(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 603 065**

(51) Int. CI.:

F28D 20/02 (2006.01)
H01L 23/427 (2006.01)
H05K 7/20 (2006.01)
F28D 15/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2014 E 14196998 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2016 EP 2881690**

(54) Título: **Dispositivo refrigerador para la evacuación de una corriente de calor**

(30) Prioridad:

09.12.2013 DE 102013113699

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.02.2017

(73) Titular/es:

TUTECH INNOVATION GMBH (50.0%)
Harburger Schlossstrasse 6-12
21079 Hamburg, DE y
TECHNISCHE UNIVERSITÄT HAMBURG-HARBURG (50.0%)

(72) Inventor/es:

SCHMITZ, GERHARD

(74) Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

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

Dispositivo refrigerador para la evacuación de una corriente de calor

La presente invención se refiere a un dispositivo refrigerador para la evacuación de una corriente de calor, tal como se usa por ejemplo en relación con la refrigeración de electrónicas de potencia.

Los componentes electrónicos para el control y la regulación de consumidores con altas corrientes eléctricas, como por ejemplo accionamientos para flaps de aterrizaje en aviones tienen, a causa del funcionamiento no continuo, una temperatura superficial que varía en el tiempo y que además es inhomogénea localmente. Puntos calientes ("hot spots") originados en la superficie en los que en primer lugar se excede una temperatura superficial máxima predeterminada pueden aparecer en la superficie en caso de una refrigeración insuficiente. Además de la refrigeración de componentes electrónicos, también durante procedimientos de frenado, baterías o una reacción exotérmica en el marco del seguimiento de procesos químicos frecuentemente se requiere una refrigeración.

Se conoce el modo de usar para la refrigeración de puntos calientes placas de refrigeración, llamados "cold plates". En estas placas, un refrigerante líquido sirve para la evacuación del calor. El refrigerante se conduce a través de tuberías a un sumidero de calor, donde emite el calor absorbido. Para una corriente de calor determinada que ha de ser evacuada, a una temperatura determinada es necesario un caudal másico de refrigerante condicionado físicamente y por tanto una masa total determinada de refrigerante. La cantidad de refrigerante necesaria resulta por una parte de las características del refrigerante como por ejemplo la capacidad térmica específica a presión constante y, por otra parte, del coeficiente de transmisión de calor en la placa de refrigeración. El coeficiente de transmisión de calor depende de la velocidad de circulación del refrigerante. Para conseguir buenos coeficientes de transmisión de calor y, por tanto, buenas características de refrigeración, se han de alcanzar altas velocidades de circulación, lo que requiere altos caudales másicos.

Lo decisivo es que el sistema de refrigeración ha de concebirse siempre para el caso más desventajoso, es decir, para la temperatura más alta y para la máxima corriente de calor que puede producirse, aunque sea sólo durante un corto tiempo. Esto hace que este tipo de sistemas de refrigeración sean pesados y caros.

Además, se conocen acumuladores de calor latente en los que un material cambiador de fase se convierte a una temperatura determinada de su fase sólida a la fase líquida. En esta transición de fase puede ser absorbido calor en forma de calor latente.

Por el documento DE102008042788A1 se dio a conocer un electrodoméstico refrigerador con un acumulador de calor latente, que presenta una carcasa y al menos una cámara de refrigeración dispuesta dentro de la carcasa. En la cámara de refrigeración está previsto un compartimento de refrigeración con un acumulador de calor latente para la refrigeración del compartimento de refrigeración. Se trata de un proceso de frío y no de un proceso de refrigeración.

Por el documento DE102010043245A1 se dio a conocer un electrodoméstico refrigerador con una máquina de frío, que presenta un acumulador intermedio que contiene un fluido acumulador que está en contacto térmico con al menos un material cambiador de fase. También en este caso se trata de un proceso de frío y no de un proceso de refrigeración.

