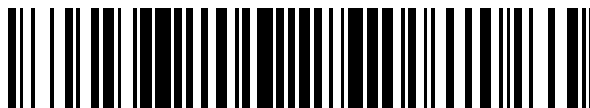


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 591 279**

21 Número de solicitud: 201500411

51 Int. Cl.:

F28F 1/40 (2006.01)

F28F 19/00 (2006.01)

F28F 21/08 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

25.05.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

25.11.2016

71 Solicitantes:

**ICUBE INGENIERIA INTERNACIONALIZACION E
INNOVACION S.L. (100.0%)**

**C/ Jimena Fernández de la Vega 140 Of. 1E
Parque Científico y Tecnológico
33203 Gijón (Asturias) ES**

72 Inventor/es:

**CASTRO DE BENITO, Andrés;
GONZÁLEZ AZPIROZ, María Dolores y
COCA VALDÉS, Pablo Luis**

54 Título: **Sistema de enfriamiento mejorado para calderas de generación de vapor**

57 Resumen:

Sistema de enfriamiento para calderas de generación de vapor para aplicaciones industriales formado por un condensador de carcasa y tubos en el que los tubos se construyen mediante tecnologías de fabricación aditiva, de modo que dichos tubos cuenta con una pared interna que presentan una pluralidad de obstáculos separados entre sí tanto a lo largo del eje axial, como en la superficie radial.

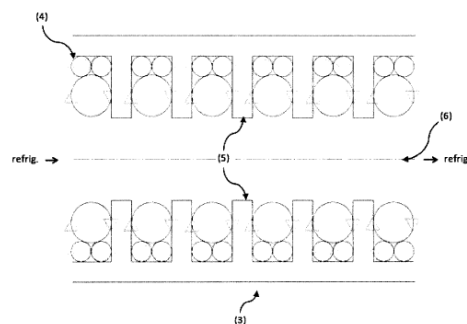


Figura 2

DESCRIPCIÓN

Sistema de enfriamiento mejorado para calderas de generación de vapor**OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un nuevo concepto de sistema de enfriamiento para calderas de generación de vapor para aplicaciones industriales, incorporando tubos con
5 diseño mejorado que favorecen la transmisión de calor y retrasan la aparición de incrustaciones biológicas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las calderas para generación de vapor son sistemas muy utilizados a nivel industrial para aplicaciones diversas, siendo las más habituales en etapas de calentamiento en el
10 proceso de fabricación o la conversión a electricidad mediante el turbinado del vapor generado. No obstante el uso del vapor en la industria también incluye otras aplicaciones como la esterilización, utilización como fluido motriz para mover flujos de líquido o gas en tuberías, para separación mecánica de fluidos mediante atomización, para limpieza, así como para etapas de hidratación y humidificación en procesos diversos, como por
15 ejemplo los de sinterizado de materiales.

Todo equipo de generación de vapor, como es el caso de las calderas, integra un sistema de enfriamiento o condensador termodinámico, que mediante aire o agua condensan el vapor sobrante tras la realización de su función y regresarlo a la caldera, o en su caso eliminarlo a través de la red de agua correspondiente. El aire se utiliza como fluido
20 refrigerante únicamente en los casos en los que no hay disponibilidad de agua para tal función, ya que en este caso los condensadores presentan un bajo rendimiento. En el caso de que el líquido refrigerante sea agua, ésta se obtiene por lo general de ríos (agua dulce) o del mar (agua salada).

Los sistema de enfriamiento o condensadores de agua son por lo general cambiadores de calor tubulares del tipo carcasa y tubos. En estos dispositivos, el agua o fluido refrigerante circula por los tubos y el vapor sobrante o fluido enfriado circula por la carcasa. La carcasa suele ser de acero al carbono y los tubos, que son los elementos que procuran el intercambio de calor entre el agua y el vapor suelen ser de acero inoxidable, cuando se utiliza agua de río como fluido refrigerante, y de titanio cuando se
25 utiliza agua de mar, debido a la resistencia a la corrosión necesaria en cada caso. La carcasa cuenta en su parte inferior con un depósito denominado pozo caliente que recoge y acumula el agua que resulta de la condensación del vapor, desde el que aspiran las bombas de extracción del condensado.
30

Las aguas, tanto dulces como saladas, son desde el punto de vista químico soluciones
35 complejas de componentes inorgánicos y orgánicos, presentando distintas concentraciones de iones, elementos químicos diverso y gases disueltos que comprenden desde nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono hasta otros como el sulfuro de hidrógeno, que es una importante fuente de energía para algunas bacterias fotosintéticas. Desde el punto de vista biológico, existe una gran variedad de organismos

capaces de adherirse a una estructura para producir una incrustación, como bacterias, cianobacterias, algas, hongos y protozoos.

