



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 306 434**

51 Int. Cl.:
H01L 23/473 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **06776247 .6**

86 Fecha de presentación : **12.07.2006**

87 Número de publicación de la solicitud: **1790007**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **30.05.2007**

54 Título: **Refrigerador microestructurado y su utilización.**

30 Prioridad: **13.07.2005 DE 10 2005 033 150**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.11.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.11.2008

73 Titular/es: **ATOTECH Deutschland GmbH**
Erasmusstrasse 20
10553 Berlin, DE

72 Inventor/es: **Kurtz, Olaf;**
Herber, Ralph;
Prechtl, Peter;
Theisen, Sven y
Höhn, Markus

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 306 434 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

Refrigerador microestructurado y su utilización.

5 El presente invento hace referencia a un refrigerador microestructurado para refrigerar un elemento y a la utilización de un refrigerador de este tipo para refrigerar componentes electrónicos tales como procesadores, más concretamente, unidades centrales de proceso (CPU) y componentes de electrónica de potencia.

10 El aumento continuo del rendimiento de los componentes electrónicos, por ejemplo, el aumento de las frecuencias de reloj en los microprocesadores, está asociado a una mayor acumulación de calor en dichos componentes. La miniaturización de los componentes aumenta aún más esta acumulación. Los problemas térmicos aumentan a pesar de que se toman medidas para minimizar la pérdida de potencia en los procesadores. Además, el aumento de la densidad del alojamiento de los diferentes componentes del sistema en general (por ejemplo, un servidor), se traduce en aún más calor que debe disiparse en un volumen cada vez más reducido. No obstante, el rendimiento y la durabilidad de los componentes electrónicos dependen de los valores máximos de temperatura de funcionamiento y su margen de fluctuación. Como consecuencia, existe la necesidad de emplear sistemas de refrigeración de alto rendimiento para garantizar una disipación del calor local eficiente.

20 Actualmente, un procesador moderno libera, por ejemplo, 150 vatios en forma de calor en un área de 1 cm². Esto es mucho más calor que el generado por un fogón de cocina (alrededor de 10 vatios/cm²). Para disipar esta cantidad de calor, los sistemas de refrigeración más importantes que se utilizan son disipadores de calor, ventiladores, combinados con disipadores de calor, intercambiadores de calor, células Peltier y sistemas de refrigeración por líquido. Se espera que la cantidad de calor que deba disiparse en el futuro aumente aún más.

25 Actualmente, la técnica de refrigeración más utilizada para componentes electrónicos es la refrigeración por aire ambiente. En muchas aplicaciones esta técnica ha demostrado ser sencilla y rentable. Para los sistemas que requieren rendimientos de refrigeración más altos, este principio es muy poco económico, pues requiere sistemas de aire acondicionado con una alta potencia en su misma medida, y también resulta problemático en lo que respecta a energía y política medioambiental.

30 Con la nueva generación de procesadores, con una potencia térmica muy elevada, la refrigeración por aire también supera sus límites. En la mayoría de los casos, la disipación de calor puede garantizarse aumentando la potencia del ventilador, lo cual sin embargo aumenta el ruido durante el funcionamiento. En la actualidad, 55 dB ya es excesivo para las aplicaciones empresariales y domésticas.

35 Si se compara directamente con otros sistemas de refrigeración, los sistemas de refrigeración por líquido fabricados con materiales metálicos o cerámicos ofrecen la potencia de refrigeración más elevada. Esto se debe principalmente a la elevada capacidad calorífica del medio refrigerante (agua, por ejemplo) y a su baja viscosidad. Últimamente se han comercializado refrigeradores de agua para microprocesadores hechos de cobre, aluminio y cerámica. Hoy en día, todos estos productos se caracterizan por unos costes de fabricación elevados y una producción no industrial, a pequeña escala.

40 Un refrigerador por líquido para un chip Power de IBM se ilustra en: *Heat Transfer Engineering*, 25(3), 3-12, 2004. Este refrigerador posee una estructura de minicanales fabricada totalmente en silicona y unida a la CPU.

45 El documento WO 98/41.076-A2 describe un aparato para refrigerar componentes electrónicos cuya capacidad ha aumentado considerablemente en comparación con otros refrigeradores conocidos mediante un disipador de calor y en el cual el coeficiente de transferencia de calor y, a consecuencia de ello, la conductancia térmica se describen como mejorados considerablemente. El documento menciona en este contexto que la mayor pérdida de presión generada por el líquido de refrigeración cuando pasa a través del disipador de calor microestructurado se produce en la región de las estructuras de distribución y de los canales de conexión. Para solucionar el problema, se propone crear un refrigerador con varias capas individuales consistentes al menos en una placa con numerosos microcanales y un canal de distribución, además de una placa intermedia con canales de conexión y una placa colectora con canales colectores, de forma que se obtendrán los canales de refrigeración cerrados al proveer las placas de una placa de cubierta y una placa de base normales. El medio de refrigeración de los canales de refrigeración se introduce en el disipador de calor de microestructura mediante un puerto de entrada y sale de éste por un puerto de salida. La placa intermedia del medio de refrigeración forma una estructura de transición escalonada y/o biselada donde las áreas transversales del puerto de entrada y/o salida, cada una de ellas representada por una sección vertical respecto a la superficie a través de todas las capas individuales, se unen sucesivamente al área transversal de los microcanales. Se menciona un refrigerador con canales de refrigeración que poseen una sección transversal de flujo de 0,3 x 10 mm a modo de ejemplo. En este refrigerador se alcanza un coeficiente de transferencia de 8,5 vatios/cm²·K y una pérdida de presión de 0,5 bares a un caudal volumétrico de 500 ml/min. Con estos datos de potencia, este refrigerador bastante complejo solo alcanza alrededor del 10% de la capacidad de refrigeración necesaria para una CPU media.

65 En comparación con los microrreactores y los intercambiadores de microcalor que ya están en uso en proyectos de investigación y desarrollo, así como en procesos industriales pioneros, el problema del diseño de refrigeradores electrónicos sigue en buena parte sin resolver, puesto que la "gestión del calor" en un microrreactor o en un intercambiador de microcalor es totalmente diferente a la de un refrigerador, que debe disipar el calor de una superficie.

ES 2 306 434 T3

En un reactor, el calor generado en un medio líquido, esto es, dentro del reactor, debe disiparse o intercambiarse lo más rápido posible si uno quiere aproximarse lo más posible al ideal de un proceso isotérmico. Por este motivo, se intentan mantener las secciones transversales de los canales y el grosor de la pared entre los canales lo más bajos posible dentro de los límites técnicos de un proceso de reacción. Es un hecho que un reactor también debe optimizarse en lo que respecta al diseño, por ejemplo, en lo que se refiere a resistencia al flujo, caudal, etc. Pero el principio básico de la gestión del calor es sencillo a nivel comparativo.

Un estudio más detallado revela que este objeto, es decir, la disipación del calor de una superficie que se calienta mucho localmente, es un problema muy complejo. La dificultad con la que se encuentra es que la fuente actual de calor está situado fuera del refrigerador. Por este motivo, las resistencias al calor dentro de la estructura tridimensional del disipador de calor a través del cual circula el líquido deben tenerse mucho más en cuenta.

Encontrar una solución a este problema se ha convertido en algo mucho más difícil debido a las nuevas exigencias específicas de la electrónica (por ejemplo, para la refrigeración de componentes de CPU), puesto que el calor debe disiparse con un mínimo de agua de refrigeración y un mínimo de pérdida de presión en el refrigerador. Aunque se ha descubierto que es posible aumentar la capacidad de refrigeración empleando estructuras cada vez más finas, es decir, secciones transversales de canal cada vez más reducidas, esto sólo es posible de forma limitada debido al aumento excesivo de la resistencia al flujo resultante.

Este efecto se convierte en un problema cuando se intenta disipar una gran cantidad de calor a través de una superficie reducida sin que se permita aumentar mucho la resistencia al flujo. En este caso, la capacidad de refrigeración no puede aumentarse con sólo aumentar la velocidad del flujo del medio de refrigeración mediante una diferencia de presión superior, como sería de esperar. Para la aplicación en PC, servidores y estaciones de trabajo suelen utilizarse bombas de baja presión, que generan una presión de hasta unos 250 mbares, por ejemplo. Los sistemas de bomba de refrigeración de alto rendimiento para los microrreactores actuales que funcionan bajo prepresión de 5 bares o más, por ejemplo, no son aceptables aquí por razones de coste.

Otra exigencia es que el refrigerador debe tener una forma adaptada a la forma del componente electrónico, es decir, el área de la superficie del refrigerador y el área de la superficie de fijación del componente deben ser del mismo tamaño.

Por último, para una aplicación a gran escala, debe garantizarse que el coste de fabricación para el refrigerador por líquido y el sistema de refrigeración no sea considerablemente superior al de la refrigeración por aire.

Para resolver los problemas mencionados, el documento WO 04/032.231 propone por primera vez normas para construir, diseñar y configurar refrigeradores microestructurados.

El refrigerador descrito en el presente documento comprende una pila de al menos dos láminas de metal y una placa de base que debe ponerse en contacto térmico con el elemento que debe refrigerarse a través de una superficie de contacto térmico. Las láminas de metal y la placa de base se unen con un material que se ajusta mediante técnicas de unión adecuadas, preferentemente por soldadura. En las láminas de metal hay canales de circulación del refrigerante, de modo que el calor se disipa a través del refrigerante que circula a través de éstos. Los canales de las láminas de metal son de una anchura que oscila entre 100 y 2.000 μm , preferentemente entre 200 y 500 μm . Las pruebas han demostrado que con todos los parámetros restantes igual, la capacidad de refrigeración se reduce considerablemente a una anchura de canal de 800 μm o más y ya no resulta ventajoso para aplicaciones de alto rendimiento. La profundidad del canal oscila entre 25 y 1.000 μm , preferentemente entre 50 y 400 μm . Por lo menos una de las dos variables geométricas, la anchura y la profundidad de canal, se prefiere que se encuentre en el margen micrométrico y el diámetro hidráulico: $4 \cdot A/U$; A = área de superficie transversal, U = circunferencia (definida según: *Technische Strömungslehre* (Dinámica de fluidos técnica), Kamprath-Reihe, Vogel Verlag, W. Bohl, 11. Ed., pág. 131; Incropera, Frank P. and Dewitt, David P.: *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 4ª edición, John Wiley & Sons, NY, 1996, página 449), preferentemente en el margen de 200 a 500 μm . El espacio medio entre los canales de una lámina de metal oscila entre 50 y 1.000 μm , preferentemente entre 150 y 300 μm . Si además la sección transversal de los canales es rectangular o casi rectangular, de modo que se forma una red entre los canales de la lámina, este espacio se denomina "anchura de red". Además, el grosor de la lámina residual al final de los canales oscila entre 50 y 300 μm , preferentemente entre 80 y 120 μm . La placa de base del refrigerador tiene un grosor que oscila entre 200 y 2.000 μm , preferentemente entre 500 y 1.500 μm . En concreto, si se requiere que la densidad de potencia sea muy alta, todos los parámetros mencionados cumplen estas exigencias hasta cierto punto si se encuentran en los márgenes preferentes. Asimismo los márgenes indicados para los campos de parámetros se aplican concretamente cuando se usa Cu como material de base.

En una de las variantes de diseño indicadas en el documento WO 04/032.231-A, las láminas de metal se interrumpen aproximadamente a la altura de la superficie de contacto térmico, mediante por lo menos una cámara de fragmentación en forma de brecha, de modo que las láminas de metal quedan divididas por dicha brecha. Esta disposición permite al refrigerante, que fluye dentro de la cámara de fragmentación desde la parte superior, entrar en contacto con la placa de base aproximadamente en el área central, donde se encuentra la superficie de contacto térmico. En un extremo, todos los canales comunican con la brecha. A consecuencia de ello, hay dos grupos de canales orientados en paralelo. Por ejemplo, el refrigerador también va provisto de dos cámaras colectoras que comunican con todos los canales en el otro extremo de éstos. Las cámaras colectoras preferentemente comunican de tal modo que el refrigerante

ES 2 306 434 T3

de la cámara de fragmentación puede fluir dentro de los canales de circulación cruzados, y de ahí hasta las cámaras colectoras comunicantes.