Por el documento DE202005017835U1 se dio a conocer un acumulador de calor latente con al menos una salida para un medio intercambiador de calor que circula por el acumulador de calor latente. El acumulador de calor latente presenta una carcasa, en cuyo interior están previstas cámaras de acumulación llenas de un medio acumulador, que dejando libre al menos un orificio de paso están dispuestas en la carcasa de tal forma que su orientación general se realiza sustancialmente paralelamente unas respecto a otras. El acumulador de calor latente está previsto para la aplicación en la técnica de carcasas. No se usa ningún refrigerante que se evapore.

Por el documento WO2012/123036A1 se dio a conocer un aparato refrigerador, especialmente un electrodoméstico refrigerador que presenta una cámara de almacenaje para material a refrigerar, un evaporador que trabaja de forma intermitente y que está dispuesto en contacto térmico con la cámara de almacenaje y presenta un acumulador de calor asignado al evaporador, cuyo medio acumulador cambia respectivamente su estado de agregación durante las fases de servicio y de reposo del evaporador. Aquí, igualmente se trata de un proceso de frío y no de un proceso de refrigeración.

Por el documento WO2012/152777A1 se dio a conocer un módulo de circuito con refrigeración por un material cambiador de fase.

Por el documento DE102010041951A1 se dio a conocer un aparato refrigerador con un acumulador de frío, que presenta dos circuitos de frío.

Por el documento DE102009007786A1 se dio a conocer un acumulador de calor latente para temperaturas criogénicas a las que para la sustancia de trabajo se aprovecha el efecto de Gibbs-Thomson.

Por el documento DE10157671A1 se dio a conocer un uso optimizado de un material cambiador de fase para dispositivos refrigeradores. La corriente de refrigeración no pasa aquí por ningún cambio de fase.

Por el documento DE10048536A1 se dio a conocer un acumulador de calor latente dinámico, en el que el material del acumulador de calor latente se compone de pequeños elementos de medio separados, no revestidos, entre cuyos trayectos de circulación circula un medio transportador de calor.

Por el documento DE10019931C1 se dio a conocer un componente térmico activo que contiene un material cambiador de fase en forma encapsulada.

Por el documento DE3938875A1 se dio a conocer un aparato climatizador móvil y transportable para la refrigeración y la climatización de espacios interiores.

Por el documento DE4108370A1 se dio a conocer un acumulador de calor latente casi dinámico. El acumulador de calor casi dinámico se compone de un recipiente cerrado con transmisores de calor situados en el fondo y en el techo. El recipiente contiene material acumulador de calor latente y un líquido transportador de calor. El material acumulador de calor latente se encuentra en el acumulador de calor en partes del recipiente con paredes flexibles. Una cámara de acumulador está rellena de estas piezas de recipiente de tal forma que entre el transmisor de calor situado en el fondo y el que está situado en el techo quedan canales de circulación.

El documento US6397618B1 da a conocer un dispositivo refrigerador según el preámbulo de la reivindicación 1.

La invención tiene el objetivo de proporcionar un dispositivo refrigerador para la evacuación de una corriente de calor, que a ser posible presente una construcción compacta y trabaje de manera fiable.

Según la invención, el objetivo se consigue mediante un dispositivo refrigerador con las características de la reivindicación 1. Formas de realización ventajosas constituyen el objeto de las reivindicaciones subordinadas.

El dispositivo refrigerador según la invención está previsto y destinado para la evacuación de una corriente de calor. Se puede usar especialmente en el caso de la aparición de puntos calientes en la electrónica de potencia, pero también para otros fines, para la refrigeración. El dispositivo refrigerador presenta un cuerpo refrigerador y un refrigerante que se lleva por el cuerpo refrigerador en un circuito. El cuerpo refrigerador está en unión térmica con un acumulador de calor latente, presentando un material cambiador de fase del acumulador de calor latente una temperatura de transición de fase. Según la invención, la temperatura de transición de fase del acumulador de calor latente está adaptada a una temperatura de ebullición predeterminada del refrigerante. Durante la absorción de calor, el refrigerante se evapora a una temperatura constante, la temperatura de ebullición. La temperatura de ebullición del refrigerante es inferior a la temperatura de transición de fase del material cambiador de fase. Por lo tanto, el material cambiador de fase se mantiene en gran medida sólido.

