

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 953 957**

51 Int. Cl.:

F28D 3/02	(2006.01) F28F 1/42	(2006.01)
B01D 47/05	(2006.01) F28F 13/10	(2006.01)
B01D 1/04	(2006.01) F28F 13/18	(2006.01)
B01D 1/22	(2006.01) F28G 7/00	(2006.01)
F28F 1/02	(2006.01) F28D 5/02	(2006.01)
F28F 1/06	(2006.01) F28D 1/00	(2006.01)
F28F 1/08	(2006.01) F28F 19/00	(2006.01)
F25B 39/02	(2006.01) F28B 1/00	(2006.01)
F25B 39/04	(2006.01) F28B 1/02	(2006.01)
B01D 5/00	(2006.01) F28D 21/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.04.2015 PCT/ES2015/070344**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2016 WO16170200**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2015 E 15889781 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2023 EP 3287728**

54 Título: **Tubo condensador-evaporador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.11.2023

73 Titular/es:

HANGANU, DAN ALEXANDRU (33.3%)
Calle Monistrol 10, Urb. Montserrat Park
08294 El Bruc, Barcelona, ES;
NOMEN CALVET, JUAN EUSEBIO (33.3%) y
WGA WATER GLOBAL ACCESS, S.L. (33.3%)

72 Inventor/es:

HANGANU, DAN ALEXANDRU y
NOMEN CALVET, JUAN EUSEBIO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 953 957 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

Tubo condensador- evaporador

5 **Campo de la divulgación**

La presente invención se refiere a un tubo que actúa como condensador por su cara interior y como evaporador por su cara exterior, con una alta capacidad de transferencia de energía térmica por unidad de superficie y grados Celsius de diferencia de temperatura entre dichas caras, utilizable en dispositivos de carcasa y tubos u otros dispositivos de destilación.

Antecedentes de la invención

El problema técnico a solucionar es que los tubos que actúan como condensador en su cara interior y como evaporadores en su cara exterior, tales como los tubos horizontales de un intercambiador de calor de carcasa y tubos, alcanzan bajos coeficientes de transferencia de calor por metro cuadrado de superficie del tubo y grados Celsius de diferencia de temperatura entre el vapor que fluye dentro del tubo y el fluido líquido que se evapora en la superficie exterior del tubo.

En el caso específico de los intercambiadores de carcasa y tubos para la desalinización de agua tales como los usados en los destiladores MultiEffect MED, el coeficiente de transferencia térmica de los tubos horizontales de estos dispositivos es inferior a 3500 vatios por metro cuadrado y por grado Celsius de diferencia de temperatura entre las dos caras de los tubos.

Esta limitación de la energía transmitida a través de las paredes de los tubos evaporadores-condensadores actuales restringe el número de ciclos de condensación- evaporación que se pueden realizar con una fuente de energía a una temperatura determinada, por ejemplo, el vapor de una planta de cogeneración y un dissipador de calor de menor temperatura tal como el agua de mar, requiere mayores superficies de tubos de intercambio dentro de los dispositivos de destilación y limita la energía total que puede ser gestionada por cada dispositivo de destilación.

El documento WO2011/161613A1 divulga un evaporador con tubos recubiertos y corrugados. El documento US5680772A divulga una máquina de refrigeración de tipo absorción. El documento FR2591504A1 divulga un proceso para la evaporación- condensación de películas de goteo, componentes para la implementación del proceso y aplicaciones del proceso.

Breve resumen de la invención

La invención intenta solucionar uno o más de los problemas expuestos anteriormente a través de un tubo condensador- evaporador y un método para condensar y evaporar fluidos. La invención se expone en el conjunto de reivindicaciones adjuntas.

En el tubo del evaporador- condensador, la fase gaseosa de una sustancia que se va a condensar fluye por el interior de un tubo condensador- evaporador y la fase líquida que se va a evaporar fluye por el exterior de dicho tubo. La superficie interior está cubierta por una superficie capilar interior diseñada para permitir que la interfaz líquido/ vapor se doble como resultado de la formación de un menisco cóncavo, con un ángulo de contacto inferior a 90°, ya que esto permite la condensación capilar a una presión inferior a la presión de vapor, y el líquido condensado, producto de la condensación capilar, podrá ser recogido en un canal de evacuación en la parte inferior del interior del tubo condensador- evaporador.

El tubo condensador- evaporador incluye un canal de alimentación en la parte superior exterior del tubo condensador- evaporador adaptado para alimentar el fluido líquido a una estructura capilar que cubre el resto de la cara exterior del tubo, diseñado para permitir que la interfaz líquido/ vapor se doble, como resultado de la formación de un menisco cóncavo, con un ángulo de contacto inferior a 90°, de modo que en el extremo de la interfaz doblada que constituye la superficie de un menisco líquido, el líquido presenta el menor espesor posible, permitiendo la evaporación más eficiente con una resistencia térmica mucho inferior a las películas líquidas más espesas.

El tubo condensador- evaporador presenta en la parte superior de su cara exterior un canal para alimentar el agua que se va a evaporar y puede presentar además un canal para la extracción de agua en el interior de su cara de condensador que puede acoplarse mecánicamente a través de una lámina o pared exterior adaptada para formar el tubo condensador- evaporador.

Asimismo, el canal de alimentación de agua puede acoplarse mecánicamente al canal de extracción de agua mediante estructuras de soporte que permiten el uso de paredes para el tubo condensador- evaporador que son más finas que las paredes de un tubo sin las estructuras de soporte. Estas paredes más finas permiten una corta trayectoria térmica entre los puntos de condensación capilar de la cara interior y los meniscos de agua del evaporador situado en la cara exterior del tubo.

La estructura capilar exterior del tubo condensador- evaporador tiene forma de microhendiduras, microranuras o microondulaciones de una anchura y profundidad predeterminadas.

- 5 En algunas realizaciones, la estructura capilar exterior e interior del tubo condensador- evaporador forma canales capilares de sección transversal rectangular sobre perfiles almenados opuestos; de tal forma que el menisco en el lado exterior de evaporación esté separado del menisco contiguo en el lado interior de condensación por el espesor de la lámina exterior del tubo condensador- evaporador.
- 10 En algunas otras realizaciones, la estructura capilar exterior e interior del tubo condensador- evaporador forma canales capilares triangulares en dientes de sierra en perfiles almenados opuestos; de modo que el menisco en el lado exterior de evaporación esté separado del menisco contiguo en el lado interior de condensación por el espesor de la lámina exterior del tubo condensador- evaporador.
- 15 El tubo condensador- evaporador puede estar revestido por una capa de metal sinterizado, malla u otra estructura porosa para cubrir la cara interior del tubo condensador- evaporador de modo que se forme condensación capilar en los espacios confinados dentro de esta estructura porosa.