El fenómeno de fijación de comunidades de organismos incrustantes a una superficie en contacto con el agua es conocido como incrustación biológica o *biofouling*. Estas incrustaciones son especialmente perjudiciales en el caso de que el fenómeno se dé en el interior de los tubos de los condensadores ya que la biopelícula que aparece incrustada al interior del tubo, produce en un primer término una reducción de la eficacia en la transmisión de calor, al verse disminuido el coeficiente de transmisión de calor y en consecuencia verse reducida la superficie específica de intercambio, alterando además el flujo. En segundo término porque la biopelícula, en continuo crecimiento, llega a obturar con el tiempo el tubo, siendo necesario hacer una parada de la caldera para limpiar completamente el sistema de enfriamiento.

Por lógica, para evitar el crecimiento de la biopelícula, los niveles de desprendimiento de células de la biopelícula deben superar a los de adhesión y reproducción de las mismas. Diversos estudios han demostrado que esfuerzos cortantes del fluido sobre la biopelícula incrustada permite la separación desprendimiento o fraccionamiento de porciones del depósito.

Hoy en día los medios utilizados para retrasar el crecimiento de la biopelícula son los mecánicos y químicos, como la utilización de biocidas. Documentos como GB2151744(A), US4366003(A), JPS62109999(A) y CN101949545(A) describen sistemas mecánicos diversos para prevenir incrustaciones en tubos de intercambiadores de calor. Por otro lado, WO2012044409(A1), WO2011090830(A1), WO2009020694(A1) y WO2009154784(A1), son documentos que describen algunos sistemas existentes para eliminar químicamente incrustaciones biológicas de estructuras en general y de tubos específicamente.

También es sabido que con la introducción de rugosidad en las paredes de los tubos, se favorece la creación de flujos secundarios en el tubo, existiendo experimentos y varios estudios numéricos que han demostrado que son responsables de un incremento en la transferencia de calor. Además, debido a que los flujos turbulentos presentan muy buen mezclado, suele ser conveniente operar los intercambiadores de calor en régimen turbulento, con frecuencia mediante la inserción de obstáculos promotores de turbulencia. Los documentos WO2015007645(A1), WO2001086881(A1), JP4550451(B2) y CN102353296(A) describen diseños y geometrías interiores mejoradas en tubos de intercambiadores de calor para favorecer la transferencia de calor.

Igualmente, la literatura nos muestra que además de la rugosidad de la superficie interna del tubo, el coeficiente de transmisión de calor en régimen turbulento también se mejora mediante la creación de remolinos en el flujo. En relación a esto, el desplazamiento de la capa límite de turbulencia es un mecanismo de especial relevancia para aumentar la transferencia de calor. Rabas y Arman (1992) caracterizaron el fenómeno, concluyendo que un flujo al encontrarse un obstáculo en una pared, crea una pequeña zona de recirculación tanto en la parte frontal del obstáculo, como en la otra cara del mismo, reagrupándose el flujo más adelante hasta encontrar un nuevo obstáculo y con la

aparición de remolinos a lo largo de toda la zona entre obstáculos. Los autores observaron incrementos en la transferencia de calor tanto en las zonas anterior y posterior al obstáculo. Por otro lado Webb, Eckert y Goldstein (1971) estudiaron la influencia del ratio entre la altura de obstáculos (e) y distancia entre ellos (p), concluyendo que para ratios $(p)/(e)$ comprendidos entre 0,75-1,25, se genera un único remolino de recirculación que comprende toda la distancia entre obstáculos, con dos pequeños remolinos confinados en las zonas próximas a las paredes de los obstáculos. Por lo tanto, introduciendo obstáculos en la pared interior de los tubos separados por cortas distancias entre sí, se logra mejorar la eficiencia del fenómeno de intercambio de calor, al tiempo que se logra crear remolinos en las zonas próximas a la pared que mediante la recirculación del fluido generar esfuerzos cortantes que impiden la creación de la biopelícula precursora de las incrustaciones biológicas.