En caso de un ascenso súbito de la corriente de calor del componente electrónico existe el peligro de una caída de la transición de calor del cuerpo refrigerador al refrigerante. Con una circulación libre, según Nukijama, la densidad de corriente de calor durante la evaporación o la condensación depende en fuerte medida de la diferencia de temperatura. Una relación correspondiente está representada en la figura 2 a título de ejemplo para agua a presión atmosférica. El comportamiento de agua con libre circulación se puede hacer plausible fácilmente. Conforme va aumentado la diferencia de temperatura entre la superficie de calentamiento y el fluido se forman crecientemente burbujas de vapor en el agua a causa de la transición de fase. Estas burbujas de vapor suben hacia arriba mejorando de esta manera la transición de calor por convección. Por tanto, en primer lugar, aumenta la densidad de corriente de calor. A partir de una diferencia de temperatura determinada entre la superficie de calentamiento y el fluido, las burbujas que se forman son tan grandes que cubren una gran parte del fondo y por tanto entorpecen la transmisión de calor. La corriente de calor transmitida baja bruscamente. El máximo se denomina punto de burnout.

En el caso de una circulación forzada, por ejemplo por tubos, tal como existe en una placa de calentamiento, los fenómenos son todavía algo más complejos. En el caso de pequeñas partes de volumen del vapor se produce una ebullición de película. Al alcanzar una densidad crítica de corriente de calor se forma una película de vapor que separa el líquido de la pared de calentamiento. Con una densidad constante de la corriente de calor entrante, la alta resistencia térmica de la película de vapor conduce a un aumento de la temperatura del cuerpo refrigerador. Conforme va aumentando el contenido de vapor en el curso del trayecto de circulación, la superficie de calentamiento se seca completamente, entonces se habla a su vez de un burnout. En este caso, sube bruscamente la temperatura del vapor de refrigerante sobrecalentado y por tanto también la temperatura del cuerpo refrigerador. Para una refrigeración con un refrigerante que se evapora, esta relación evidencia que en el caso de que en un componente que ha de ser refrigerado se produce una carga térmica repentina que provoca un aumento de la temperatura superficial, siempre existe el peligro de que el refrigerante exceda del punto de burnout o que se evapore totalmente ya antes de la salida de la placa de refrigeración y por tanto se derrumbe la refrigeración. También por esta razón, para ciertas posibilidades de uso como por ejemplo la refrigeración de componentes electrónicos o componentes electrónicos de alta potencia hasta ahora no se podía emplear ningún enfriamiento por evaporación. Según la invención, el dispositivo refrigerador prevé que la temperatura de transición de fase del material cambiador de fase se ajusta de tal forma que en caso de un aumento de la temperatura superficial prevista del cuerpo refrigerador, la cantidad de calor puede ser absorbida por el acumulador de calor latente y ser evacuada. Primeras aproximaciones al respecto han arrojado que la combinación de ambos sistemas de refrigeración y su adaptación uno a otro mejora considerablemente la refrigeración.

En la invención, la temperatura de transición de fase del material cambiador de fase se orienta por una densidad de corriente de calor crítica aparecida entre el refrigerante y el cuerpo refrigerador. Para el ajuste de la temperatura de transición de fase que según el material cambiador de fase empleado puede ajustarse dentro de amplios márgenes mediante aditivos y proporciones de mezcla, según la invención se considera que el derrumbe de la densidad de corriente de calor según la curva de Nukijama depende de una diferencia de temperatura y no de un valor de temperatura absoluto.

Preferentemente, la transformación se realiza de tal forma que el valor de temperatura predeterminado elegido para la transición de fase sea al menos 1 K, de forma especialmente preferible al menos 5 K superior a la temperatura de ebullición del refrigerante, ya que en este caso, el refrigerante obviamente se ha evaporado completamente y por tanto aumenta la temperatura del vapor de refrigerante evaporado y por tanto también la temperatura del cuerpo refrigerador. Esta determinación de una temperatura absoluta como límite superior para la temperatura de transición de fase es posible por ejemplo cuando se supone que el cuerpo refrigerador se calienta desde una temperatura ambiente por una corriente de calor producida súbitamente. Esto permite determinar de manera fiable un valor de temperatura predeterminado para la temperatura de transición de fase. Preferentemente, el calentamiento se realiza mediante una carga térmica producida a la temperatura de funcionamiento, siendo la temperatura de funcionamiento inferior a 90ºC.