20 El tubo condensador- evaporador puede estar acoplado mecánicamente a un dispositivo pulsante para generar pulsos en el líquido alimentado al canal de alimentación en la parte superior del tubo condensador- evaporador, creando desbordamientos periódicos de fluido líquido sobre la superficie exterior del tubo condensador- evaporador.

25 En algunas realizaciones, un haz de tubos condensadores- evaporadores se unen mecánicamente para formar un dispositivo de destilación.

El tubo condensador- evaporador presenta una alta capacidad de transmisión de energía calórica por unidad de superficie del tubo y grados Celsius de diferencia de temperatura entre su cara interior y su cara exterior.

Breve descripción de los dibujos

30 Se puede encontrar una explicación más detallada de la invención en la siguiente descripción en combinación con las Figuras adjuntas:

35 la Figura 1 es una vista en sección transversal del tubo condensador- evaporador con una capa de metal sinterizado que cubre la cara interior que actúa como condensador y un canal de descarga del líquido condensado;

40 la Figura 2 es una vista en sección transversal del tubo condensador- evaporador con un canal de alimentación del fluido líquido que fluye por el interior de la estructura capilar en la cara exterior del tubo y un conducto de evacuación del líquido condensado en el interior del tubo condensador- evaporador. También muestra la pared exterior del tubo condensador- evaporador con una serie de microranuras, microondulaciones o microhendiduras dispuestas perpendicularmente al eje del tubo condensador- evaporador;

45 la Figura 3 son vistas en sección transversal alternativas del tubo condensador- evaporador, con paredes circulares y ovaladas;

la Figura 4 es una vista en sección transversal de un tubo condensador- evaporador alternativo. También muestra la cara exterior de la pared del tubo condensador- evaporador con una secuencia de microranuras, microhendiduras o microondulaciones helicoidales o inclinadas con respecto al eje del tubo.

50 La Figura 5 es una vista en sección transversal de dos tubos condensadores- evaporadores superpuestos de tal forma que el líquido que se va a evaporar fluye desde un canal de alimentación a través de la estructura capilar que cubre la cara exterior del tubo condensador- evaporador superior hasta descargar el exceso de líquido de alimentación en el interior del canal de alimentación del tubo condensador- evaporador inferior;

55 la Figura 6 es una vista en sección longitudinal de una pared de un tubo condensador- evaporador con microranuras tanto en la cara interior como en la exterior formando un perfil regular en dientes de sierra, de tal forma que se forman meniscos cóncavos en ambas caras del tubo condensador- evaporador, de modo que el menisco correspondiente al líquido de evaporación en la cara exterior quede situado a una distancia térmica muy corta del menisco formado por el líquido de condensación en la cara interior del tubo condensador- evaporador;

60 la Figura 7 es una vista en sección longitudinal de una pared de un tubo condensador- evaporador con microranuras tanto en la cara interior como en la exterior formando un perfil en forma de U o almenado, de modo que el menisco correspondiente al líquido de evaporación en la cara exterior quede situado a una distancia térmica muy corta del menisco formado por el líquido de condensación en la cara interior del tubo condensador- evaporador;

65 la Figura 8 es una vista en sección longitudinal de una pared de un tubo condensador- evaporador con microranuras

tanto en la cara interior como en la exterior formando un perfil en forma de U o almenado, de tal forma que se forman meniscos cóncavos en ambos lados de la pared del condensador-evaporador, de modo que el menisco correspondiente al fluido líquido de evaporación en la cara exterior quede situado a una distancia térmica muy corta del menisco formado por el líquido de condensación dentro de la capa sinterizada u otra estructura porosa en la cara interior del tubo condensador-evaporador;

la Figura 9 es una vista en sección transversal de un haz de tubos de un destilador de carcasa y tubos de última generación, donde el fluido líquido que se va a evaporar fluye por el exterior de las paredes gruesas de los tubos condensadores-evaporadores que caen en una película de agua sobre un tubo condensador-evaporador que se encuentra debajo;

la Figura 10 es una vista en sección transversal de un haz de tubos de condensador-evaporador dentro de un dispositivo de carcasa y tubos, donde el fluido líquido que se va a evaporar fluye por el exterior de las paredes finas del tubo condensador-evaporador hasta fluir por el exterior de un canal de evacuación y descargarse ordenadamente en el interior del canal de alimentación de evaporación del siguiente tubo condensador-evaporador;

la Figura 11 es una vista en sección transversal de dos tubos condensadores-evaporadores alternativos con una placa de soporte interior colocada entre el canal de alimentación y el canal de evacuación en el interior del tubo condensador-evaporador y con láminas o paredes de cierre que unen el canal de alimentación y evacuación en el exterior del tubo condensador-evaporador y dichas láminas o paredes de cierre pueden ser más finas que los tubos de pared normales ya que no se requiere que soporten fuerzas estructurales;

la Figura 12 es una vista en sección transversal de un tubo condensador-evaporador con una estructura de soporte formada por el canal de alimentación y el canal de evacuación unidos mecánicamente por placas externas al tubo condensador-evaporador y con láminas o paredes de cierre que no se requieren que soporten las fuerzas estructurales del tubo;

la Figura 13 es una vista en sección transversal de una pared de un tubo de intercambio de calor con aletas donde, cuando se utiliza como tubo condensador-evaporador, el menisco que se forma en la cara exterior de evaporación está situado a una gran distancia térmica del menisco en la cara interior de condensación;

la Figura 14 es una vista en sección transversal del interior de una microranura con un menisco cóncavo de fluido líquido con un ángulo de contacto inferior a 90° y la región del menisco donde el espesor del líquido está entre 50 nm y 10 micrómetros, que es el área donde se produce la evaporación más eficiente; y

la Figura 15 es una vista en sección transversal de un haz de tubos de condensador-evaporador del dispositivo destilador de carcasa y tubos correspondiente a los tubos condensadores-evaporadores representados en la Figura 10 con una estructura que soporta el haz de tubos.

Descripción de una realización

Las Figuras 1 a 4 muestran un tubo condensador-evaporador para evaporar y condensar soluciones acuosas u otros líquidos donde el ángulo de contacto del menisco es inferior a 90° , que funciona como condensador en su cara interior y como evaporador en su cara exterior; donde la cara interior está cubierta con una estructura capilar en cuyos espacios capilares se forman meniscos de fluido líquido con una interfaz líquido-vapor curvada y donde el vapor del fluido puede condensarse a una presión inferior a la presión de vapor y el líquido condensado se descarga a través del canal de evacuación 2; y donde la cara exterior está cubierta con una estructura capilar donde el líquido que se va a evaporar forma meniscos con una interfaz líquido-vapor curvada y la evaporación se produce en el extremo superior 25, véase Figura 14, de los meniscos líquidos, donde se produce la capa líquida más fina y la evaporación más eficiente.

