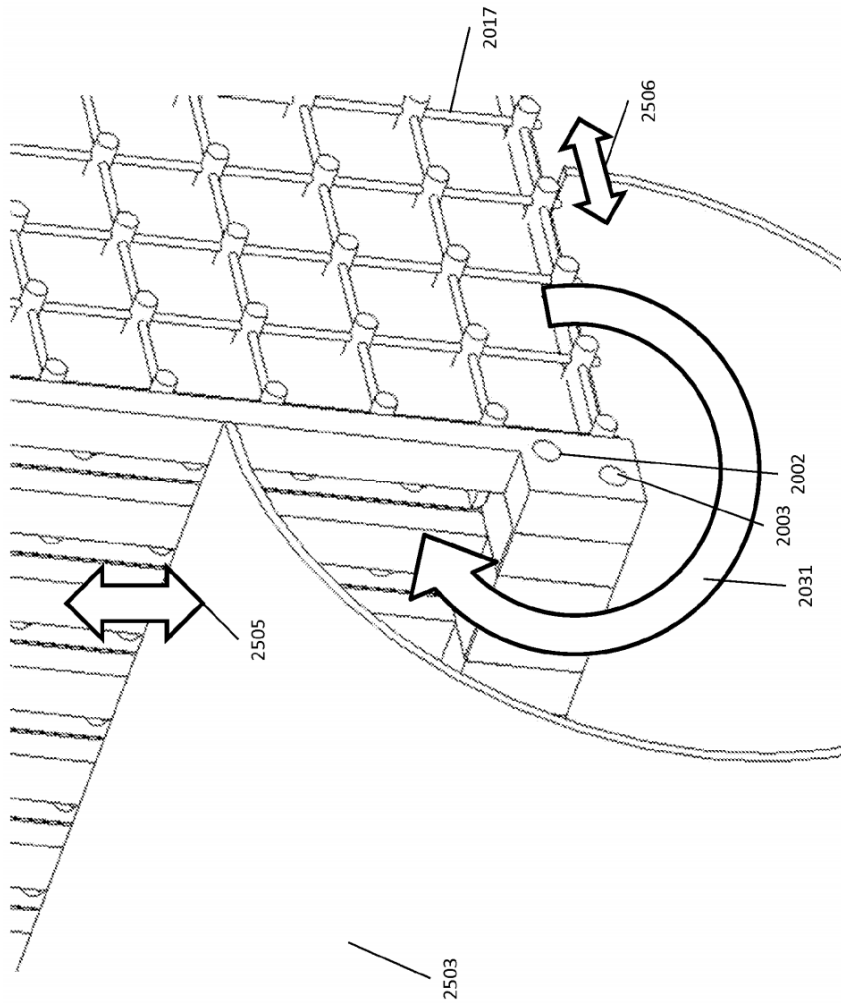


FIG. 73

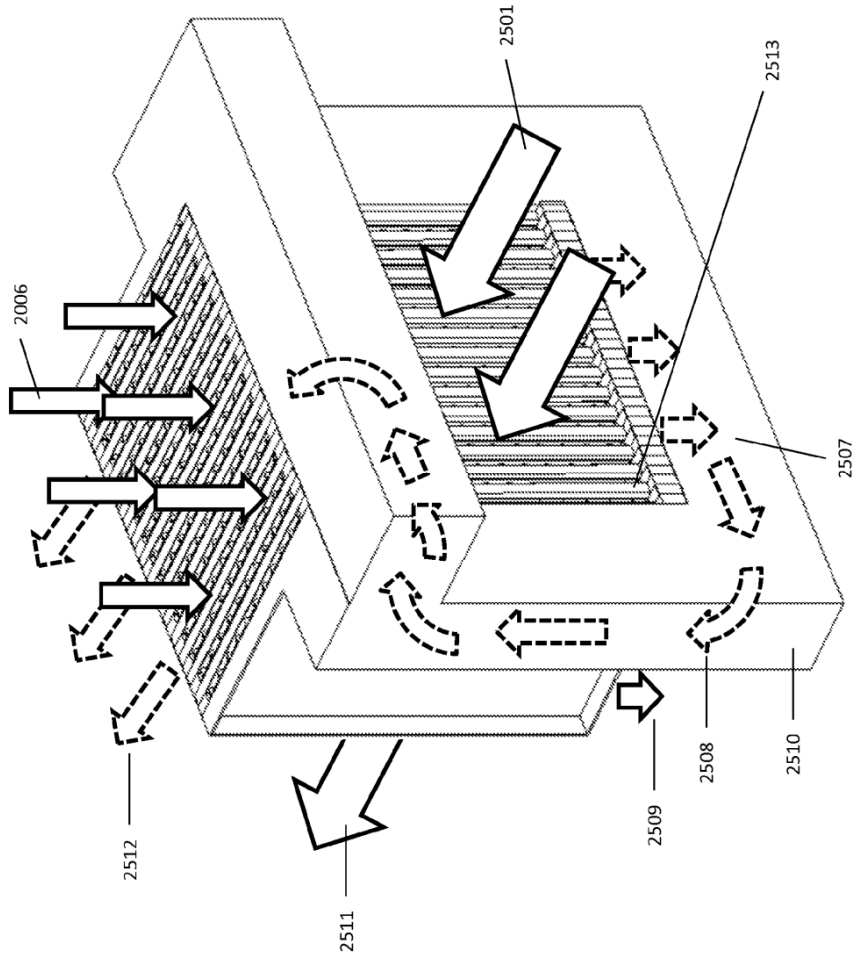