En otra forma de realización preferible, el cuerpo refrigerador presenta una carcasa en la que está dispuesto el acumulador de calor latente, pasando una sección del circuito de refrigerante por el acumulador de calor latente. También es posible que el circuito de refrigerante esté asignado sobre el acumulador de calor latente, de tal forma que la corriente de calor pase primero por este. Asimismo, el circuito de refrigerante puede estar dispuesto sobre el acumulador de calor latente, en cuyo caso la corriente de calor entra directamente en este. Preferentemente, el refrigerante se evapora en la sección del circuito de refrigerante que pasa por y/o sobre el acumulador de calor latente.

En una variante preferible, en el material cambiador de fase del acumulador de calor latente está prevista una estructura termoconductora que distribuye una cantidad de calor que entra en el cuerpo refrigerador. Habitualmente, los materiales cambiadores de fase son malos termoconductores, de manera que para una rápida evacuación del calor y su distribución en el material cambiador de fase resulta muy útil prever estructuras termoconductoras en el acumulador de calor latente.

En una variante preferible, el circuito de refrigerante pasa por el material cambiador de fase y está en contacto térmico con la estructura termoconductora. Como material para la estructura termoconductora preferentemente se usa aluminio, cobre y/o un material de fibras de carbono.

A continuación, la presente invención se describe en detalle con la ayuda de un ejemplo.

La temperatura de transición de fase preferible se sitúa entre 50ºC y 100ºC. El agua tiene a presión normal una temperatura de transición de fase de 100ºC. En la refrigeración de temperaturas como las que se producen en componentes electrónicos, baterías o procesos químicos, se pueden alcanzar valores de temperatura de 80ºC a 90ºC en la superficie.

Muestran:

la figura 1 el dispositivo refrigerador según la invención en una vista esquemática,

la figura 2 la curva de Nukijama para agua a presión atmosférica y

la figura 3 la densidad crítica de corriente de calor con una circulación forzada, en función del contenido de vapor de circulación.

La figura 1 muestra en una vista esquemática el dispositivo refrigerador según la invención. Una fuente 10 con un punto caliente 11 está representada esquemáticamente. Se puede tratar por ejemplo de una electrónica de potencia que en un corto tiempo emite una gran cantidad de calor. Sobre la fuente de calor está dispuesta directamente y en contacto térmico con esta una placa de refrigeración 12. La placa de refrigeración 12 presenta un conducto de entrada 14 para un refrigerante y un conducto de salida 16. El conducto de entrada 14 y el conducto de salida 16 están unidos entre sí por ejemplo a través de una máquina de refrigeración, de manera que el refrigerante empleado puede volver a emitir la cantidad de calor absorbida. En la zona central 18 de la placa de refrigeración 12 se evapora el refrigerante y durante ello absorbe una cantidad de calor. Los conductos de refrigeración y su extensión dentro de la placa de refrigeración 12 no están representados en detalle. En el lado de la placa de refrigeración 12, opuesto a la fuente de calor, están dispuestas aletas de refrigeración 20 como estructura termoconductora. Las aletas de refrigeración 20 se componen por ejemplo de un metal con una buena conductividad térmica o de un material de fibras de carbono. Las aletas de refrigeración no tienen que estar dispuestas de forma simétrica o a distancias homogéneas. Por ejemplo, las aletas de refrigeración pueden estar dispuestas de forma más densa hacia el conducto de salida 16 o hacia un punto caliente para poder absorber mejor el calor del refrigerante. Un material cambiador de fase 22 está dispuesto entre las aletas de refrigeración 20 dentro de la carcasa 24. El material cambiador de fase 22 presenta una temperatura de transición de fase que está ajustada de tal forma que se eviten un burnout y por tanto un aumento excesivo de la temperatura superficial de la placa de refrigeración por encima de la temperatura de ebullición del refrigerante 12. Además del material cambiador de fase 22 que está dispuesto fuera de la placa de refrigeración 12 puede estar previsto además también un material cambiador de fase 26 dentro de la placa de refrigeración 12.