5 Sin embargo, este diseño se ve limitado por los métodos de fabricación en lo que respecta a la geometría. Los límites inferiores del margen para la anchura, la profundidad y el espacio de canal (la anchura de red) vienen impuestos considerablemente por las exigencias actuales que pesan sobre el proceso de fabricación: Si los valores elegidos para estos parámetros geométricos son muy reducidos, será muy difícil fabricar el refrigerador a gran escala, puesto que en ese caso ya no es posible observar las tolerancias necesarias. Las posibilidades de fabricación dependen de la tecnología utilizada, de modo que los límites inferiores del margen pueden ser incluso más bajos si se mejora la técnica de fabricación.

15 En la actualidad, las exigencias existentes sobre la capacidad de refrigeración mejorada aumentan más rápidamente que las posibilidades de producción para aumentar la capacidad de un refrigerador mediante la limitación de los límites del margen.

Por este motivo, es un objetivo del presente invento ofrecer un refrigerador microestructurado para refrigerar un elemento cuya capacidad de refrigeración se optimiza más al tiempo que se mantiene la posibilidad de la producción a gran escala.

20 Otro objetivo del presente invento es ofrecer un refrigerador microestructurado con un mínimo de agua refrigerante y/o un mínimo de pérdida de presión en el refrigerador de forma que la resistencia al flujo no aumente excesivamente sobre el flujo de refrigerante a través del refrigerador en comparación con los refrigeradores convencionales.

25 Es también otro objetivo del presente invento ofrecer un refrigerador microestructurado cuyo coste de fabricación sea comparable o incluso inferior al de los refrigeradores convencionales.

Es también otro objetivo del presente invento ofrecer un refrigerador microestructurado cuya forma se adapte al componente electrónico que debe refrigerarse.

30 La solución para estos objetivos se consigue mediante el refrigerador microestructurado de la reivindicación 1 y con el uso del refrigerador microestructurado de la reivindicación 33. Las formas de realización preferentes del invento se indican en las reivindicaciones subordinadas.

35 El presente invento hace referencia a un refrigerador microestructurado utilizado para refrigerar elementos mediante contacto de conductividad térmica. Más concretamente, el presente invento hace referencia al uso de dicho refrigerador para refrigerar componentes electrónicos tales como procesadores, por ejemplo, unidades centrales de proceso (CPU) y componentes de electrónica de potencia. En lo que respecta a construcción/diseño, estructura y método de unión, el refrigerador microestructurado del invento resulta adecuado para la fabricación a gran escala, de modo que posibilita la fabricación a gran escala y bajo coste del refrigerador microestructurado.

40 El refrigerador del invento comprende una pila de al menos dos láminas de metal (hojas de metal) y una placa de base que se pone en contacto térmico con el elemento que debe refrigerarse a través de una superficie de contacto térmico (limitada al área en la que el elemento que debe refrigerarse está en contacto con el refrigerador). Las láminas de metal y la placa de base se unen para formar una sola pieza de material mediante técnicas de unión adecuadas, preferentemente por soldadura/soldadura fuerte. En las láminas de metal hay canales de circulación del refrigerante, de modo que el refrigerante (por ejemplo, agua) fluye por ellos y sirve para disipar el calor. Preferentemente, los canales de las láminas de metal discurren paralelos entre sí.

50 En comparación con el documento WO 04/032231 A y conforme con el presente invento, se seleccionan márgenes especiales para la anchura de canal b , la profundidad de canal t y el espacio de canal (anchura de red) s . Para ver una definición de éstos y de otros parámetros, el lector puede consultar la figura 1. La realización de estos parámetros permite obtener ventajosas propiedades para el refrigerador:

55 Los canales de las láminas de metal son de una anchura b que oscila entre 100 y 350 μm , preferentemente entre 200 y 300 μm . Las pruebas han demostrado que si todos los parámetros restantes se mantienen igual, la capacidad de refrigeración del refrigerador se reduce considerablemente a una anchura de canal de 350 μm o más y ya no resulta ventajoso para aplicaciones de alto rendimiento.

60 La profundidad de canal t oscila entre 30 y 150 μm , preferentemente entre 50 y 120 μm .

El diámetro hidráulico (definición tal como se indica anteriormente en el presente documento) debería oscilar preferentemente entre 70 y 250 μm . El espacio medio entre los canales s oscila entre 30 y 300 μm , preferentemente entre 150 y 300 μm . El intervalo entre los canales se denomina "red" y el espacio medio entre los canales s también se denomina "anchura de red".

65 Además, el grosor de la lámina residual r al final de los canales oscila entre 30 y 300 μm , preferentemente entre 50 y 250 μm , más preferentemente entre 50 y 120 μm .

ES 2 306 434 T3

La placa de base del refrigerador tiene un grosor g que oscila entre 100 y 1.000 μm , preferentemente entre 300 y 500 μm .

5 Para todos los parámetros indicados, los objetivos mencionados se alcanzan hasta cierto punto si los valores se encuentran en los márgenes preferentes, concretamente, si la densidad de potencia requerida es muy elevada. Además, los márgenes indicados para los parámetros son de aplicación concretamente si se utiliza Cu como material de base para las láminas de metal y la placa de base, pero serán igualmente válidos si se utiliza otro material.

10 Para elegir las combinaciones más ventajosas de anchura de canal b , espacio de canal s y grosor de lámina residual r , las proporciones preferentes entre los parámetros que se aplican son las siguientes:

Proporción de anchura de canal b con respecto al espacio s entre los canales: de 1,5:1 a través de 2,5:1; preferentemente de 1,0:1 a través de 2,0:1.

15 Proporción de anchura de canal b respecto al grosor de lámina residual r : de 1:1 a través de 5:1; preferentemente de 2:1 a través de 5:1.

20 Otra variable de influencia es la proporción de aspecto de los canales, es decir, la proporción de la profundidad de canal t respecto a la anchura de canal b . En la sección transversal de canal igual, los canales profundos (proporción de aspecto t/b elevada) tienen un efecto claramente positivo sobre la transferencia de calor del refrigerador. Con el refrigerador del invento, dicha proporción de aspecto depende de los límites del respectivo proceso de grabado, con los valores máximos para t/b que pueden alcanzarse oscilando ahora entre 1:2 y 1:5.

25 Si se toman en consideración las reglas de dimensionado y los valores de los parámetros mencionados, es decir, la anchura de canal b , la profundidad de canal t , el espacio de canal s , el grosor de lámina residual r y el grosor de placa de base g , se podría optimizar preferentemente dentro de los márgenes indicados de tal modo que la resistencia térmica $R_{\text{th,c}}$ del refrigerador (cuya definición aparece más adelante en el presente documento) se minimiza a un caudal, pérdida de presión, tamaño del área de superficie de contacto térmico y temperatura del refrigerante determinados.

30 Además, los valores de los parámetros mencionados también podrían optimizarse de modo que la resistencia térmica $R_{\text{th,c}}$ del refrigerador con una pérdida de presión de 130 mbares sea inferior o igual a 0,05 K/W (Kelvin/Vatio). La temperatura del refrigerante es de aproximadamente 50°C y corresponde al área de la superficie de la CPU, a consecuencia de ello, el área de la superficie de contacto térmico es de 12 mm x 12 mm.

35 Asimismo, los valores de los parámetros mencionados también pueden establecerse de modo que se obtenga una proporción de la capacidad de refrigeración del refrigerador respecto al volumen del refrigerante, es decir, una "compactibilidad" de por lo menos 10 W/cm³, preferentemente de por lo menos 60 W/cm³.

40 Asimismo, los valores de los parámetros mencionados también pueden establecerse de modo que se obtenga una capacidad de refrigeración por volumen y diferencia ΔT entre la temperatura de la superficie de contacto térmico T_{cs} y la temperatura media del refrigerante T_{m} de por lo menos 1 W/(cm³ K), preferentemente de por lo menos 6 W/(cm³ K).

45 Además, los valores de los parámetros mencionados también pueden establecerse de forma que se obtenga una capacidad de refrigeración específica, con pérdida de presión estándar, de por lo menos 0,1 W/(cm³·K·l/min), preferentemente de por lo menos 0,8 W/(cm³·K·l/min) e incluso más preferentemente de por lo menos 5 W/(cm³·K·l/min).

50 Asimismo, los valores de los parámetros mencionados también pueden establecerse de modo que se obtenga una capacidad de transferencia de calor de 200 vatios a una diferencia ΔT entre las temperaturas de la superficie de contacto térmico T_{cs} y la temperatura media del refrigerante T_{m} que no exceda los 10 K, a un caudal de refrigerante a través del refrigerador de 1,2 l/min y a una pérdida de presión que no exceda los 150 mbares. Aquí también se supone que la superficie de contacto térmico, es decir, la superficie de la CPU que debe refrigerarse, es de 12 mm x 12 mm.

55 El refrigerador del invento también incluye:

- por lo menos una cámara de fragmentación que atraviesa las láminas de metal aproximadamente en el área de la superficie de contacto térmico, y que dicha cámara comunica con su respectiva del extremo de la entrada de todos o de unos canales seleccionados a través de puertos de entrada;

60 - por lo menos una cámara de entrada para que el refrigerante entre en el refrigerador, y dicha cámara comunica con por lo menos una cámara de fragmentación;

- por lo menos una cámara colectora que atraviesa las láminas de metal y que comunica con el respectivo extremo de salida de todos los canales o de algunos canales seleccionados a través de puertos de salida de canal; y

65 - por lo menos una cámara de salida para que el refrigerante salga del refrigerador, y dicha cámara comunica con por lo menos una cámara colectora.

ES 2 306 434 T3

El refrigerador del invento se caracteriza por el hecho de que el área transversal de los canales en una capa de canal adyacente a la placa de base es superior al área transversal de los canales en una capa de canal situada en la pila del lado opuesto de la placa de base. Más concretamente, el refrigerador del invento se caracteriza por el hecho de que la profundidad de los canales en una capa de canal adyacente a la placa de base es superior a la profundidad de los canales en una capa de canal situada en la pila del lado opuesto de la placa de base. Esto puede realizarse concretamente debido al hecho de que una primera lámina de metal adyacente a la placa de base y la propia placa de base están provistas de canales y unidas de tal forma que las superficies de la primera lámina de metal y de la placa de base que comprenden los canales están encaradas y que los canales de la primera lámina de metal y de la placa de base coinciden. Debido a ello, los canales que se forman conjuntamente en la placa de base y en la primera lámina de metal tienen mayor profundidad y, por tanto, mayor área transversal que los canales de las otras láminas de metal, incluidos los canales de la lámina de metal situada en la pila del lado opuesto de la placa de base. Asimismo, la anchura de los canales en una capa de canales adyacente a la placa de base puede hacerse más larga que la anchura de los canales en una capa de canal situada en la pila del lado opuesto de la placa de base. En cualquiera de los dos casos, el área transversal o la profundidad de los canales, respectivamente, puede ser más grande en una, dos, tres o incluso más capa(s) de canal adyacente(s) a la placa de base en comparación con el área transversal o la profundidad, respectivamente, de los canales en capa(s) de canal situadas en el otro lado de la pila de láminas de metal.

Conforme a ello, el refrigerador del invento constituye una mejora específica del refrigerador microestructurado descrito en el documento WO 04/032231 A.