FIG. 74

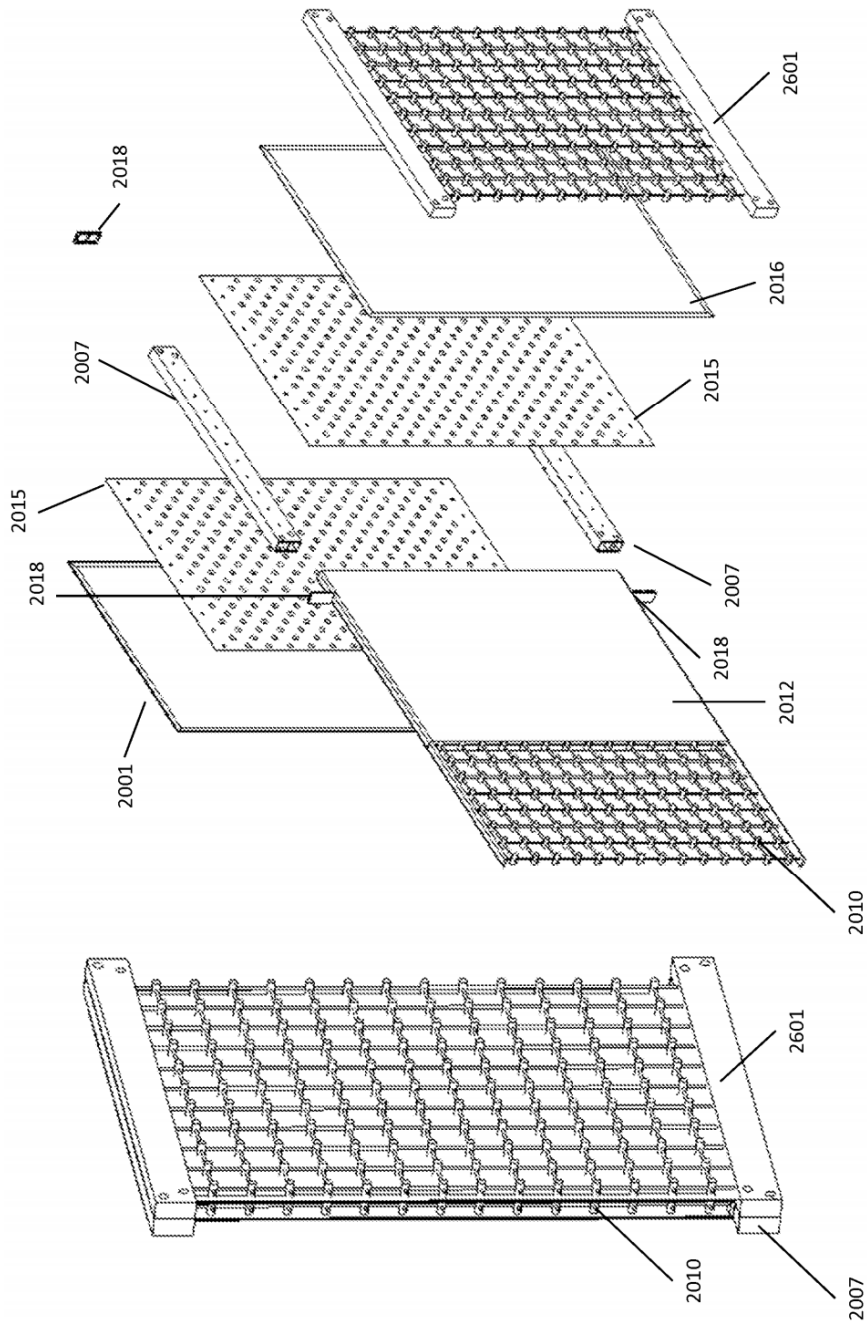


FIG. 76

FIG. 75

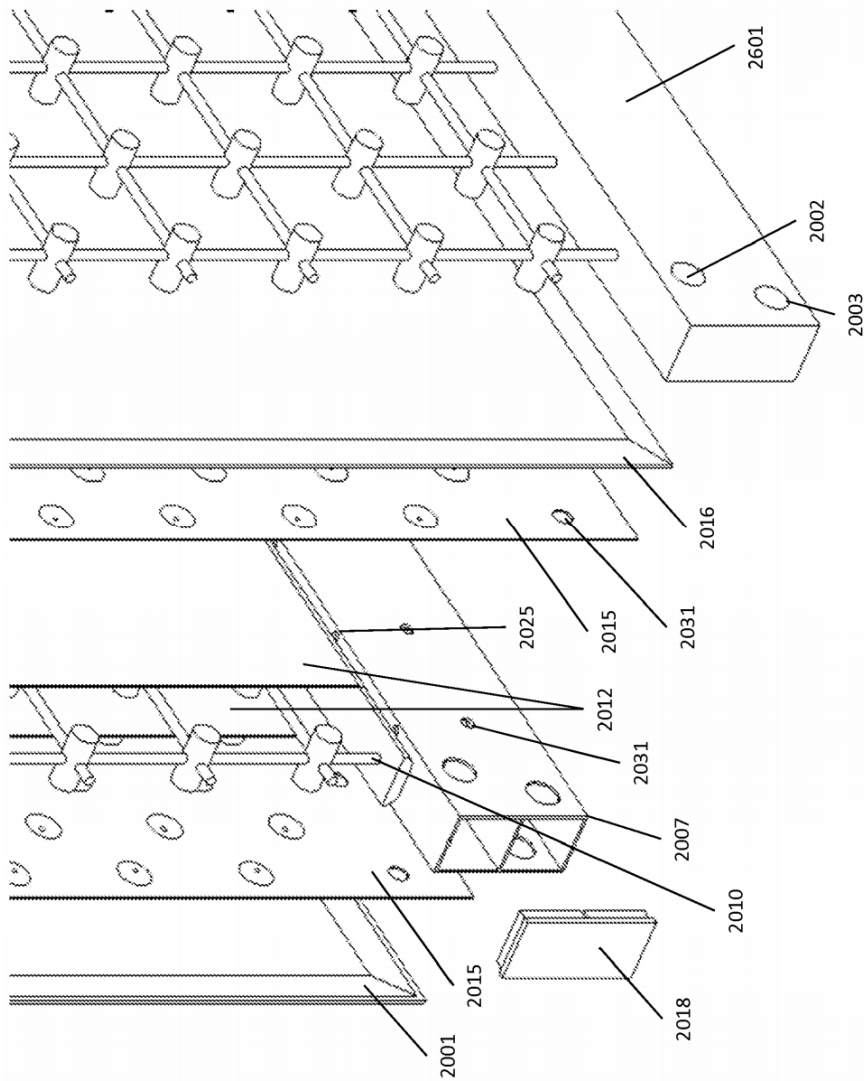