De acuerdo con la Figura 11, el tubo puede tener una placa interior 14 y una placa exterior 23 para soporte estructural de modo que las paredes 22 que están térmicamente activas pueden ser más finas que las de un tubo cuyas paredes necesitan soportar cargas estructurales y estas paredes 22 pueden adoptar diferentes diseños que reducen la trayectoria térmica entre un menisco líquido dentro de una microranura en el lado de evaporación y el área de condensación capilar en el lado de condensación.

El tubo condensador-evaporador objeto de esta patente puede ser utilizado en dispositivos destiladores nuevos y específicamente diseñados y puede usarse también para reemplazar los tubos de dispositivos destiladores existentes como los tubos horizontales de un sistema de destilación de carcasa y tubos, que actualmente funcionan siguiendo el paradigma de película fina de agua, y cuya sustitución permite mantener los grandes recipientes a presión y toda la infraestructura que rodea a estas instalaciones multiplicando al mismo tiempo la eficiencia térmica de los dispositivos modificados.

El tubo condensador-evaporador comprende una estructura capilar que cubre su cara interior de condensación, donde

se forman meniscos líquidos con un ángulo de contacto inferior a 90° y confinados dentro de dicha estructura capilar y la interfaz líquido-vapor está curvada.

5 La curvatura de la interfaz líquido-vapor en el lado de condensación implica que el agua u otro vapor líquido se condensa dentro de un capilar a una presión inferior a su presión de vapor, fenómeno conocido que obedece a la ley de Kelvin y que facilita la condensación del vapor fluido.

10 Para evitar la acumulación del líquido condensado en el interior del tubo condensador- evaporador y evitar que la estructura capilar se inunde bloqueando su capacidad de condensación capilar el condensador- evaporador incluye un canal de evacuación 2 colocado en el fondo del tubo de condensación- evaporación para vaciar el líquido de la zona de condensación capilar, inhibiendo por tanto la formación de acumulación de agua que pueda bloquear la condensación capilar.

15 El canal de evacuación 2 podrá omitirse sacrificando la parte inferior del tubo para almacenamiento y evacuación de líquidos, pero la adición del canal de evacuación 2 evita flujos anulares u otros tipos de inundación del líquido condensado en el interior del tubo, lo que puede cubrir la estructura capilar de la pared interior, mejorando así la capacidad de la cara interior del tubo para funcionar como condensador y mejorando las propiedades térmicas del dispositivo en su conjunto.

20 El tubo condensador- evaporador también incluye una estructura capilar que cubre la cara exterior del tubo condensador- evaporador, donde se forman meniscos de agua salada u otro líquido que se va a evaporar creando un ángulo de contacto 24 inferior a 90°, y generando una interfaz líquido-vapor curvada.

25 La parte superior del menisco líquido presenta una región estrecha 25, véase Figura 14, donde el agua presenta el menor espesor de película y donde el líquido se evapora con gran facilidad debido a, entre otros factores, la existencia de una película muy fina de agua entre la pared metálica de la estructura capilar y la interfaz curva líquido-vapor que cubre la parte exterior del menisco.

30 Para distribuir el líquido dentro de la estructura capilar que cubre el exterior de la pared del tubo, el tubo condensador- evaporador incluye un canal de alimentación 4, véase Figuras 1 a 5.

35 Cuando el líquido que se va a evaporar contenga materia orgánica que pueda formar residuos o cuando se trate de una solución que pueda favorecer la formación de residuos sólidos, tal como agua de mar, para evitar la formación de residuos sólidos y orgánicos en el interior de estructuras capilares cubiertas, como por ejemplo una estructura sinterizada, que se obstruirían y serían muy difíciles de limpiar, la estructura capilar en la cara exterior del tubo condensador- evaporador está formada por microranuras con una anchura y una profundidad inferiores a 0,8 mm, perpendiculares 3, inclinadas o helicoidales 8 con respecto al eje del tubo condensador- evaporador, y las microranuras extendiéndose hacia el fondo del canal de alimentación 4 de modo que, por tensión capilar, el agua entra y fluye dentro de las microranuras, véase Figuras 2 y 4. El líquido dentro del canal de alimentación 4 puede ser alimentado mediante impulsos periódicos creados por un mecanismo de pulsos acoplado mecánicamente al tubo condensador- evaporador, de modo que el líquido del interior del canal de alimentación 4 se desborde periódicamente formando una película de líquido sobre la superficie exterior del tubo condensador- evaporador con el fin de conseguir dos objetivos: arrastrar las acumulaciones de residuos que se puedan formar en la superficie exterior del tubo y mojar todo la superficie exterior del tubo, evitando la aparición de regiones secas dentro de las estructuras capilares del evaporador.

45 La frecuencia de estas inundaciones viene dada por la frecuencia de ocurrencia de zonas secas y la consecuente ocurrencia de residuos sólidos, en donde la frecuencia de pulsos depende principalmente del diseño de la estructura capilar que determina el caudal del líquido dentro de la microranura y del flujo de energía del dispositivo. Esto significa que el ritmo de pulsación viene determinado por el diseño del dispositivo de destilación. De acuerdo con las Figuras 6 a 8, la pared del tubo condensador- evaporador puede adoptar diferentes perfiles como almenado, diente de sierra, etc. para formar canales alternos en ambos lados de la pared del tubo condensador- evaporador donde la interfaz líquido-vapor que cubre la parte superior de los meniscos 9, 10, 16 y 17 está curvada de modo que las trayectorias térmicas 11, 15 entre el punto de evaporación y el punto de condensación son cortos y corresponden al espesor de la pared del tubo condensador- evaporador.

50 Las trayectorias térmicas 11, 15 son más cortas que la trayectoria térmica 21 que se encuentra en un tubo de intercambio de calor con microaletas u otras extensiones de superficie en caso de que se utilicen como un tubo condensador- evaporador, como se muestra en la Figura 13. Un intercambiador de calor que requiere maximizar la superficie de contacto en lugar de priorizar la curvatura de la interfaz líquido-vapor mediante una estructura capilar donde se forman meniscos líquidos, como se requiere cuando la función del tubo es ser un condensador- evaporador eficiente.

55 En relación con las Figuras 10 a 12, el tubo condensador- evaporador incluye una placa interior 14 o una placa exterior 23 que conectan mecánicamente el canal de alimentación 12 al canal de evacuación 13 y una lámina o pared exterior 22. La placa interior 14 o la placa exterior 23 son estructuras internas o externas que soportan las fuerzas estructurales del tubo condensador- evaporador así diseñado, de modo que la pared exterior 22 tiene un espesor reducido ya que

no tiene función de soporte mecánico. En consecuencia, la pared del tubo térmicamente activo 22 tiene un espesor inferior a el espesor de los tubos horizontales de aleaciones de aluminio del estado de la técnica que actualmente fluctúa entre 1 mm y 0,7 mm, y por tanto una menor resistencia térmica.