Al aumentar el área transversal, más concretamente, la profundidad de los canales en la primera (o más) capa(s) de metal adyacentes a la placa de base, la capacidad de refrigeración del refrigerador del invento aumenta respecto a la del refrigerador de WO 04/032231 A. Esto se debe al hecho de que el efecto refrigerante más grande se alcanza por la proximidad de la superficie de contacto térmico con el elemento que debe refrigerarse mediante el refrigerante que circula por los canales de la primera lámina de metal. El refrigerante que circula por los canales en láminas de metal dispuestas más lejos de la placa de base no participará en el efecto de refrigeración en la misma medida. Por este motivo se prefiere que sólo el área transversal (más concretamente, la profundidad) de los canales de la primera capa de canal se incremente en comparación con los canales de todas las otras capas de canal. En los canales más profundos de una primera capa de canal adyacente a la placa de base, la pérdida de presión para el refrigerante puede reducirse, o bien la capacidad de refrigeración se aumenta a una pérdida de presión determinada. Como este efecto es más fuerte en los canales de las primeras capas de metal que en los canales de las otras láminas de metal de la pila, esta misma provisión permitirá optimizar de un modo especialmente eficiente la capacidad de refrigeración del refrigerador.

Dado que una primera capa de metal adyacente a la placa de base y la placa de base están provistas de microcanales y unidas de forma que la superficie de la primera lámina de metal y la de la placa de base que comprenden los canales están encaradas y los canales de esta primera lámina de metal y de la placa de base coinciden, la profundidad de canal de la primera capa de canal se obtiene reuniendo las profundidades de los canales de la placa de base y de la primera lámina de metal que se encuentra unida a la placa de base de modo que forma una sola pieza de material. Al doblar la profundidad de canal, la profundidad de la primera capa de microcanales puede oscilar preferentemente entre 100 y 250 μm .

Al tener tanto la placa de base como la primera lámina de metal adyacente a dicha placa de base provistas de canales y al estar unidas de forma que la unión de ambas origina una estructura de canal de mayor profundidad, la fabricación del refrigerador del invento resulta muy sencilla y rentable. Para ello es posible emplear para la primera capa de canal en el área de la placa de base exactamente el mismo método de fabricación que para el resto de capas de canal. Los canales con mayor profundidad se formarán simplemente al apilar adecuadamente la placa de base y la primera capa de metal.

En una forma de realización del invento especialmente preferente, por lo menos una cámara de entrada se estrecha en dirección a por lo menos una cámara de fragmentación, y por lo menos una cámara de salida se estrecha en dirección a por lo menos una cámara colectora.

Esta implementación desarrollada del refrigerador del invento también constituye una mejora respecto al refrigerador conocido del documento WO 04/032231 A. En comparación con este refrigerador conocido, se lleva a cabo una configuración especialmente novedosa de una cámara de entrada y una cámara de salida, de modo que esta configuración novedosa aumenta considerablemente la capacidad de refrigeración del refrigerador del invento, además de mantener la posibilidad de una fabricación a gran escala que ya ha demostrado su eficiencia.

El uso de una cámara de entrada y una cámara de salida formadas especialmente permite aumentar la capacidad de refrigeración del refrigerante hasta un grado sorprendentemente elevado y con la pérdida de presión lo más baja posible. La pérdida de presión puede ajustarse en función de la capacidad de la bomba.

Por lo menos una cámara de entrada se estrecha a una anchura x del lado de la salida que es igual a la anchura b_{10} de por lo menos una cámara de fragmentación ($x \geq b_{10}$). Además, por lo menos una cámara de salida también se estrecha hasta una anchura y del lado de la entrada que es por lo menos igual a la anchura b_{11} de por lo menos una cámara colectora ($y \geq b_{11}$). Para ajustarse a las tolerancias de fabricación, es preferible que las anchuras x e y sean ligeramente superiores a b_{10} y b_{11} , respectivamente. Esto puede ser necesario para evitar que la correspondiente sección transversal libre formada por la cámara de entrada y la cámara de salida, respectivamente, en la transición a su correspondencia

ES 2 306 434 T3

de la cámara de fragmentación y las cámaras colectoras coincidan completamente con la correspondiente sección transversal libre de su correspondencia a la cámara de fragmentación y las cámaras colectoras. Si las tolerancias de fabricación son muy bajas, la anchura x del lado de la salida de la cámara de entrada podría ser prácticamente igual a la anchura b_{10} de la cámara de fragmentación ($x = b_{10}$). Asimismo, la anchura y del lado de entrada de la cámara de salida podría en tal caso ser prácticamente igual a la anchura b_{11} de la cámara colectoras ($y = b_{11}$). Esto podría permitir alcanzar la formación de los menos filos sobresalientes posibles, puesto que los filos sobresalientes podrían generar turbulencias y, como consecuencia, derivar en una pérdida de presión.

De acuerdo con ello, en el diseño del invento, las láminas de metal preferentemente se interrumpen mediante por lo menos una cámara de fragmentación del lado de la entrada (diseño canal fragmentado), aproximadamente en el área de la superficie de contacto térmico. Esta cámara de fragmentación puede fragmentar, por ejemplo, las láminas de metal en forma de brecha, siendo las mencionadas láminas de metal preferentemente perpendiculares al plano.

La anchura de brecha b_{10} de la cámara de fragmentación podría oscilar, por ejemplo, entre 50 y 2.000 μm . La cámara de fragmentación puede atravesar el refrigerador prácticamente a través de toda la sección transversal, perpendicular a las láminas de metal. En caso de que la superficie de contacto térmico esté dispuesta aproximadamente en el centro de la placa de base, la cámara de fragmentación también fragmentará las láminas de metal aproximadamente en el centro. Con esta disposición el refrigerante fluye dentro de la cámara de fragmentación desde la parte superior (si la placa de base se encuentra abajo) y también entra en contacto con la placa de base en el área central, donde se encuentra la superficie de contacto térmico. A consecuencia de ello, en este área se consigue un tipo de flujo que tiende a una mayor transferencia de calor.

Por lo menos una cámara de entrada comunica como mínimo con un cuello de entrada y conduce el líquido refrigerante que entra en el refrigerador a través del cuello de entrada hasta la cámara de fragmentación. La cámara de entrada lleva directamente a la cámara de fragmentación. Ya que la cámara de entrada se estrecha en dirección a la cámara de fragmentación, la pérdida de presión dentro del refrigerador puede reducirse considerablemente, de modo que la capacidad de refrigeración aumenta de forma significativa.

Puesto que los canales discurren preferentemente en los planos de las láminas de metal, todos los canales están dirigidos a su extremo de entrada en dirección a la cámara de fragmentación y comunican con ésta. En una forma de realización preferente se presentan dos grupos de canales que se extienden prácticamente en paralelo, comunicando con la cámara de fragmentación y su extremo de entrada.

También hay dentro del refrigerador por lo menos una cámara colectoras del lado de salida que comunica con todos los canales del extremo de salida de ésta. Como ya se ha mencionado, también hay por lo menos una cámara de salida. Las cámaras colectoras se disponen preferentemente en el área donde se confrontan los laterales del refrigerador y se extienden prácticamente por todo lo ancho de su respectivo lateral del refrigerante. Conforme a ello, las cámaras colectoras pueden atravesar las láminas de metal como las cámaras de fragmentación. Las cámaras colectoras pueden formarse preferentemente en una configuración de brecha con una anchura de brecha de b_{11} . Las cámaras colectoras preferentemente comunican entre sí, por ejemplo, a través de la cámara de salida. Las cámaras colectoras conducen a por lo menos una cámara de salida. La cámara de salida comunica con cuellos de salida, a través de los cuales se evacua el refrigerante del refrigerador.

De este modo, en una forma de realización preferente del invento, el refrigerante fluye desde el cuello de entrada a la cámara de fragmentación; de la cámara de fragmentación a los canales que se cruzan con la cámara de fragmentación y las cámaras colectoras, y de ahí a las cámaras colectoras; de las cámaras colectoras a la cámara de salida y de la cámara de salida al cuello de salida. A consecuencia de ello, el refrigerante puede administrarse desde una línea de refrigeración externa a través del cuello de entrada a la cámara de fragmentación, desde donde fluye por los canales de flujo de refrigerante. El refrigerante luego se administra a las cámaras colectoras y se evacua desde aquí, a través del cuello de salida, a una línea de refrigeración externa.

En una variante especialmente preferente se presenta para alargar las redes entre los canales de forma que se extiendan a través de la cámara de fragmentación y/o a través de por lo menos una de las cámaras colectoras a fin de estabilizar las hojas de metal, concretamente, cuando el grosor de las láminas es reducido. Como consecuencia de ello, la cámara de fragmentación y las cámaras colectoras se interrumpen mediante estas redes.

Conforme a otra forma de realización preferente del invento, por lo menos una cámara de entrada posee una anchura m del lado de entrada, donde m no excede la sección transversal del cuello de entrada. Asimismo por lo menos una cámara de salida posee una anchura n del lado de salida, donde n no excede la sección transversal de por lo menos un cuello de salida.

En una implementación desarrollada del invento, los canales se amplían hacia la cámara de fragmentación en el área de entradas de canal, y la forma elegida de las entradas de canal es concretamente cónica ("forma de embudo"). La ampliación abarca una longitud E . La anchura de los canales se estrecha desde un puerto de entrada del canal hasta la anchura media de canal b .

Esta provisión también ayuda a reducir la pérdida de presión del refrigerante que circula en el refrigerador, puesto que la resistencia al flujo del refrigerante que fluye de la cámara de fragmentación a los canales se ha reducido.

ES 2 306 434 T3

Se ha probado como especialmente ventajoso el hecho de que la proporción de espacio k entre los puertos de entrada de canal respecto a la anchura de canal b oscilan entre 1,1 y 3. Es especialmente preferente que b oscile entre 1,2 y 1,8.

5 La longitud E que ocupa la ampliación de los canales oscila entre 100 y 2.000 μm , preferentemente entre 200 y 400 μm .

10 El diseño del canal del invento se basa en minimizar únicamente la sección transversal de los canales de forma que se permita el flujo laminar en los canales en condiciones de funcionamiento. Las turbulencias sólo se toleran donde la sección transversal del flujo es elevada, es decir, donde la resistencia al flujo es baja. De este modo, la pérdida de presión de un refrigerador puede adaptarse fácilmente a la aplicación correspondiente. Por lo general, el modo de proceder es que la geometría (anchura de canal, profundidad y espacio) primero se optimiza de forma aproximada dentro de los márgenes indicados ajustando la proporción de área de superficie respecto al volumen de los canales de flujo.

15 Una proporción baja del área de superficie respecto al volumen de la microestructura, por ejemplo, de 3.000 m^2/m^3 , normalmente genera una baja resistencia al flujo, pero también una baja transferencia de calor. Si la proporción del área de superficie respecto al volumen es muy elevada, por ejemplo, de 10.000 a 30.000 m^2/m^3 , la resistencia al flujo aumenta considerablemente, por lo que la situación óptima se alcanza preferentemente en una proporción media del área de superficie respecto al volumen.

20 Se ha demostrado que no basta con tan sólo optimizar la resistencia al flujo y la proporción del área de superficie respecto al volumen para optimizar la capacidad. En un refrigerador microestructurado del invento, la fuente de calor está situada fuera del componente y el calor se disipa a través de la estructura de metal termoconductiva y a través el refrigerante. Conforme a ello, además de optimizar las condiciones de flujo, también es necesario optimizar la estructura espacial del refrigerante. Como consecuencia, el objeto del invento se resuelve optimizando un “factor hidrodinámico” responsable de las condiciones de flujo óptimas y un “factor de estructura” impuesto por el diseño del refrigerador.