FIG. 77

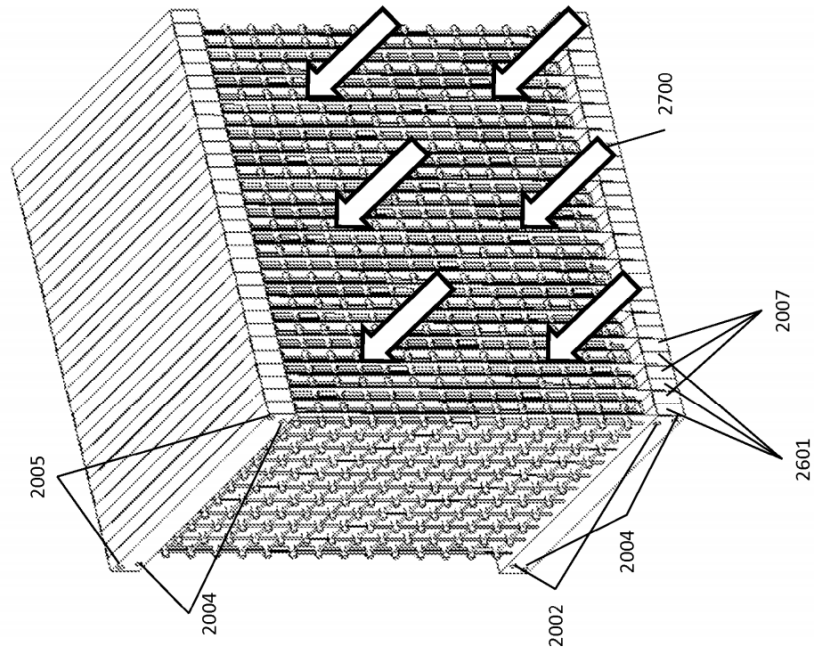


FIG. 79