La presente invención pretende solventar las limitaciones en materia de transmisión de calor y de resistencia a la aparición de incrustaciones biológicas de los sistemas actuales de enfriamiento para calderas de generación de vapor. Para ello se describe un nuevo concepto de tubos de enfriamiento, mejorados mediante un diseño de estructuras interiores al tubo que permiten por un lado aumentar la superficie específica de intercambio de calor, favorecer la creación de flujos secundarios y provocar flujo turbulento mediante rugosidades en la pared interna del tubo, así como generar remolinos que provocan retroflujos.

El diseño interior de estos tubos mejorados no permite su fabricación mediante procesos convencionales como extrusionado, debiendo ser contruidos mediante tecnologías de fabricación aditiva.

La fabricación aditiva o impresión 3D, términos que hoy en día ya se utilizan indistintamente, hace referencia a un conjunto de procesos de fabricación que consisten en agregar material, normalmente capa a capa, construyendo una pieza real a partir de un fichero de datos 3D, como por ejemplo un archivo CAD3D.

Los distintos procesos de fabricación con este tipo de tecnología consisten básicamente en la manipulación del material a escala micrométrica, depositando el mismo de forma muy precisa para construir un sólido. De este modo se consigue generar la geometría deseada añadiendo material a partir de una geometría virtual, sin uso de preformas o moldes y sin sustraer material. En términos generales se trata de un proceso de adición progresiva de material a la pieza y la consolidación de dicho material en su posición. El material de construcción se puede aportar de diversas formas tales como sólido en polvo, sólido en varilla o hilo, en lámina de espesor constante o en líquido.

Este tipo de tecnologías son utilizadas hoy en día para construir por ejemplo modelos físicos, prototipos, componentes de moldes, utillajes así como piezas finales en materiales plásticos, metálicos, cerámicos y vítreos diversos. Las aplicaciones de estas piezas y componentes son también variadas, por ejemplo en bienes de consumo, industria, salud o militar.

El estado de la técnica actual de las tecnologías de fabricación aditiva permite la fabricación de componentes en materiales diversos, plásticos, cerámicos y metales. En el

caso de los metales, hoy en día existen diversas tecnologías aditivas, siendo los más comunes los sistemas de lecho de material en polvo (poder-bed systems), con soluciones basadas en láser y en haz de electrones (electron beam), así como los sistemas de los de aportación de material en polvo (powder-fed systems), también conocidos como recargue láser (laser cladding) y deposición de metal por láser (laser metal deposition).

La fabricación aditiva aporta la ventaja de proporcional libertad de diseño en componentes, precisamente por su característica de fabricación mediante adición de material. De este modo es posible construir las geometrías del sistema de enfriamiento objeto de la presente invención, permitiendo la construcción de tubos metálicos en materiales como acero inoxidable y titanio con las requeridas estructuras internas para favorecer la turbulencia y retroflujos necesarios para favorecer el intercambio de calor y retrasar la aparición de la biopelícula que ocasiona la incrustación biológica.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención se refiere a un nuevo concepto de sistema de enfriamiento para calderas de generación de vapor para aplicaciones industriales que incorpora tubos con un diseño mejorado que favorece la transmisión de calor y retrasan la aparición de incrustaciones biológicas.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un sistema de enfriamiento para calderas de generación de vapor para aplicaciones industriales que consiste en un condensador de carcasa y tubos. A través de los tubos, contruidos mediante tecnologías de fabricación aditiva, circula el líquido refrigerante, pudiendo ser agua dulce o agua de mar. A través del espacio confinado entre los tubos y la envolvente de la carcasa, circula el vapor y condensados provenientes de la caldera y que entregan su calor al líquido refrigerante, disminuyendo su temperatura. Cada tubo del condensador tiene en su pared interna diversas protuberancias, repartidas a lo largo del eje axial del tubo y de su superficie radial y que resultan ser obstáculos al avance del fluido refrigerante a través del tubo.