Los parámetros de diseño del invento y su influencia en la capacidad de refrigeración se estudian a continuación:

30 Se ha descubierto que resulta especialmente ventajoso optimizar la proporción de la anchura de canal b respecto al espacio de canal (anchura de red) s en lo que respecta a los criterios de optimización anteriormente mencionados, concretamente la pérdida de presión en el refrigerador y la diferencia entre la temperatura y la superficie de contacto térmico en la placa de base del refrigerador y la temperatura media del refrigerante en el refrigerador ΔT o la resistencia térmica $R_{m,c}$. Si es demasiado larga, una proporción provoca el deterioro de la transferencia de calor. Conforme a ello, esta proporción (anchura b /espacio medio s) debería oscilar preferentemente entre 1,5:1 y 2,5:1. Si es demasiado larga, una proporción de la anchura de canal s respecto al grosor de lámina residual r tendrá un efecto similar. La proporción anchura de canal/grosor de lámina residual debería oscilar entre 1:1 y 5:1. Además, al minimizar el grosor de lámina residual r , la transferencia de calor entre las capas separadas mejora.

40 Conforme a ello, los parámetros de geometría de canal (anchura de canal b , profundidad de canal t , longitud de canal) influyen en la pérdida de presión, es decir, el factor hidrodinámico, en tanto que el espacio de canal s , el grosor de lámina residual r y el grosor de placa de base g influyen en la transferencia de calor dentro de la estructura tridimensional y en el exterior a la superficie de contacto térmico de la placa de base (en el área de la superficie de refrigeración), es decir, el factor de estructura. Este último es además muy dependiente de la disposición espacial de los canales y de la dirección del flujo, es decir, del diseño, tal y como se mostrará en los ejemplos de diseño analizados a continuación.

50 Tal y como se indica arriba, la longitud de canal l ejerce un efecto sobre la pérdida de presión. Cuanto más largos son los canales, mayor es la pérdida de presión, por lo que la capacidad de refrigeración a una pérdida de presión determinada desciende. La longitud de canal l debería ser, en la medida de lo posible, de 1 a 5 mm mayor que la extensión lateral de la superficie de contacto térmico, que se supone que sería la suma de las longitudes de los respectivos canales en los dos segmentos de canal formados por la interrupción de los canales mediante la cámara de fragmentación. La superficie de intercambio térmico definida por los canales en las láminas de metal es preferentemente mayor que la superficie de contacto térmico. De este modo se consigue una transferencia de calor eficaz desde la superficie de contacto térmico de la placa de base al refrigerante de los canales.

60 La pérdida de presión que se produce mediante remolinos/turbulencias en la zona de entrada y directamente sobre la fuente de calor en la superficie de contacto térmico, así como la pérdida de presión generada durante la fragmentación y la afluencia en los canales de cada lado, se compensan acortando los canales y doblando su número. Esto se debe al hecho de que la velocidad de flujo del refrigerante conforme a la ley de Hagen-Poiseuille es proporcional a la pérdida de presión (Δp) y que la velocidad de flujo puede reducirse a la mitad doblando el número de canales, y también al hecho de que la pérdida de presión también se reduce reduciendo a la mitad la longitud de los canales, concretamente un 75% como máximo.

65 Los canales poseen lo que se conoce como “longitud crítica” a partir de la cual se ha formado completamente el flujo laminar. En una área de entrada, la distribución de la velocidad puede describirse mediante un perfil prácticamente rectangular. En el último caso mencionado, la pérdida de presión conforme a la ley de Hagen-Poiseuille es mayor, mientras que la transferencia de calor es superior. Debido a ello, el punto de transición entre el área de entrada y el

ES 2 306 434 T3

área donde el flujo laminar se ha formado completamente debe optimizarse mediante un “efecto de entrada” de tal modo que la pérdida de presión siga controlándose para mantenerse en su mínimo mientras la transferencia de calor aumenta más. Sin embargo, en principio la longitud de canal debería ser corta en cualquier construcción.

- 5 A partir de una “pérdida de presión crítica Δp ” como mínimo, la capacidad de refrigeración del refrigerador desciende. Con las medidas de diseño descritas, este mínimo puede bajarse más expresamente.

Una superficie de intercambio térmico definida por los canales dentro del refrigerador que es mayor que la superficie de contacto térmico de la placa de base también ha demostrado ser beneficiosa. Los canales de flujo del refrigerador podrían, por ejemplo, formar un patrón más o menos denso en una lámina de metal y definir así una superficie de intercambio térmico como la superficie ocupada por los canales de las láminas de metal en cuya superficie el calor que fluye en el refrigerador es absorbido por el refrigerante. Esta superficie de intercambio térmico debería ser mayor que la superficie de la placa de base a través de la cual el elemento que debe refrigerarse se encuentra en contacto térmico directo con el refrigerador. Con esta medida de optimización adicional, el calor es conducido del elemento que debe refrigerarse a través de la superficie de contacto térmico del modo más directo y completo posible hasta los canales de flujo y, a consecuencia de ello, dentro del líquido refrigerante y no dentro de las paredes laterales del refrigerador, por ejemplo.

Otra variable de influencia es la proporción de aspecto de los canales, es decir, la proporción de la profundidad de canal t respecto a la anchura de canal b . En la sección transversal de canal igual, los canales profundos (proporción de aspecto t/b elevada) tienen un efecto claramente positivo sobre la transferencia de calor del refrigerador. Con el refrigerador del invento, la proporción de aspecto depende de los límites del respectivo proceso de grabado, con los valores máximos para t/b que pueden alcanzarse oscilando ahora entre 1:2 y 1:5.

El refrigerador del invento contiene por lo menos dos láminas de metal con canales de flujo. Los canales se organizan preferentemente en planos de canal, los cuales se extienden preferentemente dentro de las láminas de metal. Una sola lámina de metal y, complementando a la misma, una placa de base provista de surcos para formar canales de flujo puede utilizarse mejor que dos láminas de metal, dado que una de las dos láminas de metal será considerada como la placa de base si tiene canales.

El refrigerador microestructurado posee preferentemente de 2 a 10 planos para los canales. Respecto a las indicaciones realizadas anteriormente en el presente documento, esto significa que se disponen 1-9 láminas de metal y, además de éstas, una placa de base provista de canales o 2-10 láminas de metal y, además de éstas, una placa de base sin canales. En cualquier caso, deben suministrarse por lo menos dos planos de canal.

La capacidad de la transferencia de calor del elemento que debe refrigerarse al refrigerante aumenta con el número de planos de canal. Aunque se ha descubierto que la capacidad de transferencia de calor no puede aumentarse más, por lo menos no en una medida notable, si hay más de 10 capas con la misma geometría. Pueden establecerse diferentes niveles de capacidad del componente e influir adicionalmente en el coste de fabricación expresamente con sólo variar el número de capas. Dado que cada plano de canal aumenta el coste, un refrigerador se diseñará preferentemente conforme a una proporción de coste/capacidad deseada relacionada con la aplicación. Utilizando un método de fabricación galvanotécnico, el coste puede reducirse considerablemente reduciendo el área de superficie o el volumen y manteniendo la capacidad de refrigeración suficiente si se optimiza el diseño del refrigerador conforme a la aplicación.

La elección expresa de los parámetros de diseño y de los principios de construcción mencionados anteriormente en el presente documento permite reducir eficazmente la pérdida de presión mediante el ingenioso diseño de la microestructura y obteniendo la resistencia térmica más baja posible, lo cual permite una disipación del calor eficiente a través del refrigerador.

En comparación con el refrigerador conocido de WO 04/032231 A, una pérdida de presión del orden de 150 mbars podría tolerarse a fin de satisfacer las elevadas exigencias impuestas a la capacidad de disipación del calor y requeridas por los sistemas de procesamiento actuales. Se ha atribuido una especial importancia a minimizar la resistencia térmica. La resistencia térmica constituye una cantidad para la oposición ofrecida a la disipación del calor de un componente. Una resistencia térmica reducida aumenta (de un modo análogo a la resistencia eléctrica) la eficiencia y eficacia del componente.

La resistencia térmica del refrigerador R_{th_c} , basada en la temperatura media del refrigerante T_m , se define como:

$$R_{th_c} = (T_{cs} - T_m) / P$$

De modo que:

$$T_m = (T_{entrada} + T_{salida}) / 2 = T_{entrada} + 0,5 P / (C_p m_{flujo})$$

$$T_{cpu} = T_m + P (R_{th_c} + R_{th_TIM2})$$

ES 2 306 434 T3

Donde:

T_{cs} es la temperatura de la superficie del refrigerador en la superficie de contacto con la CPU;

5 T_m es la temperatura media del refrigerante dentro del refrigerador;

P es la potencia refrigerante proporcionada al elemento que debe refrigerarse;

10 $T_{entrada}$ es la temperatura del refrigerante al entrar en el refrigerador;

T_{salida} es la temperatura del refrigerante al salir del refrigerador;

15 R_{th_TIM2} es la resistencia térmica de una capa intermedia TIM2 para el contacto térmico del elemento que debe refrigerarse, por ejemplo, una CPU, en el refrigerador (TIM = Material de Interfaz Térmica);

C_p : es la capacidad de calentamiento del refrigerante;

m_{flujo} : es el flujo másico del refrigerante.

20 La figura 7 muestra un esquema ilustrativo de la conexión entre el refrigerador y la CPU con los parámetros relevantes necesarios para definir la resistencia térmica.

Como la resistencia térmica interna de la propia CPU y la del material de interfaz TIM2 dependen de las propiedades específicas de los materiales y no son el tema del presente invento, se pretende minimizar la resistencia térmica del refrigerador R_{th_c} y, en conexión con ésta, la resistencia de contacto con la superficie de la CPU.

La resistencia térmica específica de una capa con un grosor de capa d (R_{th_TIM2}/d) es una constante específica del material. Sin embargo, la resistencia resultante R_{th_TIM2} se obtiene del producto de la resistencia específica y el grosor de la capa TIM2 y es, por tanto, sumamente dependiente del grosor de capa mínimo alcanzable. Por lo general, la capa intermedia TIM2 se compone de una pasta termoconductiva. La termoconductividad de dichas pastas es menor en muchos órdenes de magnitud que la de los metales de los que está hecho el material de base de la placa de base del refrigerante en la superficie de contacto térmico. Por este motivo, debería optarse porque la capa TIM2 entre la CPU y la placa de base del refrigerante fuera lo más fina posible. En lo que respecta a la construcción, esto puede conseguirse proporcionando un drenaje para la capa intermedia TIM2 termoconductiva en el lado de la placa de base que se encuentra de cara al elemento que debe refrigerarse. En el lado en que la placa de base está sujeta a la CPU (superficie de refrigeración), dicha placa de base puede tener, más concretamente, una estructura en forma de canales, con los canales abiertos en los extremos de la placa de base, por lo que se proyectan más allá de la superficie de contacto térmico. Al presionar la placa de base sobre la CPU en el área de la superficie de contacto térmico, la pasta se distribuye homogéneamente por toda la superficie y forma una capa lo más fina posible entre la placa de base y la CPU. Ambos canales ejercen así un “efecto de drenaje” y evitan que la pasta se acumule en algunas áreas. De este modo se optimiza la termoconductividad entre la CPU y la placa de base del refrigerador.

Mediante estas otras medidas de diseño, la resistencia térmica R_{th_TIM2} de la capa intermedia TIM2 puede reducirse considerablemente respecto a los refrigeradores conocidos y la extracción del calor de una CPU puede mejorar de forma significativa gracias a ello.

Más concretamente, el refrigerador del invento puede fabricarse utilizando un método de la técnica de microestructura. Tal como se utiliza aquí, la técnica de microestructura se entiende como un método de fabricación mediante el cual se forman estructuras de alta resolución en el margen micrométrico para después fabricarse en tecnología de circuitos impresos. Dichos métodos comprenden la fabricación de imágenes de estructura de alta resolución tales como mediante los pasos del proceso fotolitográfico. En función de los recubrimientos empleados, los canales pueden realizarse empleando, por ejemplo, métodos de grabado in seco o de grabado profundo químico húmedo. La microfabricación mecánica (como el microfresado, la microestampación, las técnicas de reperfilado o similares) también es posible, con preferencia de métodos análogos a los empleados para circuitos impresos. Este tipo de métodos ya se conocen. Se remite al lector, por ejemplo, a las indicaciones de la patente de EE.UU. n.º 6.409.072, más concretamente, a métodos galvanotécnicos mediante los cuales los canales y las perforaciones en las láminas de metal se realizan mediante métodos de grabado y de deposición de metal y mediante métodos de estructuración empleados para este fin durante el grabado o la deposición de metal. Mediante los métodos descritos en la patente de EE.UU. n.º 6.409.072, por ejemplo, pueden crearse estructuras de canal mucho más finas que con la tecnología convencional.