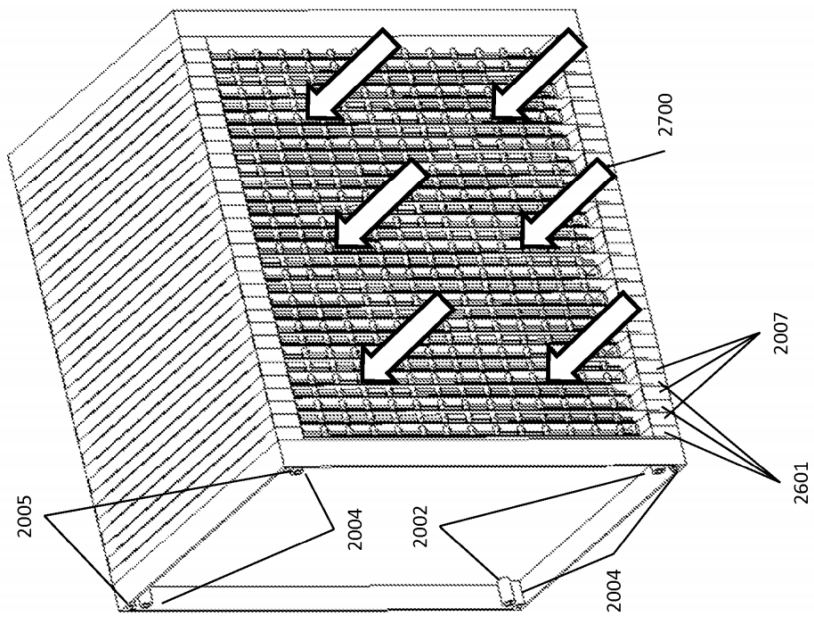


FIG. 78

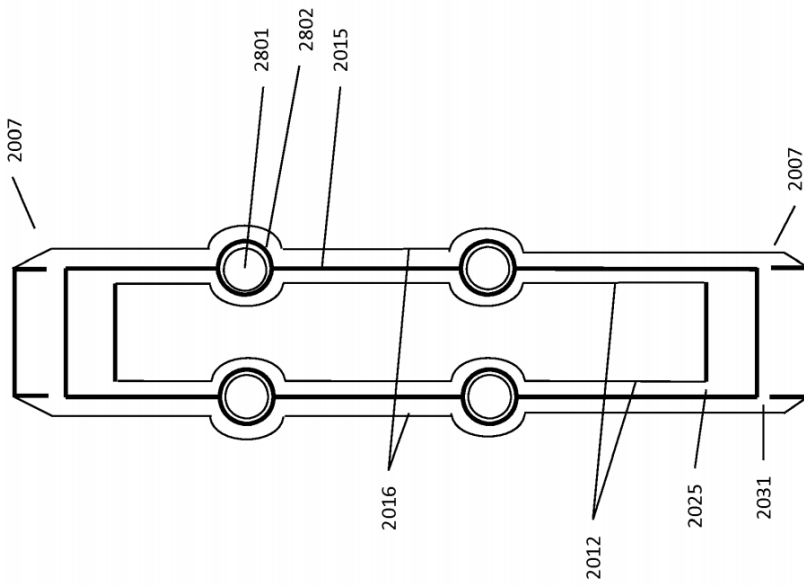


FIG. 80