La aplicación de tecnologías de fabricación aditiva hace posible la construcción de los tubos objeto de la invención, en materiales metálicos como acero inoxidable (apropiados para agua dulce) o titanio (apropiado para agua de mar), que de otro modo no resultaría viable técnicamente. Así, es posible construir las geometrías de tubos con obstáculos internos en sus paredes interiores. Los obstáculos presentan un ratio entre su altura (e) y distancia entre ellos (p) con valores comprendidos entre 0,75-1,25, asegurando la generación de un único remolino de recirculación que comprende toda la distancia entre obstáculos, con dos pequeños remolinos confinados en las zonas próximas a las paredes de los obstáculos. De este modo se logra mejorar la transmisión de calor para el enfriamiento del vapor y condensados que circulan por la carcasa, al tiempo que se crean retroflujos que generan esfuerzos cortantes a lo largo de la pared del tubo e impiden la creación de la biopelícula precursora de las incrustaciones biológicas.

Según otro aspecto de la invención, los tubos del sistema de enfriamiento descrito anteriormente presentan rugosidad en su cara interior, generando flujos secundarios del

líquido refrigerante en el tubo, además de aumentar la superficie activa de intercambio de calor, con el consiguiente incremento en la transferencia de calor.

- La construcción de los tubos mediante tecnologías de fabricación aditiva permite aportar la rugosidad deseada en caso a las paredes interiores del tubo, pudiendo ser modificada
- 5 en función de la zona del tubo y en función del coeficiente de intercambio de calor requerido en cada zona del condensador.

Según otro aspecto de la invención, los obstáculos presentes en las paredes internas de los tubos son equidistantes entre sí a lo largo de su eje axial y en la superficie radial de los mismos.

- 10 Según otro aspecto de la invención, los citados obstáculos cuentan con la misma geometría regular, como por ejemplo semiesferas, prismas o cubos.

Según otro aspecto de la invención los obstáculos pueden ser continuos a lo largo de la superficie radial del tubo, estando separados entre sí por una determinada distancia a lo largo del eje axial.

- 15 Según otro aspecto de la invención dichos obstáculos continuos a lo largo de la superficie radial del tubo son equidistantes entre sí a lo largo del eje axial.

Según otro aspecto de la invención dichos obstáculos continuos a lo largo de la superficie radial del tubo presentan una misma geometría regular, de tipo por ejemplo semicilíndrico o prismático.

- 20 Según otro aspecto de la invención, los tubos construidos por fabricación aditiva son fabricados utilizando tecnología de sinterizado selectivo de metal mediante láser.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- A continuación se pasa a describir una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con realizaciones de dicha invención, que
- 25 se presentan como ejemplo ilustrativo y no limitativo de ésta.

Figura 1. Esquema de las partes integrantes del sistema de enfriamiento completo, consistente en un condensador de carcasa y tubos.

- Figura 2. Esquema de un corte transversal del tubo a lo largo de su eje axial y representación de los remolinos y retroflujos que se originan entre obstáculos para
- 30 valores del ratio altura de obstáculos (e) y distancia entre ellos (p) comprendidos entre 0,75-1,25.

Figura 3. Esquema de un corte en sección del tubo representado en la Figura 2 así como representación de los remolinos y retroflujos correspondientes.

- Figura 4. Esquema de un corte transversal del tubo a lo largo del su eje axial,
- 35 presentando la superficie interior del tubo una rugosidad determinada.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de enfriamiento para calderas de generación de vapor para aplicaciones industriales consistente en un condensador (1) con al menos una carcasa (2) y al menos un tubo (3) construido mediante tecnologías de fabricación aditiva, caracterizado porque el al menos un tubo (3) cuenta con una pared interna (4) que presenta una pluralidad de obstáculos (5), que consisten en una extensión de la pared hacia el interior del tubo y que están separados entre sí a lo largo del eje axial (6) del al menos un tubo (3) así como en la superficie radial del al menos un tubo (3).
- 5
2. El sistema de enfriamiento para calderas de generación de vapor para aplicaciones industriales según la reivindicación 1, caracterizado porque la pared interna (4) presenta una superficie rugosa (7).
- 10
3. El sistema según cualesquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la pluralidad de obstáculos (5) son equidistantes entre sí a lo largo del eje axial (6) y en la superficie radial del al menos un tubo (3) en la que están dispuestos.
- 15
4. El sistema según cualesquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la pluralidad de obstáculos (5) cuentan con la misma geometría regular.
5. El sistema según cualesquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado porque la pluralidad de obstáculos (5) consisten en una extensión continua de la pared hacia el interior del tubo a lo largo de la superficie radial del al menos un tubo (3), estando separados entre sí por una determinada distancia a lo largo del eje axial (6).
- 20
6. El sistema según la reivindicación anterior, caracterizado porque la pluralidad de obstáculos (5) son equidistantes entre sí a lo largo del eje axial (6).
7. El sistema según cualesquiera de las reivindicaciones 5 y 6, caracterizado porque la pluralidad de obstáculos (5) cuentan con la misma geometría regular.
- 25
8. El sistema según cualesquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el al menos un tubo (3) se ha construido mediante la tecnología de fabricación aditiva de sinterizado selectivo de metal mediante láser.