Los métodos galvanotécnicos son preferentemente métodos análogos a los empleados en la producción de circuitos impresos y comprende los pasos de proceso diferenciados de: Fotolitografía, estructuración (preferentemente grabado), chapado de metales y unión, preferentemente soldadura/soldadura fuerte. La analogía con métodos para fabricar circuitos impresos consiste, por un lado, en que las capas diferenciadas de una estructura tridimensional compleja se realizan según los mismos métodos que se utilizan también para la fabricación de circuitos impresos. Las láminas microestructuradas así fabricadas se apilan y se unen de forma similar a las multicapas en la técnica de circuitos impresos. El diseño, la estructura y los sistemas de soldadura/soldadura fuerte de los componentes se asemejan a este método hasta el punto de ser manufacturables a gran escala, permitiendo así una fabricación en serie rentable

ES 2 306 434 T3

del refrigerador microestructurado. Pueden emplearse las líneas existentes que, en la mayoría de casos, no necesitan cambiarse, o sólo a un nivel insignificante. Las ventajas del método de fabricación descrito consisten en el uso de los métodos de microestructuración ya existentes en la escalabilidad para la fabricación industrial en serie a un coste muy bajo. Por un lado, esto ofrece la gran ventaja de permitir recurrir a una tecnología ya probada de la fabricación en serie en una nueva aplicación del refrigerador del invento y, por otro, posibilitar una fácil combinación e integración de los pasos del método. De este modo, para garantizar un montaje con el mínimo empleo de la fuerza, el refrigerador puede montarse directamente en la CPU, por ejemplo, sin ninguna mordaza de retención, preferentemente mediante soldadura/soldadura fuerte o encolado.

10 Para unir los componentes, el grosor de la capa del sistema de soldadura/soldadura fuerte y los parámetros de proceso debe ajustarse cuidadosamente para permitir la soldadura/soldadura fuerte en las prensas laminadoras empleadas actualmente en la técnica de circuitos impresos. Se remite al lector a la patente de EE.UU. n.º 6.409.072 para los posibles métodos de unión.

15 Empleando la técnica de microestructuración conforme al invento para la fabricación del refrigerador, pueden obtenerse las propiedades siguientes:

1. Pérdida de presión mínima para el refrigerante del refrigerador a un valor determinado para la resistencia térmica;

20 2. Pequeña diferencia del valor impuesto por la pérdida de presión en comparación con los refrigeradores conocidos de este tipo;

25 3. Estanqueidad absoluta, fiable y muy elevada (estanqueidad por vacío de hasta 10⁻⁹ mbares l/s) de los componentes respecto al entorno, pero también entre los microcanales, para optimizar el transporte del calor mediante una unión completa, totalmente metálica;

4. Excelente resistencia a la presión del refrigerador o solidez de las conexiones entre las láminas de metal y la placa superior y de base;

30 5. Muy buena resistencia a la corrosión adaptada al campo de aplicación, con la posibilidad de deposición electroquímica de capas anticorrosión;

6. Resistencia a alta temperatura;

35 7. Canales sin sedimentos, bien definidos geoméricamente y homogéneos.

El refrigerador microestructurado del invento sólo posee las láminas de metal y la placa de base fina correspondiente que finaliza la pila en el lado encarado a la superficie de contacto térmico para el elemento que debe refrigerarse. Ya no se necesita una placa superior separada. Una placa de canal normal cierra el propio refrigerador hacia la parte superior. En la parte superior del mismo hay un elemento de fragmentación y conexión que por lo general puede integrarse en un soporte para el refrigerador (mecanismo de retención). También puede haber una lámina de la placa de canal ligeramente más gruesa para aumentar la estabilidad. Para fabricar el refrigerador microestructurado, las láminas de la estructura llevan una placa de base y van unidas para formar un componente compacto.

45 Para introducir refrigerante en el refrigerador y para evacuarlo, se proporcionan dispositivos para la conexión de tubos, por ejemplo, piezas de conexión (cuellos de entrada, cuellos de salida) formados como una pieza integral mediante moldeado por inyección, soldadura/soldadura fuerte o integración. El tubo o manguera de conexión pueden integrarse directamente, o bien puede atornillarse, soldarse, apretarse y/o encolarse. Las líneas de líquido que llevan a las bombas y/o a contra refrigeradores externos están conectadas a estas piezas de conexión.

50 Para entender mejor el invento, se remite al lector a las figuras. Respecto a dichas figuras:

La figura 1 es una vista transversal esquemática de una lámina de metal estructurada;

55 La figura 1a es una vista transversal esquemática de una lámina de metal estructurada;

La figura 2 es una vista transversal esquemática de un refrigerador microestructurado con un componente electrónico con contacto térmico;

60 La figura 3a es una vista superior esquemática de un plano del refrigerador microestructurado;

La figura 3b es una vista superior esquemática de un plano de un refrigerador microestructurado en el que cada segunda red entre los canales se alarga como elemento estabilizador, extendiéndose más allá de la cámara de fragmentación y las cámaras colectoras;

65 La figura 3c es, al igual que la figura 3a, una vista superior con canales escalonados;

ES 2 306 434 T3

La figura 3d es, al igual que la 3b, una vista superior en la que todas las redes entre los canales se alargan, extendiéndose más allá de la cámara de fragmentación y las cámaras colectoras;

La figura 4a es una vista en perspectiva de un refrigerador microestructurado;

La figura 4b es una vista en perspectiva de una cubierta de refrigerador con cámara de entrada y cámara de fragmentación de salida;

La figura 4c es una vista en sección de la cubierta del refrigerador tomada a lo largo de la línea A-A de la figura 4d;

La figura 4d es una vista superior de la cubierta del refrigerador;

La figura 4e es una vista en sección de la cubierta del refrigerador tomada a lo largo de la línea B-B de la figura 4d;

La figura 5 es una ilustración del área de entrada y salida del refrigerador en una vista transversal que muestra el detalle de una capa de canal;

La figura 6 es una vista superior esquemática de un plano del refrigerador microestructurado que muestra los detalles del área de entrada con forma de embudo de un microcanal;

La figura 7 es una representación esquemática de la conexión entre el refrigerador y la CPU con los parámetros relevantes para definir la resistencia térmica;

La figura 8 es una ilustración de la dependencia de la resistencia térmica respecto al caudal para un refrigerador del invento comparado con los refrigeradores según el estado anterior de la técnica;

La figura 9 es una ilustración de la dependencia de la resistencia térmica respecto a la pérdida de presión para un refrigerador del invento comparado con los refrigeradores según el estado anterior de la técnica.

Los componentes y elementos similares llevan los mismos numerales de referencia en todas las figuras. También se remite al lector a la lista de numerales adjunta.

La figura 1 muestra parámetros diferenciados en una lámina de metal 1, la optimización de la cual se traduce en la minimización de la pérdida de potencia en el refrigerador, así como en la minimización de la diferencia de temperatura entre la superficie de contacto térmico y el refrigerante que fluye en el refrigerador, o en la maximización de la capacidad de refrigeración. En la lámina de metal 1 que aún no está soldada/soldada con soldadura fuerte, los canales se muestran como rebajos 2. Los parámetros son la anchura de canal b , la profundidad de canal t , el espacio de canal (anchura de red) s y el grosor de lámina residual r . Además, la anchura f del área estructurada se indica en la lámina de metal 1.

La figura 1a muestra una pila de una placa de base estructurada 5 y de tres láminas de metal estructuradas 1 unidas. La placa de base 5 con un grosor g tiene rebajos formados en ésta, junto con los respectivos rebajos formados en una lámina de metal adyacente y forma canales 2' en una primera capa de canal adyacente a la superficie de contacto térmico de la placa de base 5. Los canales 2' en la primera capa de canal tienen una profundidad t' . Además se unen dos láminas de metal 1 a la pila de la placa de base 5 y a la primera lámina de metal para formar otras capas de canal con canales 2. Estos canales 2 tienen una profundidad t que es inferior a la profundidad t' de la primera capa de canal.

La figura 2 muestra un refrigerador 3 con un procesador CPU 4 con contacto térmico. En este caso, el refrigerador 3 se compone de cuatro láminas de metal 1, cada una de las cuales tiene, por ejemplo, cuatro canales de refrigeración 2. Las redes situadas entre los canales no son visibles en el dibujo. Los canales 2 de cada lámina de metal 1 están cerrados en el extremo. Mirando hacia el procesador CPU 4, los canales de refrigeración de la lámina de metal 1' más baja están cerrados mediante una placa de base 5 con un grosor de placa de base g . La placa de base también va provista de canales que se hacen coincidir con los canales de la lámina de metal 1' adyacente, de modo que se forma una estructura común de canales 2'.

La placa base 5 sirve para absorber el calor generado por el procesador CPU 4 a través de una superficie de contacto térmico 6. Para este propósito, el procesador CPU 4 entra en contacto en el área de la superficie de contacto térmico 6 con la placa de base 5 mediante un agente de unión con buena conductividad térmica (como una pasta termoconductiva, soldadura o cola conductiva) 7. El procesador CPU 4 se monta sobre una placa de soporte CPU 8.

Una cámara de fragmentación 10 orientada verticalmente atraviesa las láminas de metal 1 aproximadamente en el centro de éstas. La cámara de fragmentación se ha configurado para hacer de brecha que se extiende normalmente sobre el plano del dibujo y cruza los canales 2. Además, dos cámaras colectoras 11 también atraviesan las láminas de metal aproximadamente en los ángulos correctos. Los canales también se ensanchan en estas cámaras colectoras.

ES 2 306 434 T3

La pila de las láminas de metal 1 y la placa de base 5 se termina mediante una placa de cubierta 13 situada en la parte superior. También se suministra un elemento de fragmentación 14 que puede configurarse como elemento diferenciado o separado en la placa de cubierta 13. En el elemento de fragmentación hay también una cámara de entrada 20, así como dos cámaras de salida 21. La cámara de entrada comunica con la cámara de fragmentación 10 y las cámaras colectoras 11 con las cámaras de salida. A partir de la ilustración, es obvio que la cámara de entrada y las cámaras de salida se estrechan en dirección a la cámara de fragmentación y hacia las cámaras de salida, respectivamente, del modo conforme al presente invento. En la placa de cubierta hay piezas de conexión, a saber, un cuello de entrada 15 y un cuello de salida 16. El cuello de entrada comunica con la cámara de entrada y el cuello de salida, con la cámara de salida.

El refrigerante procedente de un circuito de refrigeración externo entra en el refrigerador 3 a través del cuello de entrada 15 y alcanza la cámara de entrada 20 a través del cuello. Desde la cámara de entrada, el refrigerante se administra a la cámara de fragmentación 10, desde donde fluye directamente a todos los canales 2 y 2'. A partir de la ilustración puede verse que el refrigerante que fluye hacia abajo hasta la cámara de fragmentación alcanza directamente la placa de base 5, donde se consigue un efecto refrigerante significativo. Después de pasar por los canales, el refrigerante fluye hasta las cámaras colectoras 11, desde donde se hace circular a través de las cámaras de salida 21 hasta el cuello de salida 16. Desde allí el refrigerante vuelve de nuevo al circuito de refrigeración externo.

Las figuras 3a a 3d muestran una vista superior esquemática de láminas de metal que contiene canales 2 y redes interpuestas 9. Los canales están dispuestos en paralelo y están situados dentro de un área denominada superficie de intercambio de calor. Esta área está definida por el área que cubren los canales 2.