5 Como consecuencia, se obtiene un tubo condensador- evaporador con una estructura capilar que cubre su pared interior que permite la curvatura de la interfaz líquido-vapor y la condensación es una condensación capilar debidamente evacuada mediante un canal de evacuación 2 y con una estructura capilar en su cara exterior donde el líquido forma meniscos con un ángulo de contacto inferior a 90° limitado por una interfaz líquido-vapor curvada donde la evaporación ocurre desde el área 25 donde la película de líquido exhibe su espesor más bajo. La pared del tubo
10 condensador- evaporador tiene un diseño que coloca la parte superior de un menisco de líquido 16 en la cara de evaporación en frente de la parte superior de un menisco de líquido condensado 17 en la cara de condensación donde ocurre la condensación capilar, de tal forma que la trayectoria térmica 15 entre el punto de evaporación y el punto de condensación se reduce también mediante la reducción del espesor de la pared térmicamente activa 22 que descansa sobre una estructura de soporte interior o exterior 14, 23 que soporta las fuerzas estructurales del tubo condensador-
15 evaporador.

El tubo condensador- evaporador fabricado con aleaciones de aluminio, cobre u otros metales de baja resistencia térmica exceden, en promedio, 20.000 vatios por metro cuadrado y grados Celsius de diferencia de temperatura entre las dos caras del tubo condensador- evaporador y pueden alcanzar coeficientes de transferencia térmica superiores a
20 60.000 vatios por metro cuadrado y grados Celsius de diferencia de temperatura e incluso superiores.

Dado que las capas de agua, u otros líquidos, más gruesas que las finas capas formadas en los extremos 25 de los meniscos de agua, u otros meniscos de líquidos, son capas que reducen la transferencia de energía y dificultan el cambio de fase del fluido, la alimentación de líquido por la cara exterior del tubo condensador- evaporador debe realizarse de forma ordenada, sin salpicaduras ni desbordamientos incontrolados. Para cumplir con este requisito, los tubos
25 condensadores- evaporadores podrán colocarse en filas, como se muestra en la Figura 5, de modo que el líquido que fluye por la cara exterior del canal de evacuación 2, 13 de un tubo condensador- evaporador cae dentro del canal de alimentación 4, 12 del tubo condensador- evaporador que se encuentra debajo.

30 Como se muestra en la Figura 1 y con mayor detalle en la Figura 8, la cara interior del tubo condensador- evaporador podrá estar revestida con una capa, malla o mecha sinterizada 18 para que la condensación capilar tenga lugar dentro de los espacios confinados dentro de esta estructura que mantienen una corta distancia térmica 15 de los meniscos líquidos del líquido en el lado evaporador 16.

35 La mejor relación entre volumen y superficie de intercambio se consigue con estructuras redondeadas, por lo que la sección del tubo puede ser redonda 5 u ovalada, ya sea alargada 6 o aplanada 7.

La sustitución del haz de tubos de los dispositivos de Destilación Multi Efecto MED por un haz de tubos descrito en esta patente permite multiplicar los coeficientes de transferencia térmica de estas plantas MED, obteniendo así
40 mejores rendimientos.

La sustitución de los actuales tubos horizontales de estas desaladoras por los tubos condensadores- evaporadores descritos en esta patente permite aprovechar gran parte del resto de componentes de una actual desaladora de efecto múltiple y al mismo tiempo permite multiplicar la cantidad de vatios transferidos por unidad de superficie del tubo y
45 grados Celsius de diferencia de temperatura, lo que conlleva la multiplicación de la capacidad de desalación de la instalación, la reducción de la diferencia de temperatura necesaria en cada efecto y, por tanto, el aumento del número de efectos, reduciendo el coste energético por unidad de agua destilada o multiplicando el volumen de agua desalada en cada efecto, o cualquier combinación de estos posibles resultados.

50 Como se presenta esquemáticamente en la Figura 9, con los haces de tubos horizontales del estado de la técnica de las instalaciones MED, se vierte una película de agua 19 sobre los tubos que actúan como evaporadores por fuera y como condensadores por dentro. Como se presenta esquemáticamente en la Figura 10, un haz de tubos condensadores- evaporadores de la presente invención puede sustituir los haces de tubos del estado de la técnica de una instalación MED. La Figura 10 muestra cómo el exceso de agua salada de un tubo condensador- evaporador se
55 vierte en el canal de alimentación 4 del siguiente tubo condensador- evaporador que suministra agua salada al interior de las microranuras capilares que cubren la cara exterior de este siguiente tubo condensador- evaporador. Este haz de tubos condensadores- evaporadores está soportado por estructuras 23 que soportan los tubos condensadores- evaporadores.

REIVINDICACIONES

1. Tubo condensador- evaporador, en cuyo interior fluye un vapor para condensarse y sobre el que fluye un líquido que se va a evaporar, en donde tanto las caras interior como exterior de este tubo están cubiertas con microranuras, microondulaciones o microhendiduras que proporcionan estructuras capilares, **caracterizado por que** se forma un canal de alimentación (4,12) en la parte superior exterior del tubo condensador- evaporador que está configurado para suministrar el líquido que se va a evaporar sobre la cara exterior del tubo condensador- evaporador a las estructuras capilares, y en donde las estructuras capilares están configuradas para la formación de meniscos líquidos cóncavos que tienen un ángulo de contacto inferior a 90° donde la interfaz líquido- vapor se curva, lo que permite la condensación capilar dentro del tubo y la evaporación en la cara exterior en el extremo superior (25) de los meniscos de líquido donde la capa de líquido es más fina y la evaporación más eficiente.
2. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la estructura capilar de la cara exterior penetra en el canal de alimentación (4,12) para canalizar ordenadamente el líquido en el interior de esta estructura capilar.
3. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende un canal de evacuación (2,13) situado en la parte interior inferior del tubo condensador- de evaporación y a través del que se evacua el líquido condensado en las estructuras capilares de la cara interior.
4. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el canal de alimentación (4,12) está acoplado mecánicamente al canal de evacuación (2,13) mediante una placa exterior (23) adaptada para soportar mecánicamente el tubo condensador- evaporador.
5. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el canal de alimentación (4,12) está acoplado mecánicamente al canal de evacuación (2,13) mediante una placa interior (14) adaptada para soportar mecánicamente el tubo condensador- evaporador.
6. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, que comprende paredes (22) que actúan como condensador en el interior y como evaporador en el exterior, estando las paredes (22) hechas de una fina capa metálica de baja resistencia térmica de menos de 0,7 mm de espesor.
7. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la estructura capilar en la cara exterior tiene forma de microsurcos o microondulaciones de profundidades y anchuras predeterminadas de menos de 0,8 mm.
8. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde las estructuras capilares ubicadas en las caras interior y exterior del tubo condensador- evaporador forman canales capilares opuestos de sección transversal rectangular en un perfil almenado de tal forma que un menisco de evaporación (16) está separado de un menisco de condensación (17) contiguo por la trayectoria térmica (15) correspondiente al espesor de la lámina que constituye la pared del tubo condensador- evaporador.
9. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde las estructuras capilares ubicadas en las caras interior y exterior del tubo condensador- evaporador forman canales capilares opuestos de sección transversal triangular en un perfil en dientes de sierra de tal forma que un menisco de evaporación (10) está separado de un menisco de condensación (9) contiguo por la trayectoria térmica (11) correspondiente al espesor de la lámina que constituye la pared del tubo condensador- evaporador.
10. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en donde la cara interior del tubo condensador- evaporador está revestida con una capa, malla u otra estructura porosa sinterizada (18), de modo que la condensación capilar ocurre dentro de los espacios confinados dentro de esta estructura porosa (18).
11. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con la reivindicación 6, en donde las paredes finas (22) se fabrican estampando una lámina metálica fina.
12. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con la reivindicación 4, en donde un mecanismo pulsante está acoplado mecánicamente al tubo condensador- evaporador, estando el mecanismo pulsante configurado para suministrar pulsaciones del fluido líquido alimentado al canal de alimentación (4) creando desbordamientos periódicos del fluido líquido que fluye en la cara exterior del tubo condensador- evaporador.
13. Tubo condensador- evaporador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde un haz de tubos evaporadores- condensadores están acoplados mecánicamente para formar un dispositivo de destilación.
14. Un método para condensar y evaporar fluidos, que comprende:
- suministrar un vapor que se va a condensar al interior de un tubo condensador- evaporador, en donde las caras