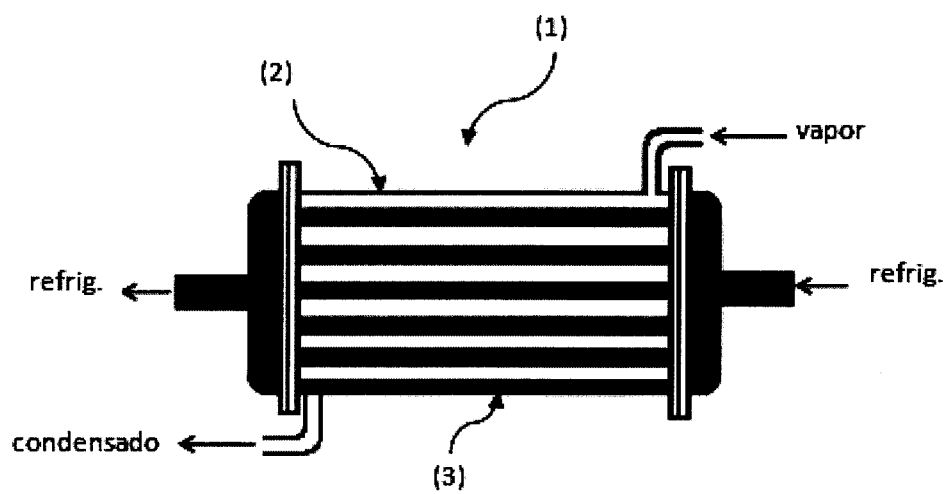


Figura 1

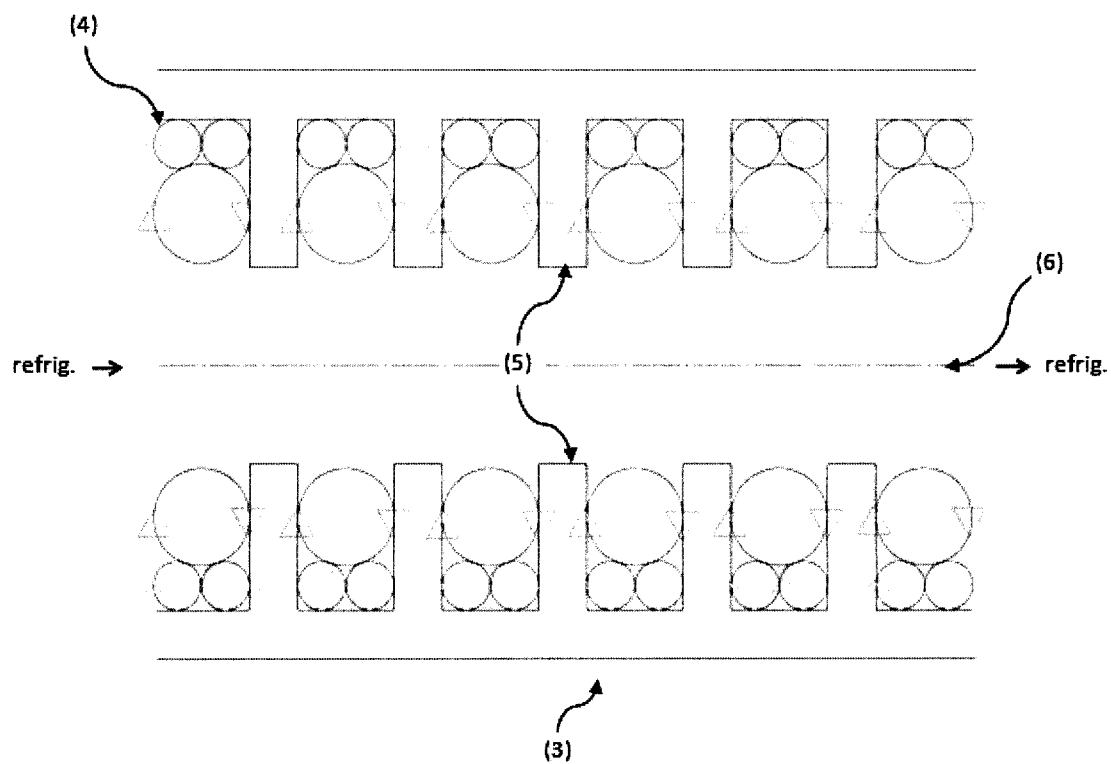


Figura 2