La figura 2 muestra una curva de Nukijama para la densidad de transporte de corriente de calor de agua que fluye libremente y que está expuesta a presión atmosférica. La representación empleada de la curva de Nukijama está contenida en Hans Dieter Baehr, Karl Stephan, Wärme- und Stoffübertragung, 3ª edición, editorial Springer-Verlag, figura 4.37, página 471. Se puede ver claramente que con una diferencia de temperatura de hasta 30K, la densidad de corriente de calor aumenta fuertemente. Una vez superado el valor de diferencia de 30K, la densidad de corriente de calor disminuye claramente. Para una refrigeración con un refrigerante que se evapora, esto significa que siempre existe el peligro de que en caso de una diferencia de temperatura demasiado grande entre el objeto que ha de ser refrigerado y el refrigerante o en caso de un contenido de vapor demasiado alto cae bruscamente la densidad de corriente de calor y se produce un sobrecalentamiento. Por ello, en el pasado era necesario dimensionar las refrigeraciones por evaporación correspondientemente de forma muy grande para que no se pudiera producir un sobrecalentamiento. Con el uso según la invención de un acumulador de calor latente, cuya temperatura de transición de fase está justo por encima de la temperatura de ebullición del refrigerante, se puede evitar la caída brusca de la densidad de corriente de calor.

La figura 3 muestra la dependencia de la densidad crítica de la corriente de calor del contenido de vapor de un flujo bifásico forzada. La representación está contenida en Baehr, Karl Stephan, Wärme- und Stoffübertragung, 3ª edición, editorial Springer-Verlag, figura 4.55, página 505. Cuanto mayor es el contenido de vapor, más bajo es la densidad crítica de la corriente de calor y más rápidamente subirá la temperatura superficial del cuerpo refrigerador. En el caso de un flujo bifásico forzado, la densidad crítica de la corriente de calor depende del contenido de vapor y se puede diferenciar de la densidad máxima de la corriente de calor o de la circulación libre.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de refrigeración para la evacuación de una corriente de calor con un cuerpo refrigerador y con un refrigerante que se conduce en un circuito de refrigerante por el interior o el exterior del cuerpo refrigerador y se evapora en este, estando el cuerpo refrigerador en unión térmica con un acumulador de calor latente, caracterizado porque un material cambiador de fase del acumulador de calor latente tiene una temperatura de transición de fase al menos 1K superior a una temperatura de ebullición del refrigerante, y una diferencia de temperatura originada entre el refrigerante y el cuerpo refrigerador durante un calentamiento del cuerpo refrigerador es inferior o igual a una diferencia de temperatura con la que existe una densidad crítica de la corriente de calor del refrigerante.

2. Dispositivo refrigerador según la reivindicación 1, caracterizado porque el refrigerante se evapora en una sección del circuito de refrigerante.

3. Dispositivo refrigerador según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el cuerpo refrigerador presenta una carcasa en la que está dispuesto el acumulador de calor latente, extendiéndose una sección del circuito de refrigerante por el interior y/o el exterior del acumulador de calor latente.

4. Dispositivo refrigerador según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en el material cambiador de fase del acumulador de calor latente está prevista una estructura termoconductora que distribuye una cantidad de calor que entra en el cuerpo refrigerador.

5. Dispositivo refrigerador según la reivindicación 4, caracterizado porque el circuito de refrigerante se extiende por el interior del material cambiador de fase y está en contacto térmico con la estructura termoconductora.

6. Dispositivo refrigerador según la reivindicación 4 o 5, caracterizado porque como material para la estructura termoconductora está previsto aluminio, cobre y/o material de fibras de carbono.

7. Dispositivo refrigerador según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la temperatura de transición de fase está prevista entre 50ºC y 100ºC.

8. Dispositivo refrigerador según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque, partiendo de una temperatura de funcionamiento, el cuerpo refrigerador se calienta por una carga térmica.

9. Dispositivo refrigerador según la reivindicación 8, caracterizado porque la temperatura de funcionamiento es inferior a 90ºC.