interior y exterior del tubo condensador-evaporador están cubiertas con microranuras, microondulaciones o microhendiduras que proporcionan estructuras capilares;

caracterizado por que el método comprende suministrar, mediante un canal de alimentación (4,12) formado en la parte superior exterior del tubo condensador-evaporador, un líquido sobre la cara exterior del tubo condensador-evaporador hasta las estructuras capilares; y

formar, por medio de las estructuras capilares, meniscos líquidos cóncavos en las caras interior y exterior del tubo condensador-evaporador, teniendo los meniscos líquidos un ángulo de contacto inferior a 90° donde la interfaz líquido-vapor se curva, permitiendo los meniscos de líquido la condensación capilar dentro del tubo y la evaporación capilar en la cara exterior del tubo en el extremo superior (25) de los meniscos de líquido donde la capa de líquido es más fina y la evaporación más eficiente.

15. El método de la reivindicación 14, en donde el tubo condensador-evaporador comprende suministrar, mediante un mecanismo pulsante acoplado mecánicamente al tubo condensador-evaporador, pulsaciones periódicas del líquido al canal de alimentación (4,12) de tal forma que se crean desbordamientos periódicos del líquido que fluye en la cara exterior del tubo condensador-evaporador.

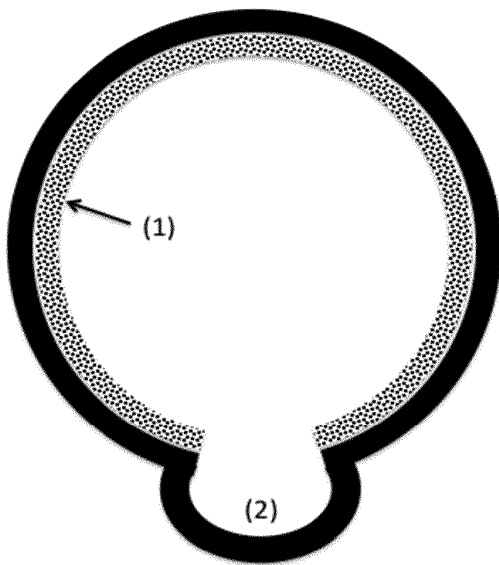


FIG. 1

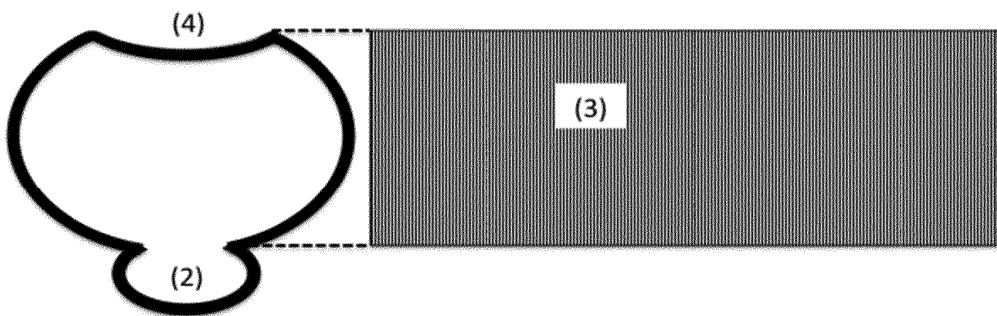


FIG. 2

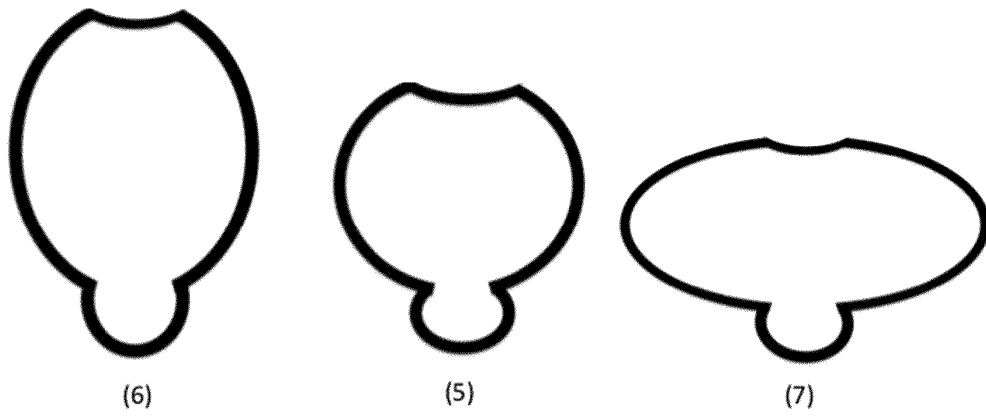


FIG. 3

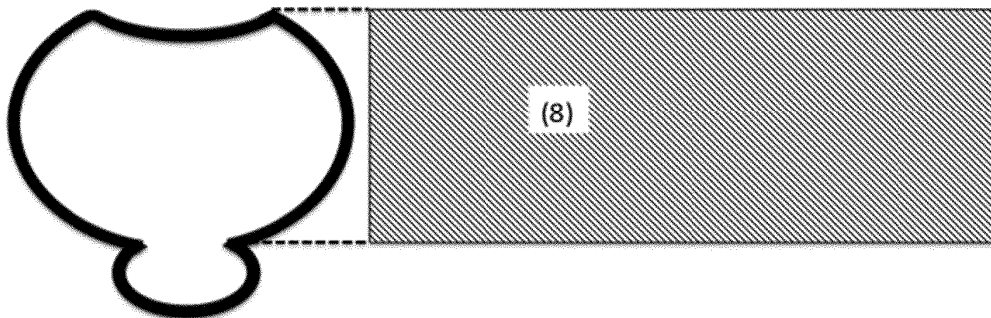


FIG. 4

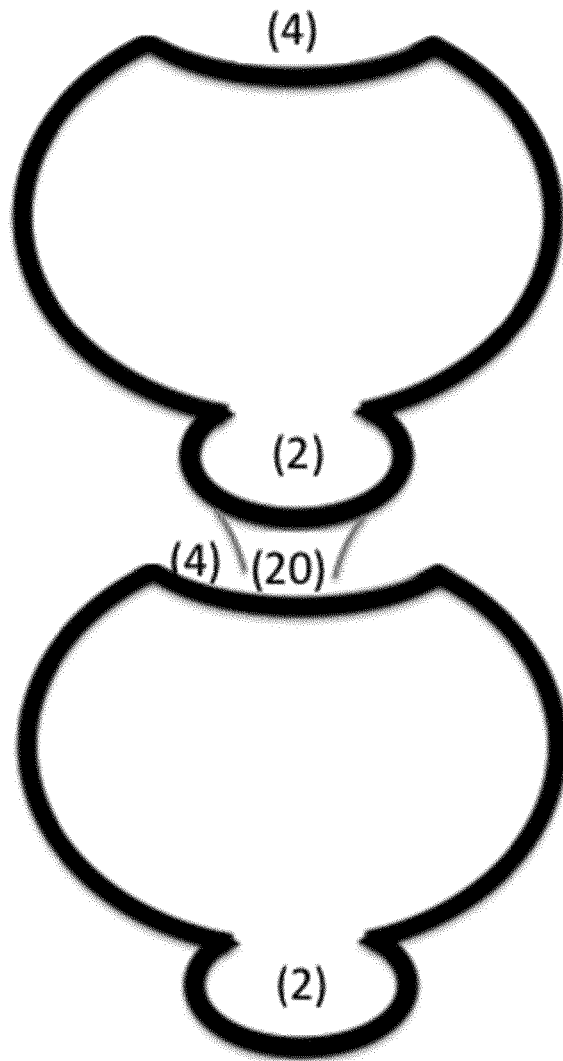