La cámara de fragmentación 10 sirve para minimizar la pérdida de presión dentro de los canales microestructurados y, a consecuencia de ello, el caudal requerido del refrigerante, para reducir el tamaño del refrigerador y de todo el sistema de refrigeración, incluso la bomba de refrigeración y los tubos de líquido, y optimizarlos. Aproximadamente en el área de la superficie de contacto térmico, las láminas de metal 1 se interrumpen mediante la cámara de fragmentación ("diseño de canal fragmentado").

En las figuras 3a a 3d, la cámara de fragmentación 10 en un plano del refrigerador se muestra como una brecha que cruza los canales 2 y las redes 9 entre los canales.

Todos los canales 2 comunican con la cámara de fragmentación 10. Mientras que los canales 2 sólo parcialmente rebajados de la lámina de metal 1 que muestra la figura 3a, de modo que aún hay un grosor de lámina residual en las láminas de metal, la brecha 10 constituye una ranura que se extiende a lo largo de la lámina de metal 1. Al superponer varias láminas de metal de este tipo, los canales 2 para la recepción del refrigerante se conforman de tal modo que se extienden por los planos de la lámina de metal. A diferencia de ello, la cámara de fragmentación formada por la brecha se extiende por toda la región interna del refrigerador.

Además, las figuras 3a a 3d muestran que los canales 2 se ensanchan en las cámaras colectoras 11 en sus extremos exteriores. El refrigerante que sale de los canales 2 entra en las cámaras colectoras, desde donde es evacuado por la cámara de salida y el cuello de salida (figura 2). La cámara de salida está situada sobre una de las cámaras colectoras. Este método de circulación del refrigerante permite alcanzar una excelente capacidad de refrigeración. En la figura 3a, la cámara de fragmentación 10 y las cámaras colectoras 11 se encuentran completamente caladas. Además, los canales 2 están situados directamente uno frente al otro.

Una variante del diseño del canal de fragmentación del invento se ilustra en la figura 3b. La diferencia respecto al diseño que se muestra en la figura 3a es que cada segunda red 9 entre los canales 2 se extiende más allá de la de la cámara de fragmentación 10 y las cámaras colectoras 11, de modo que la cámara de fragmentación y las cámaras colectoras se interrumpen. Esto aumenta la estabilidad mecánica del diseño y es especialmente preferente cuando el grosor de las láminas de metal es reducido.

Para evacuar el refrigerante del refrigerador pueden añadirse dos piezas de conexión (figura 2) a través de las cuales se descarga el refrigerante. Después de pasar por los canales 2, el refrigerante fluye por las cámaras colectoras 11 del lado de salida hasta la cámara de salida, desde donde sale del refrigerador.

Otra variante de una lámina de metal 1 provista de canales 2 y redes 9 que se extienden entre ellos se muestra en la figura 3c. También en este caso, una cámara colectora 10 desde la que se bifurcan los canales y las cámaras colectoras 11, dentro de las cuales los canales se ensanchan y atraviesan prácticamente todo el refrigerador, de forma que el refrigerante puede recircularse desde la cámara de fragmentación hacia los canales y desde allí volver a través de las cámaras colectoras.

La disposición de los canales 2 y las redes 9 en la superficie de intercambio térmico difiere de la mostrada en la figura 3a por el hecho de que los canales y las redes de las dos áreas de canal separadas entre sí por la cámara de fragmentación 10 se encuentran relativamente compensadas. Debido a ello, el comportamiento del flujo incidente mejora, lo cual se traduce en una pérdida de presión reducida, de modo que la transferencia de calor mejora aún más.

En otra variante más, todas las redes 9 entre los canales 2 se extienden tanto a través de la cámara de fragmentación 10 como a través de las cámaras colectoras 11, tal como muestra la ilustración de la figura 3d. Esto diferencia esta

ES 2 306 434 T3

forma de realización de la mostrada en la figura 3b, donde sólo la segunda de cada dos redes se extiende a través de la cámara de fragmentación y las cámaras colectoras. Esta forma de realización es aún más sólida que la mostrada en la figura 3b.

5 En la figura 4a, el refrigerador microestructurado 3 del invento se muestra en una vista en perspectiva. La superficie de contacto térmico para la conexión térmica de una CPU se encuentra en la parte inferior y no es visible en la figura. En la parte superior pueden verse el cuello de entrada 15 y el cuello de salida 16.

10 En las figuras 4b a 4e se muestra una ilustración detallada de un elemento de fragmentación y de un elemento de recubrimiento. En varias ilustraciones, el elemento de fragmentación y el elemento de recubrimiento no se muestran gráficamente por separado.

15 La figura 4b es una ilustración en perspectiva de este elemento de fragmentación y de recubrimiento 13 y 14. En el elemento de recubrimiento son visibles los rebajos, que representan la cámara de entrada 20 y la cámara de salida 21. La cámara de entrada se extiende aproximadamente en la región central del refrigerador, de modo que puede comunicar con la cámara de fragmentación. La cámara de salida se configura en forma de U, cuyas dos bifurcaciones se encuentran en las áreas laterales del refrigerador 3, por lo que pueden comunicarse con las cámaras colectoras que también se encuentran allí. La cámara de salida posee dos puertos de salida que se extienden por toda la longitud del canal en cada superficie lateral del refrigerador. Las cámaras colectoras comunican a través de la configuración en
20 forma de U de la cámara de salida.

25 Las transiciones de la cámara de entrada 20 a la cámara de fragmentación 10 y de la cámara de salida 21 a las cámaras colectoras 11 están diseñadas de tal modo que se estrechan en dirección a la cámara de fragmentación y a la cámara colectora, respectivamente. En el caso actual, poseen forma cónica. Esto se muestra en la figura 4c. Esta figura muestra una sección transversal del elemento de fragmentación y de recubrimiento 13 y 14 a lo largo de una línea A-A, conforme a la figura 4d.

30 La cámara de entrada 20 posee una anchura superior m que coincide preferentemente con la sección transversal del cuello de entrada para el refrigerante (figura 5), 7 mm en el caso actual. La cámara de entrada se estrecha en dirección a la cámara de fragmentación a la anchura x , 3 mm en el caso actual. Las cámaras de salida 21 también tienen puertos que se estrechan. Estos puertos poseen una anchura superior n que coincide preferentemente con la sección transversal del cuello de salida para el refrigerante, 7 mm en el caso actual. Los puertos de las cámaras de salida se estrechan en dirección a las cámaras colectoras a la anchura y , 3 mm en el caso actual. Las áreas de la cámara de entrada y de la cámara de salida que poseen paredes laterales prácticamente verticales, tienen una altura h_2 , mientras que las áreas en
35 las que las cámaras mencionadas se estrechan, tienen una altura h_1 .

40 Un elemento de fragmentación y recubrimiento 13 de este tipo puede emplearse en un refrigerador que tenga una cámara de fragmentación con una anchura b_{10} de 0,7 mm y cámaras colectoras con una anchura b_{11} de 1,5 mm. En tal caso, la anchura de canal b puede ser de 3 mm.

45 La figura 4d muestra una vista superior del elemento de fragmentación y recubrimiento 13 y 14. Aproximadamente en el área central, la cámara de entrada 20 se muestra con el estrechamiento cónico hacia la cámara de fragmentación 10. El extremo izquierdo de la cámara de entrada se encuentra cubierto por un solapamiento en el área del elemento de recubrimiento 13, y se muestra mediante una línea de puntos sólo por este motivo. También se muestra el área en forma de U de la cámara de salida 21, que también es visible como un rebajo en el elemento de fragmentación y recubrimiento. En las patas de la cámara de salida se ven los estrechamientos cónicos hacia las cámaras colectoras 11.

50 La figura 4e muestra otra sección a través del elemento de fragmentación y recubrimiento 13 y 14, en este caso, a lo largo de la línea B-B de la figura 4d. En el área derecha de la sección, se muestra la cámara de entrada 20, definida mediante paredes verticales y que se estrecha hacia abajo, donde se abre en la cámara de fragmentación (no se muestra). En la región izquierda de la vista en sección se muestra la pieza de conexión de la cámara de salida en forma de U 21.

55 La figura 5 muestra el elemento de fragmentación y recubrimiento 13 y 14, así como una capa de canal que se une a dicho elemento debajo y que se ilustra a cierta distancia del elemento de fragmentación y recubrimiento, de nuevo en una vista de sección. Los diversos elementos ya se han estudiado.

60 A partir de esta ilustración puede verse que la cámara de entrada 20 se estrecha desde una anchura m correspondiente a la sección transversal del cuello de entrada 15 hasta una anchura x , que en realidad coincide con la anchura b_{10} de la cámara de fragmentación 10. Asimismo, también a partir de esta figura puede verse que las cámaras de salida 21 se estrechan desde una anchura n correspondiente a la sección transversal del cuello de salida 16 hasta una anchura y , que en realidad coincide con la anchura b_{11} de las cámaras colectoras 11.

65 Es preciso señalar aquí que la anchura x es por lo menos igual a la anchura de brecha b_{10} de la cámara de fragmentación 10. Preferentemente, la anchura x es ligeramente mayor que la anchura b_{10} para no impedir que el refrigerante circule por tolerancias de montaje cuando la cámara de entrada 20 y las cámaras de fragmentación no se encuentren superpuestas con exactitud.

ES 2 306 434 T3

Asimismo, la anchura y es por lo menos igual a la anchura de brecha b_{11} de las cámara colectoras 11. Preferentemente, la anchura y es ligeramente mayor que la anchura b_{11} para no impedir que el refrigerante circule por tolerancias de montaje cuando las cámara colectoras 11 y la cámara de salida 21 no se encuentren superpuestas con exactitud.

5 Además de la cámara de fragmentación 10 y la forma de la cámara de entrada 20 y de la cámara de salida 21, la forma cónica de la entrada de canal en forma de embudo mostrada en la figura 6 y realizada especialmente en un proceso de fabricación contribuye a reducir la pérdida de presión.

10 Para ello, la figura 6 muestra la lámina de metal 1 con canales 2 y redes interpuestas 9, así como con una cámara de fragmentación 10 y con cámaras colectoras 11 ya ilustradas en la figura 3a. Las flechas indican también la dirección del flujo de refrigerante por los canales. Una vista detallada y ampliada de la parte inferior de la ilustración muestra la forma de embudo de la entrada de canal mediante una apertura de la entrada de canal. Las regiones que se muestran en negro representan las redes 9 entre los canales 2. En la parte inferior de esta vida detallada, la cámara de fragmentación 10 es visible. En este caso, el refrigerante entra en los canales por la parte inferior.

15 El estrechamiento del área de entrada en los canales 2 en dirección al flujo de refrigerante ($k > l = b$) reduce la resistencia al flujo cuando el refrigerante entra en el microcanal. Esta restricción de los canales a la anchura media b se extiende a los canales por una longitud E .

20 Esta forma de las entradas de canal puede alcanzarse, por ejemplo, eligiendo especialmente las condiciones de grabado para la estructuración. Los canales 2 pueden formarse, por ejemplo, mediante grabado en un sistema comercial, por ejemplo, Chemcut, de EE.UU. Para ello, las piezas en bruto de cobre (dimensiones: 610 mm x 480 mm) están estructuradas con una solución de cloruro de cobre (II) a una concentración de 3 mol/l a una temperatura de 50°C, una presión de rociado de 2 bares y una velocidad de cinta transportadora de 0,6 m/min, con las partes que no deben grabarse (redes, borde de la lámina de metal) cubiertas con un producto resistente al grabado durante la realización del grabado.

25 La forma de la entrada a los canales se establece preferentemente de forma que la proporción k / l oscile entre 1,1 y 3, más preferentemente entre 1,2 y 1,8. La longitud E del área de entrada oscila preferentemente entre 100 y 2.000 μm , más preferentemente entre 200 y 400 μm . En este contexto se remite al lector a la ilustración esquemática de la figura 6.