10. Dispositivo refrigerador según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el calentamiento se produce por una carga térmica que comienza a una temperatura de funcionamiento, siendo la temperatura de funcionamiento inferior a 90ºC.

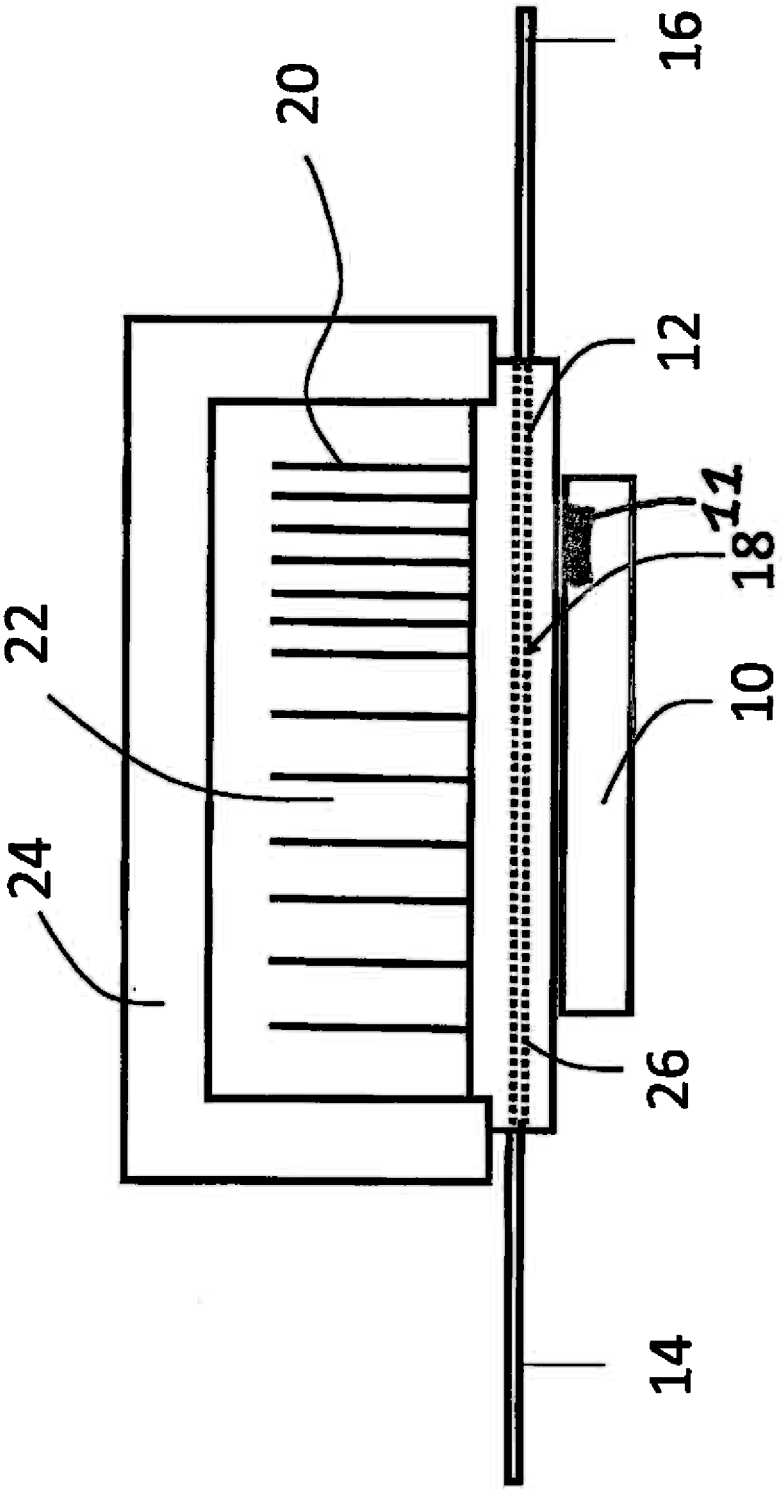