FIG. 5

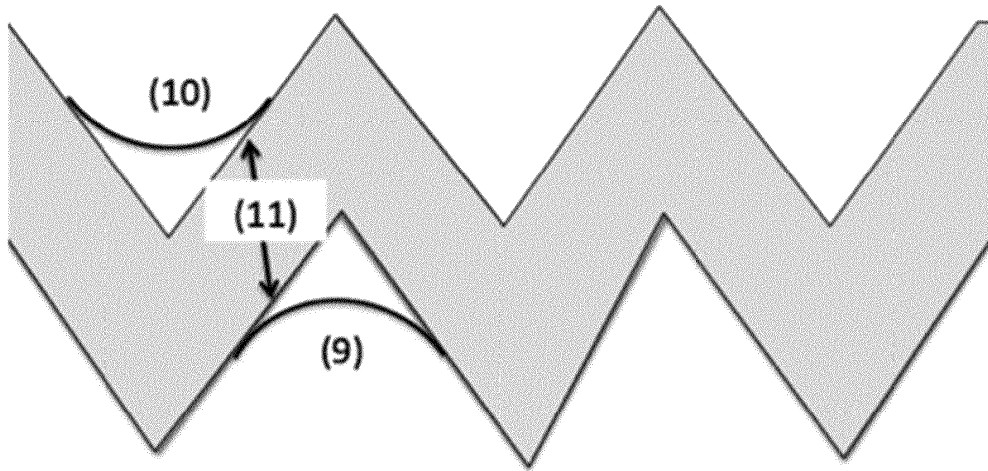


FIG. 6

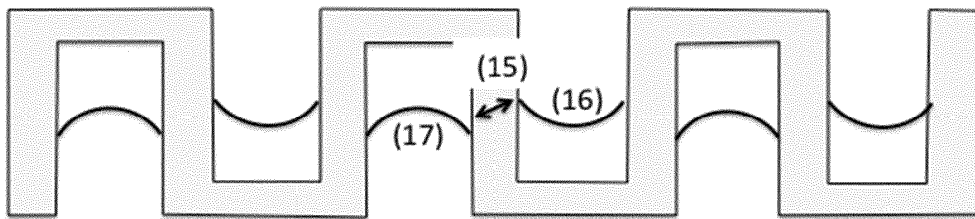


FIG. 7

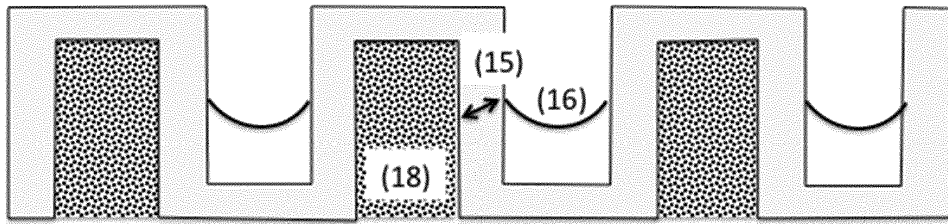


FIG. 8

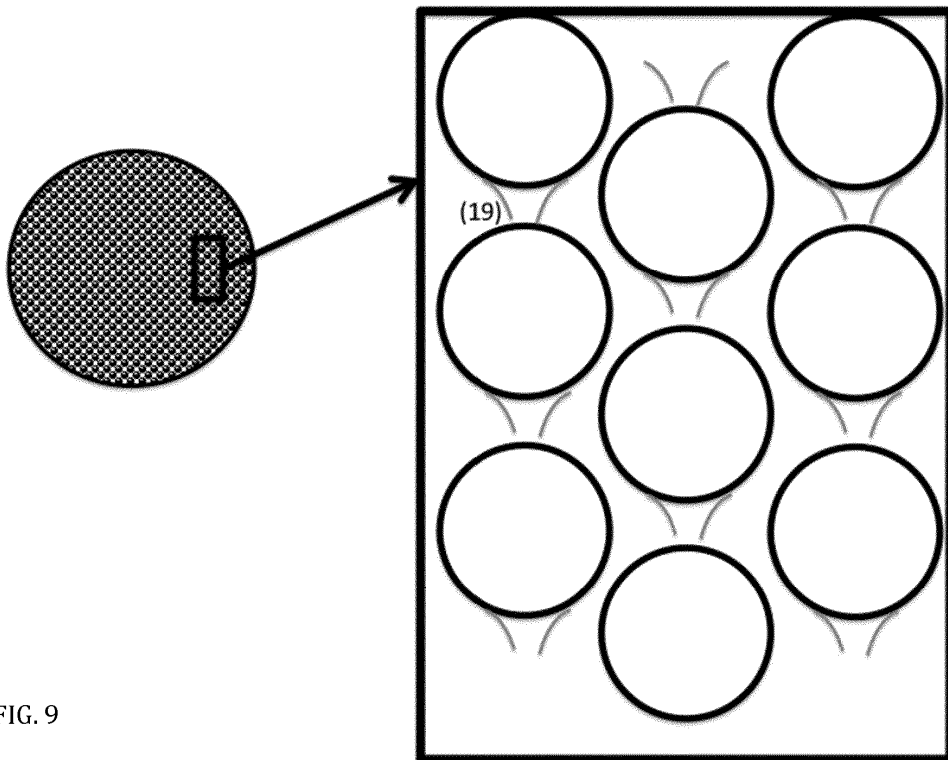


FIG. 9

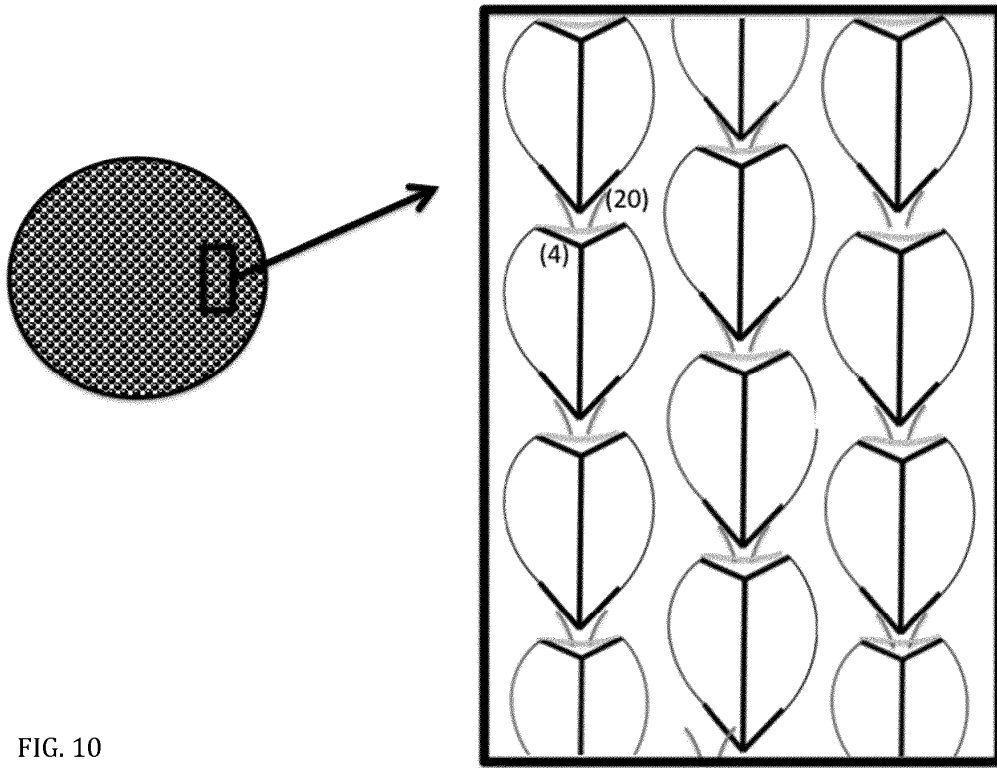


FIG. 10

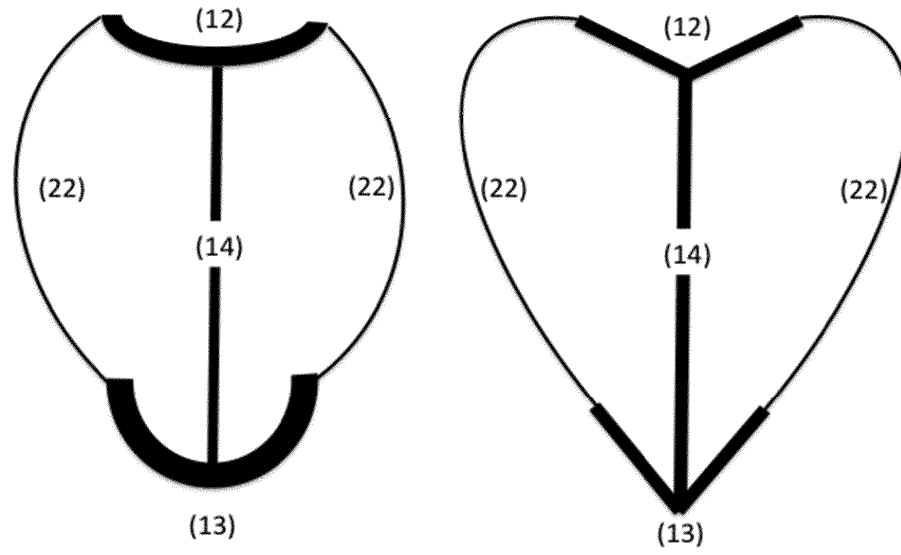


FIG. 11

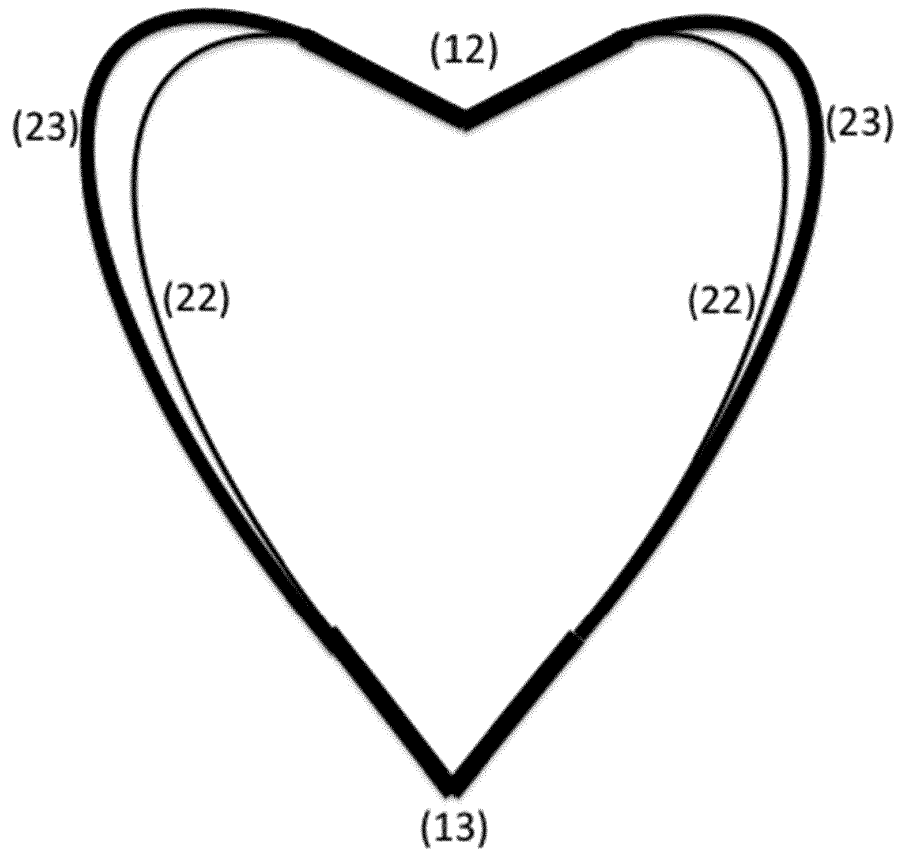


FIG. 12

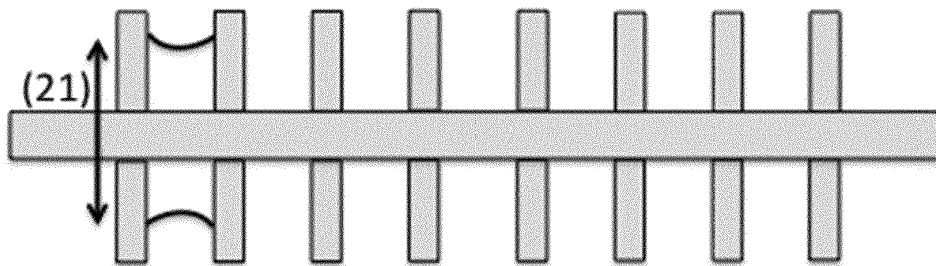


FIG. 13

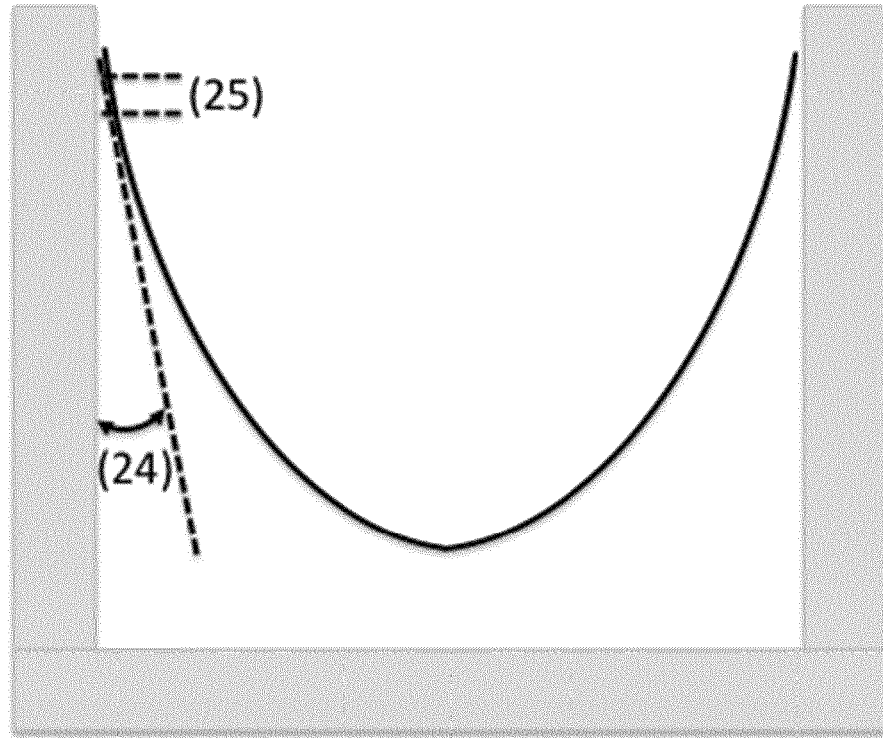


FIG. 14

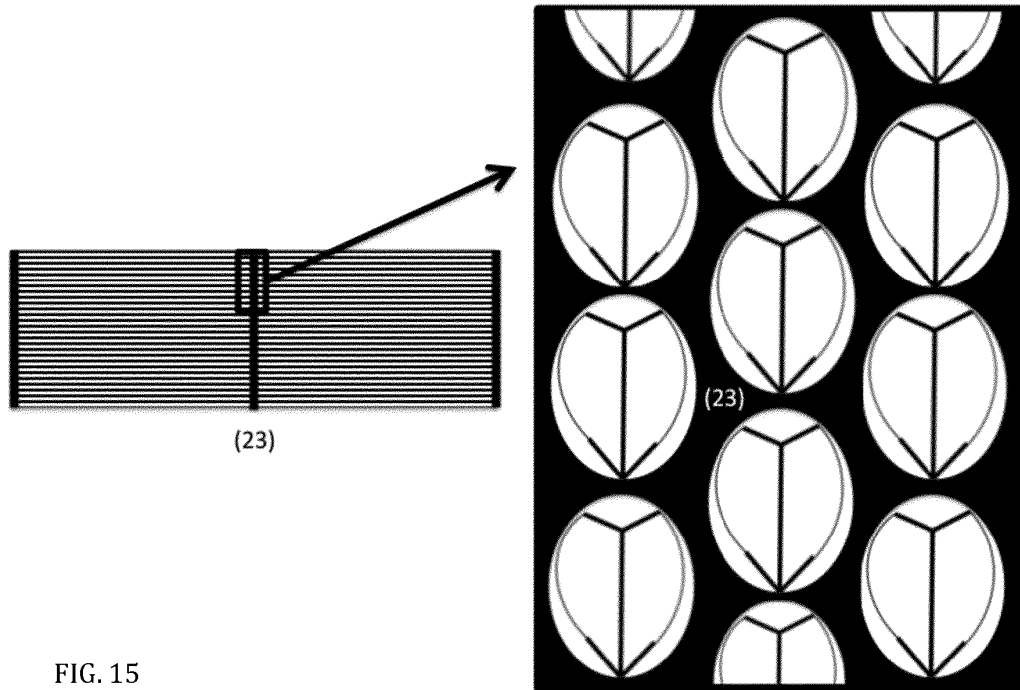


FIG. 15