30 La figura 7 muestra un esquema ilustrativo de la conexión entre el refrigerador 3 y la CPU 4, así como una capa de cola conductiva 7 interpuesta con los parámetros relevantes necesarios para definir la resistencia térmica.

35 Así pues, T_{entrada} y T_{salida} se refieren a la temperatura del refrigerante que fluye dentro y fuera del refrigerador, respectivamente, T_m a la temperatura media del refrigerante en el refrigerador, T_{cs} a la temperatura superficial de la superficie de contacto térmico del refrigerador, T_{cpu} a la temperatura superficial de la CPU y "potencia" a la potencia que alimenta la CPU.

40 Para probar el rendimiento del refrigerador del invento respecto a los refrigeradores convencionales, deben realizarse las pruebas siguientes.

45 Ejemplo/Ejemplo comparativo

Para optimizar el rendimiento del refrigerador del invento, la anchura de canal, la profundidad de canal, el espacio de canal, el grosor de lámina residual y el grosor de placa de base pueden designarse según la aplicación específica, más concretamente, en lo que se refiere a la proporción de la capacidad de refrigeración respecto al volumen del refrigerador microestructurado, y optimizarse para una CPU de referencia con un área de base de 12,0 x 12,0 mm y 200 W de salida de potencia, por ejemplo. En el presente documento pueden definirse diversas cifras clave que describen la capacidad de refrigeración de un refrigerador.

55 En la tabla 1 se indican importantes factores de influencia.

TABLA 1

| | | |
|----|---------------------------------------|---|
| 60 | Potencia CPU | 200 vatios |
| | Área CPU | 12,0 mm x 12,0 mm |
| | Forma CPU | cuadrada |
| | Potencia por área de CPU | 140 vatios/cm ² |
| 65 | Característica de entrega de la bomba | 60-120 litros/h a un caudal de 150-300 mbares como función de presión |
| | Pérdidas de potencia en el sistema | aprox. 200 mbares |

ES 2 306 434 T3

Las características del refrigerador son las representadas para el ejemplo de WO 04/032231 A.

Para la comparación se han empleado refrigeradores convencionales (ArdexP (Ardex®: marca registrada de Aotech Deutschland), confeccionados como el refrigerador del invento mediante hojas de cobre microestructurado con canales dispuestos en paralelo que contienen varias capas de canal y optimizados respecto a los parámetros anchura de canal b, profundidad de canal t, espacio de canal s, grosor de lámina residual r y grosor de la placa base g.

Los datos de potencia se resumen en la tabla 2, que muestra un ejemplo comparando el refrigerador ArdexP y un refrigerador microestructurado del invento:

TABLA 2

| | Atotech ArdexP sin conexión y accesorios | Refrigerador del invento sin conexión y accesorios |
|-------------------|--|--|
| peso | 146 g | 26 g |
| volumen | 22,5 cm ³ | 3,3 cm ³ |
| R _{th,c} | 0,08 °C/W | 0,05 °C/W |
| Caudal | 1,2 l/min | 1,2 l/min |
| Refrigerante | agua (50 °C) | |

Las pruebas comparativas se realizaron en plena carga bajo condiciones idénticas para refrigerar la CPU de referencia descrita en la tabla 1. Las condiciones se exponen en la tabla 3.

TABLA 3

ArdexP

| | |
|--|--------------------------------------|
| Volumen de refrigeración (sin conexiones): A x L x A (5 cm x 5 cm x 0,9 cm) | 22,5 cm ³ |
| Caudal del refrigerante | 1,2 l/min |
| La diferencia de temperatura AT entre la superficie del refrigerador y la temperatura media de refrigerante en el refrigerador | 16 K |
| Resistencia térmica del refrigerador de CPU basada en la temperatura media del refrigerante en el refrigerador | 0,08 K/Watios |
| Compactibilidad (capacidad de refrigeración/volumen) | 8,9 Watios/cm ³ |
| Capacidad de refrigeración por volumen y AT | 0,556 Watios/(cm ³ ·K) |
| Capacidad de refrigeración por masa | 1.369 W/kg |
| Capacidad de refrigeración por volumen y AT | 85 W/(kg K) |

55 *Refrigerador del invento*

El refrigerador se confeccionó a partir de una placa de base estructurada (grosor: 0,3 mm) y ocho láminas estructuradas (grosor: 0,2 mm).

ES 2 306 434 T3

TABLA 4

Geometría de las láminas estructuradas

| | |
|--|-------------------|
| Longitud de canal (diseño fragmentado) | 2 x 7,0 mm |
| Anchura de canal | 240 μm |
| Anchura de red | 200 μm |
| Profundidad de canal | 100 μm |
| Profundidad hoja inferior | 300 μm |
| Profundidad hoja canal | 200 μm |

TABLA 5

Refrigerador del invento

| | |
|---|---|
| Volumen de refrigeración (sin conexiones): A x L x A (4,2 cm x 4,2 cm x 0,19 cm) | 3,3 cm^3 |
| Caudal del refrigerante | 1,2 l/min |
| La diferencia de temperatura AT entre la superficie del refrigerador y la temperatura media del refrigerante en el refrigerador | 10 K |
| Resistencia térmica del refrigerador de CPU basada en la temperatura media del refrigerante en el refrigerador | 0,05 K/Watios |
| Compactibilidad (capacidad de refrigeración/volumen) | 60,6 Watios/ cm^3 |
| Capacidad de refrigeración por volumen y AT | 6,06 Watios/($\text{cm}^3 \cdot \text{K}$) |
| Capacidad de refrigeración por volumen, AT y caudal | 5,05 Watios/($\text{cm}^3 \cdot \text{K}$ l/min) |
| Capacidad de refrigeración por masa | 7.700 W/kg |
| Capacidad de refrigeración por volumen y AT | 770 W/(kg K) |

TABLA 6

Resultados de la prueba: comparación entre el refrigerador del invento y un refrigerador convencional

| | ArdexP | Refrigerador del invento | Diferencia |
|--|--------|--------------------------|-------------------------------------|
| Resistencia térmica Rth c[K/W] | 0,08 | 0,05 | -0,03 (-37,5%) |
| Diferencia de temperatura [K] (a 200 W de potencia de CPU) | 16 | 10 | mejora de la eficiencia en un 37,5% |
| Compactibilidad [W/ cm^3] | 8,9 | 60,6 | 6,8 veces mayor |
| Capacidad de refrigeración por volumen, ΔT y caudal [W/ $\Delta(\text{cm}^3 \cdot \text{K} \cdot \text{L}/\text{min})$] | 0,463 | 5,05 | Mejora en un factor de 10,9 |
| Capacidad de refrigeración por masa (o peso) [W/kg] | 1.369 | 7.700 | mejora en un factor de 5,6 |
| Capacidad de refrigeración por masa (o peso) y ΔT [W/ $\Delta(\text{kg K})$] | 85 | 770 | mejora en un factor de 9,05 |

ES 2 306 434 T3

Las cifras clave muestran claramente que el refrigerador del invento ofrece ventajas considerables en todos los campos.

5 Una reducción de la resistencia térmica de alrededor el 37,5% se traduce en una disipación del calor claramente mejorada y en una eficiencia mejorada del refrigerador. Esta propiedad es particularmente relevante si el equipo tiene una CPU de alto rendimiento o es un ordenador central con muchas CPU, puesto que deben refrigerarse salidas térmicas de varios kW.

10 La reducción de la diferencia de temperatura alrededor de 6°C se traduce directamente en un ahorro de energía en un sistema de refrigeración y, como consecuencia, en un ahorro de los costes operativos. La temperatura de entrada del agua de refrigeración, por ejemplo, puede aumentar mediante este valor, influyendo extraordinariamente en la eficiencia del sistema de refrigeración.

15 La capacidad de refrigeración, basada en el volumen, ΔT y caudal, es mayor en un factor de 10,9 respecto a los refrigeradores convencionales y demuestra que con estos refrigeradores pueden obtenerse densidades de embalaje considerablemente superiores (cantidad de CPU/unidad de volumen).

20 La figura 8 muestra la resistencia térmica $R_{th,c}$ del refrigerador del invento y del refrigerador comparado (ArdexP) como una función del caudal prefijado. A partir de la figura 8 puede verse que bajo las condiciones límite prefijadas (véase también la tabla 2) el refrigerador del invento tiene una resistencia térmica considerablemente reducida en toda el área de circulación. A un caudal de 1,2 litros/min, la resistencia térmica puede reducirse un 37,5%.

25 La figura 9 muestra la resistencia térmica $R_{th,c}$ del refrigerador del invento y del refrigerador comparado (ArdexP) como una función de la pérdida de presión indicada. Se descubre que también aquí la resistencia térmica mejora en todo el margen respecto al refrigerador comparado.

30 En función del concepto del sistema de refrigeración y conforme a las propiedades de bombeo correspondientes, la resistencia térmica puede caracterizarse mediante la figura 8 (el caudal es prefijado) o mediante la figura 9 (la pérdida de presión está prefijada).

Es evidente que el refrigerador del invento posee los mejores valores para la resistencia térmica a una pérdida de presión determinada dentro del refrigerador.

35 A una pérdida de presión tolerada de, por ejemplo, 130 mbares, la resistencia térmica del refrigerador del invento es menor que 0,050 K/W, mientras que la pérdida de presión con un refrigerador con el estado anterior de la técnica es poco menos de 0,08 K/W.

40 Se entiende que los ejemplos y realizaciones descritas en el presente documento tienen un propósito meramente ilustrativo y que las diversas modificaciones y cambios, así como la combinación de características descritas en esta aplicación se recomiendan a personas expertas en el tema y deberán incluirse en el ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

Lista de numerales

- 45 1 lámina de metal
2 y 2' canal
3 refrigerador microestructurado
50 4 procesador CPU
5 5 placa de base
55 6 superficie de contacto térmico
7 TIM2 (Material de Interfaz Térmica)
8 placa de soporte CPU
60 9 red
10 cámara de fragmentación
65 11 cámara colectora
12 borde de la lámina de metal 1

ES 2 306 434 T3

| | | |
|----------|---|--|
| 13 | placa de cubierta | |
| 14 | elemento de fragmentación | |
| 5 | 15 | cuello de entrada |
| 16 | cuello de salida | |
| 17 | conector rápido | |
| 10 | 20 | cámara de entrada |
| 21 | cámara de salida | |
| 15 | b | anchura de canal |
| b_{10} | anchura de brecha de la cámara de fragmentación 10 | |
| b_{11} | anchura de brecha de la cámara colectora 11 | |
| 20 | t y t' | profundidad de canal |
| s | espacio de canal (anchura de red) | |
| 25 | r | grosor de lámina residual |
| f | anchura de la región estructurada de la lámina de metal 1 | |
| g | grosor de la placa de base | |
| 30 | x | anchura mínima de la cámara de entrada 20 |
| m | anchura máxima de la cámara de entrada 20 | |
| 35 | y | anchura mínima de la cámara de fragmentación de salida 21 |
| n | anchura máxima de la cámara de fragmentación de salida 21 | |
| k | anchura de embudo en el puerto de entrada de canal | |
| 40 | l | anchura de embudo en el área de las paredes de canal paralelas |
| E | profundidad de la entrada de canal en forma de embudo. | |

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un refrigerador microestructurado (3) para refrigerar un elemento (4) que comprende: a. una pila de al menos dos láminas de metal (1); dichas láminas contienen canales (2) para refrigerante, y una placa de base (5) adaptada para entrar en contacto térmico con dicho elemento (4) mediante una superficie de contacto térmico (6); de forma que dichas láminas de metal (1) y dicha placa de base (5) se unen como si formaran una sola pieza de material y dichos canales (2) tienen una anchura b que oscila entre 100 y 350 μm , una profundidad que oscila entre 30 y 150 μm , un espacio medio s que oscila entre 30 y 300 μm , un grosor de lámina residual r restante tras la formación de dichos canales (2) en las mencionadas láminas de metal (1) que oscila entre 30 y 300 μm y que dicha placa de base (5) posee un grosor g que oscila entre 100 y 1.000 μm , b. por lo menos una cámara de fragmentación (10) que atraviesa dichas láminas de metal (1) en el área de la mencionada superficie de contacto térmico (6) y que dicha cámara comunica con su respectivo lado de entrada con todos o con algunos canales (2) seleccionados mediante puertos de entrada de canal, c. por lo menos una cámara de entrada (20) para la admisión de refrigerante en dicho refrigerador (3), y que la mencionada cámara comunica con por lo menos una cámara de fragmentación mencionada (10), d. por lo menos una cámara colectora (11) atraviesa las láminas de metal (1) y comunica con el extremo respectivo del lado de la salida de todos o de algunos canales (2) seleccionados a través de puertos de salida de canal, y e. por lo menos una cámara de salida (21) para evacuar el refrigerante de dicho refrigerador (3), y que dicha cámara comunica con por lo menos una cámara colectora mencionada (11), **caracterizada** por el hecho de que el área transversal de los canales (2) en una capa de canal adyacente a dicha placa de base (5) es superior al área transversal de los canales (2) en una capa de canal situada en la pila del lado opuesto a dicha placa de base (5).