Fig. 1

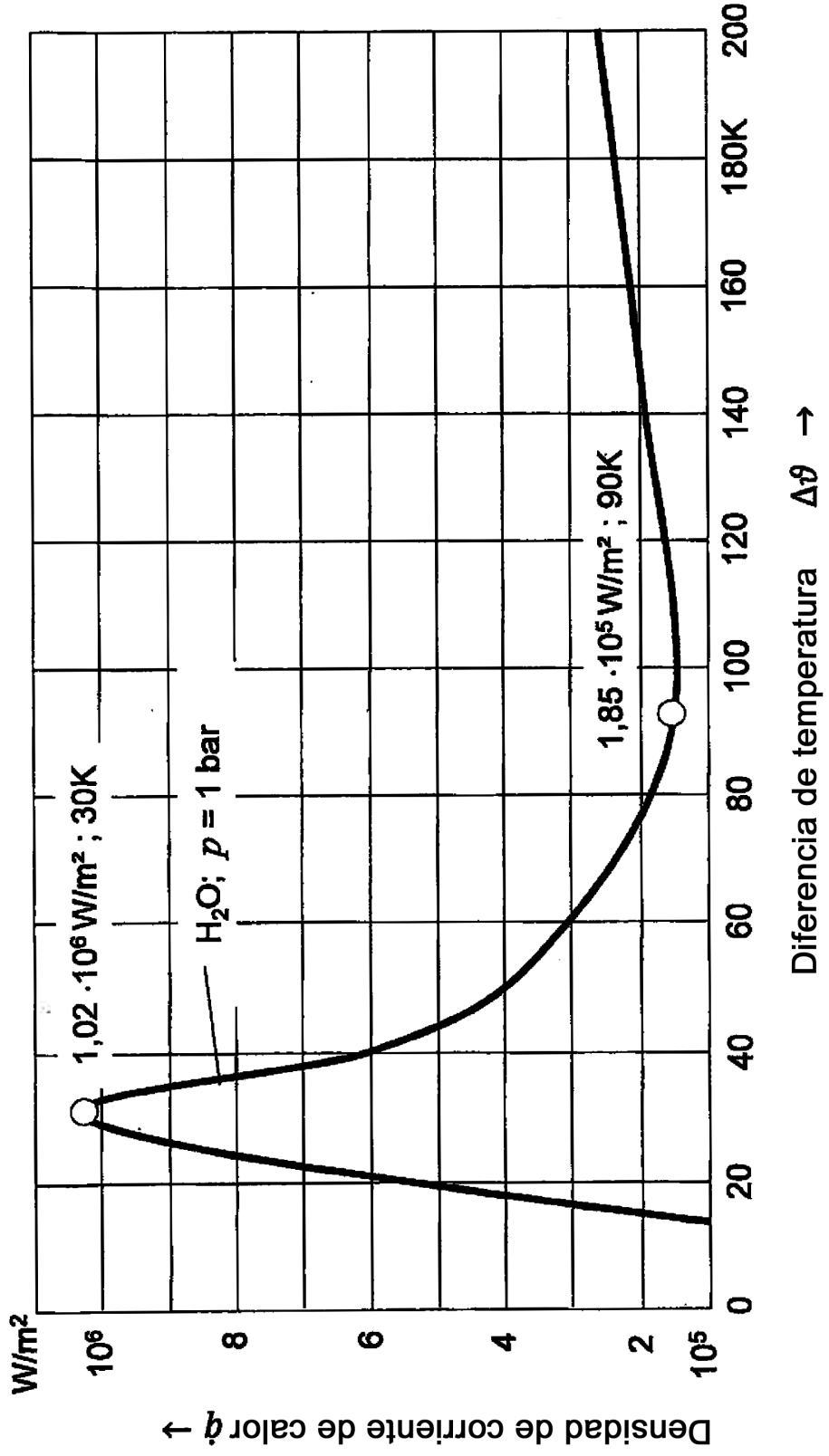
Densidad de corriente de calor $\dot{q}$ →
W/m²
10⁶
8
6
4
2
10⁵
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180K
200
Diferencia de temperatura Δϑ →
1,02 ·10⁶ W/m² ; 30K
H₂O; p = 1 bar
1,85 ·10⁵ W/m² ; 90K