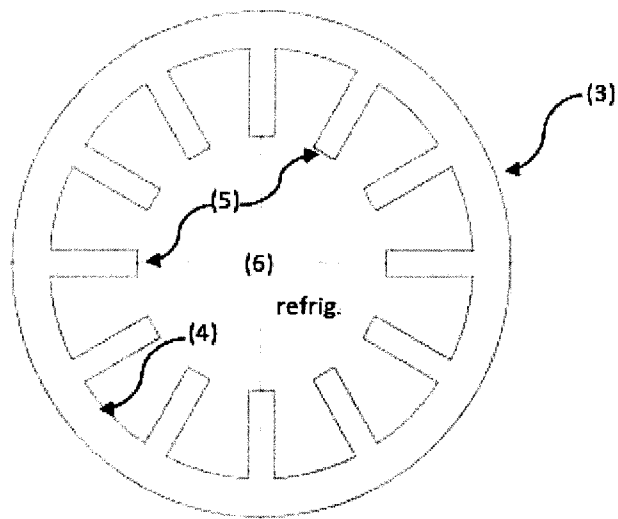


Figura 3

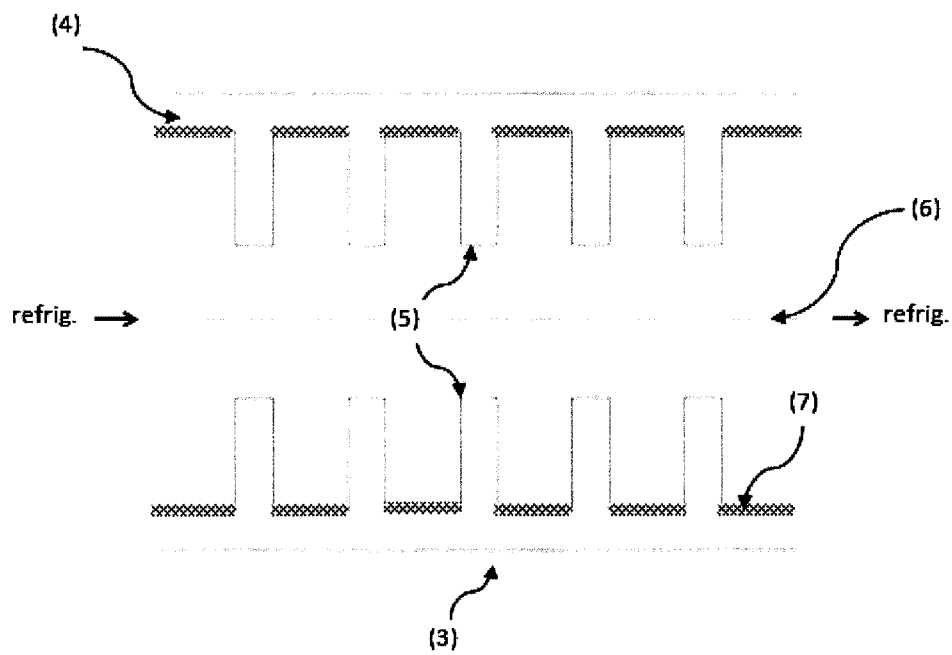


Figura 4