Fig. 2

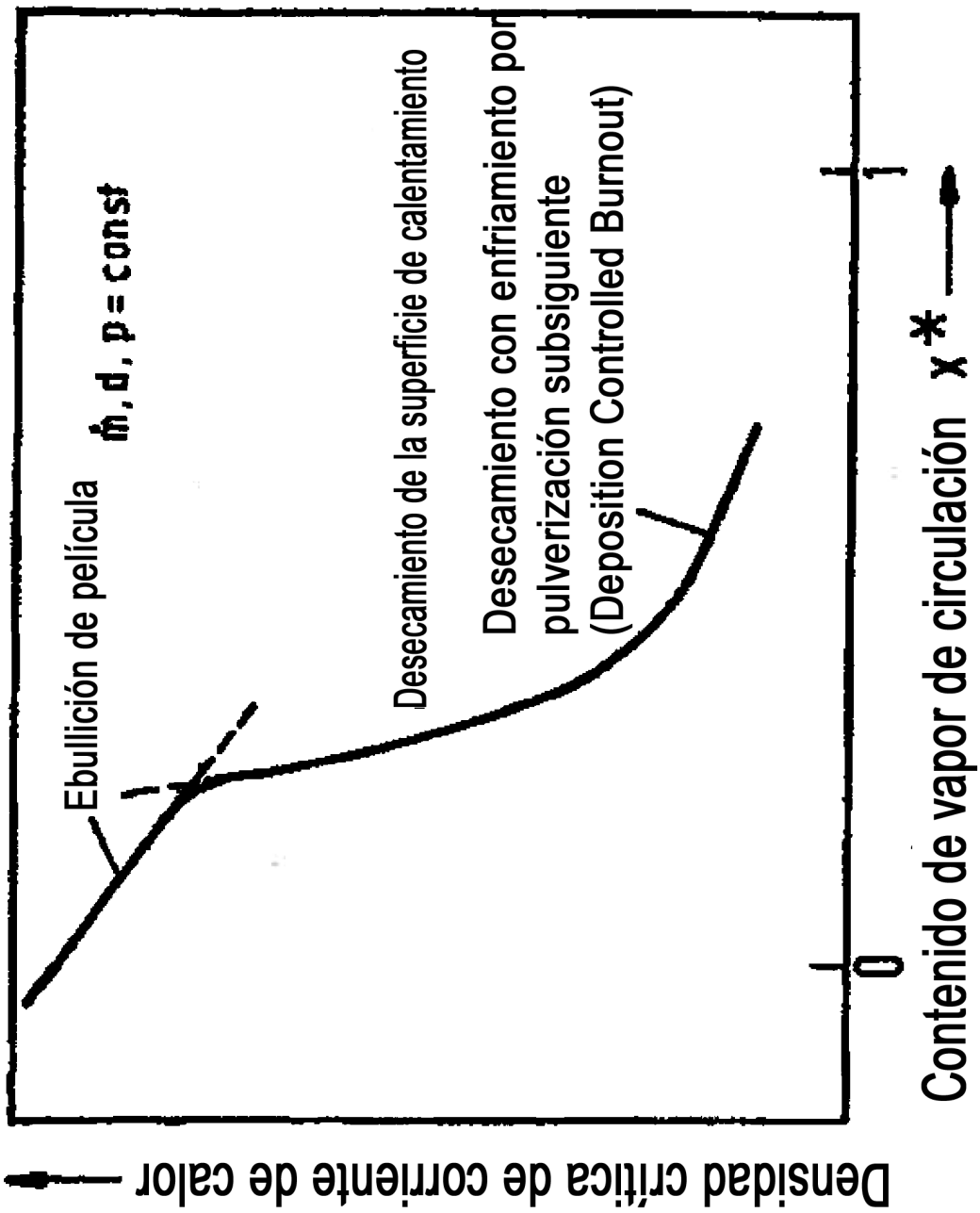
Densidad crítica de corriente de calor
Ebullición de película
ṁ, d, p = const
Desecamiento de la superficie de calentamiento
Desecamiento con enfriamiento por pulverización subsiguiente (Deposition Controlled Burnout)
0
1
Contenido de vapor de circulación x*

Fig. 3