2. El refrigerador conforme a la reivindicación 1 **caracterizado** porque la profundidad de los canales (2) en una capa de canal adyacente de dicha placa de base (5) es superior a la profundidad de los canales (2) en una capa de canal situada en la pila del lado opuesto de dicha placa de base (5).

3. El refrigerador, conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque una primera lámina de metal (1') adyacente a la placa de base (5) y la propia placa de base (5) están provistas de canales (2') y unidas de tal forma que las superficies de la primera lámina de metal (1') y de la placa de base (5) mencionadas que comprenden los canales están encaradas y que los mencionados canales (2') de dicha primera lámina de metal (1') y de dicha placa de base (5) coinciden.

4. El refrigerador, conforme a lo expuesto en la reivindicación 3, **caracterizado** porque la profundidad t de los canales formados al unir la primera lámina de metal (1') y la placa de base (5) oscila entre 100 y 250 μm .

5. El refrigerador, conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque por lo menos una cámara de entrada (20) se estrecha en dirección a por lo menos una cámara de fragmentación (10) y por lo menos una cámara de salida (21) se estrecha en dirección a por lo menos una cámara colectora (11).

6. El refrigerador, conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque por lo menos una cámara de entrada (20) se estrecha a una anchura del lado de salida x ; que por lo menos una cámara de fragmentación (10) tiene una anchura b_{10} y que $x \geq b_{10}$.

7. El refrigerador, conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque por lo menos una cámara de salida (21) se estrecha a una anchura del lado de entrada y ; que por lo menos una cámara colectora (11) tiene una anchura b_{11} y que $y \geq b_{11}$.

8. El refrigerador, conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicho refrigerador tiene también por lo menos un cuello de entrada (15) para admitir refrigerante en el refrigerador (3), que por lo menos una cámara de entrada (20) tiene una anchura del lado de entrada m , y que m es la más similar a la anchura de la sección transversal de por lo menos un cuello de entrada (15).

9. El refrigerador, conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicho refrigerador tiene también por lo menos un cuello de salida (16) para evacuar refrigerante del refrigerador (3), que por lo menos una cámara de salida (21) tiene una anchura del lado de salida n , y que n no excede a la anchura de la sección transversal de por lo menos un cuello de salida (16).

10. El refrigerador, conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque por lo menos una cámara de fragmentación (10) está configurada a modo de brecha que atraviesa las láminas de metal (1) y con una anchura b_{10} .

11. El refrigerador, conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque por lo menos una cámara colectora (11) está configurada a modo de brecha que atraviesa las láminas de metal (1) y con una anchura b_{11} .

12. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en el área final respectiva situada en el lado de entrada y que se extiende por una longitud E , los canales (2) se amplían hacia por lo menos una cámara de fragmentación (10).

ES 2 306 434 T3

13. El refrigerador conforme a lo expuesto en la reivindicación 12, **caracterizado** porque la proporción del espacio k entre los puertos de entrada de canal respecto a la anchura de canal b oscila entre 1,1 y 3.

14. El refrigerador conforme a lo expuesto en las reivindicaciones 12 y 13, **caracterizado** porque la proporción del espacio k entre los puertos de entrada de canal respecto a la anchura de canal b oscila entre 1,2 y 1,8.

15. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones de 12 a 14, **caracterizado** porque la longitud E oscila entre 100 y 2.000 μm .

16. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones de 12 a 15, **caracterizado** porque la longitud E oscila entre 200 y 400 μm .

17. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la anchura de canal b , la profundidad de canal t , el espacio de canal s , el grosor de lámina residual r y el grosor de placa de base g se optimizan de tal modo que una resistencia térmica $R_{\text{th,c}}$ de la placa de base (5) del refrigerador (3) es inferior o igual a 0,05 K/W con una pérdida de presión de 130 mbares.

18. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la anchura de canal b , la profundidad de canal t , el espacio de canal s , el grosor de lámina residual r y el grosor de placa de base g se optimizan de tal modo que una resistencia térmica $R_{\text{th,c}}$ de la placa de base se minimiza a una pérdida de presión determinada.

19. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la anchura de canal b , la profundidad de canal t , el espacio de canal s , el grosor de lámina residual r y el grosor de placa de base g se fijan de tal modo que se alcanza una proporción de la capacidad de refrigeración del refrigerador (3) respecto al volumen del refrigerador (3) de por lo menos 10 W/cm³.

20. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la anchura de canal b , la profundidad de canal t , el espacio de canal s , el grosor de lámina residual r y el grosor de placa de base g se fijan de tal modo que se alcanza una capacidad de refrigeración por volumen del refrigerador (3) y una diferencia ΔT entre una temperatura media del refrigerante en el refrigerador (3) y la temperatura de la superficie de contacto térmico (6) de por lo menos 1 W/(cm³ K).

21. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la anchura de canal b , la profundidad de canal t , el espacio de canal s , el grosor de lámina residual r y el grosor de placa de base g se ajustan de tal modo que se alcanza una capacidad de refrigeración específica con pérdida de presión estándar de por lo menos 0,1 W/(cm³·K·l/min).

22. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la anchura de canal b , la profundidad de canal t , el espacio de canal s , el grosor de lámina residual r y el grosor de placa de base g se ajustan de tal modo que se alcanza una capacidad de transferencia de calor de 200 vatios/cm² con una diferencia entre las temperaturas de la superficie de contacto térmico (6) y el refrigerante que fluye en el refrigerador (3), sin exceder los 10 K, con un caudal para el refrigerante que pasa por el refrigerador (3) de 1,2 l/min y con una pérdida de presión que no excede los 150 mbares.

23. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque una proporción de la anchura de canal b respecto al espacio s de los canales (2) oscila entre 1,5:1 y 2,5:1.

24. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque una proporción de la anchura de canal b respecto al grosor de lámina residual r oscila entre 2:1 y 5:1.

25. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la anchura b de los canales (2) oscila entre 200 y 300 μm .

26. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la profundidad t de los canales (2) oscila entre 50 y 120 μm .

27. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el espacio medio s entre los canales (2) oscila entre 150 y 300 μm .

28. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el grosor de lámina residual r oscila entre 50 y 120 μm .

29. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el grosor g de la placa de base (5) oscila entre 300 y 500 μm .

30. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los canales (2) de las láminas de metal (1) forman una superficie de intercambio de calor mayor que la superficie de contacto térmico (6).

ES 2 306 434 T3

31. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los canales (2) de las láminas de metal (1) discurren prácticamente paralelos entre sí.

5 32. El refrigerador conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en el lado de la placa de base (5) y encarada hacia el elemento (4) que debe refrigerarse está provisto de un drenaje para una capa intermedia termoconductiva (7) interpuesta entre el refrigerador (3) y el elemento (4) que debe refrigerarse.

10 33. Uso del refrigerador microestructurado (3) conforme a lo expuesto en cualquiera de las reivindicaciones anteriores para la refrigeración de componentes electrónicos (4).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

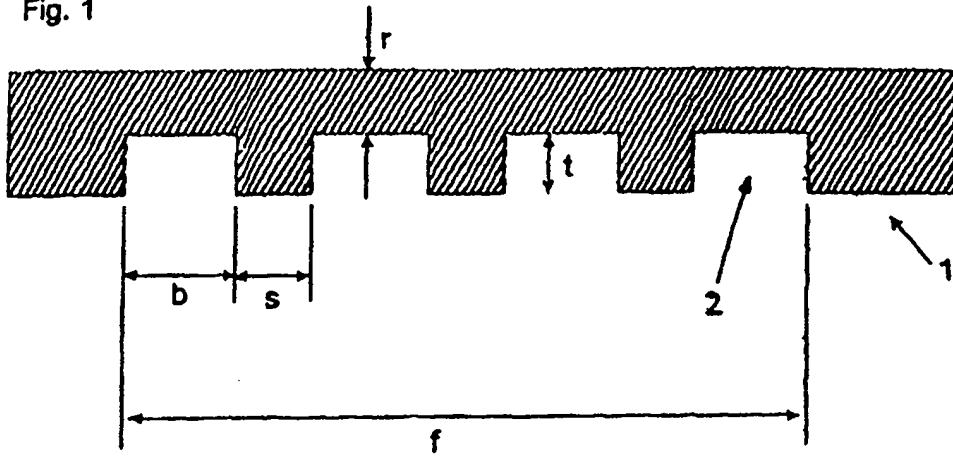
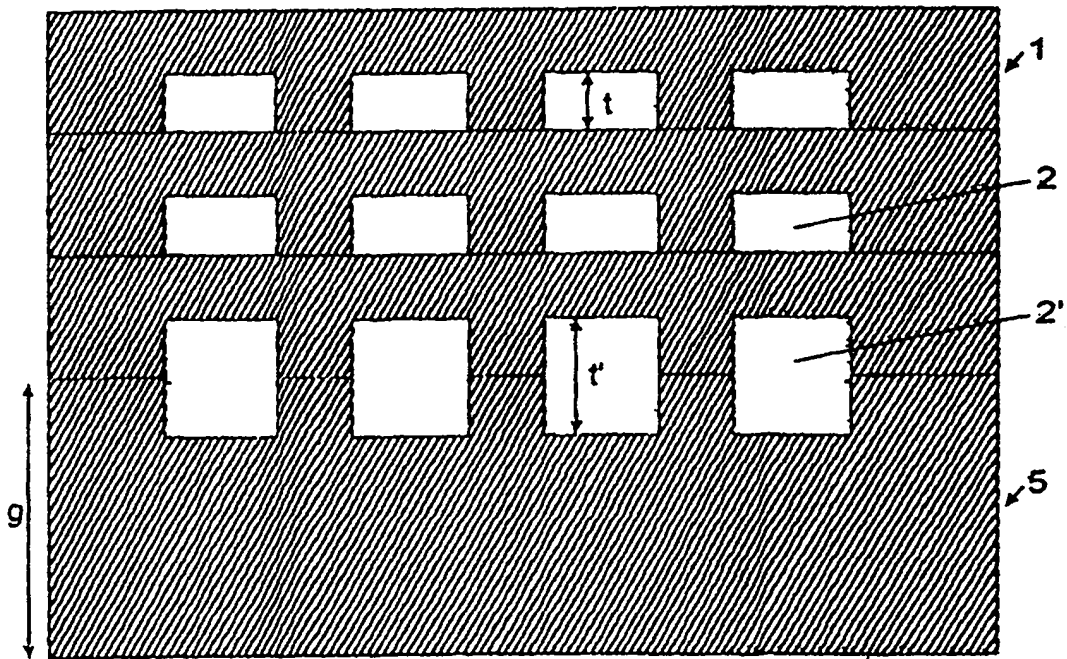


Fig. 1 a



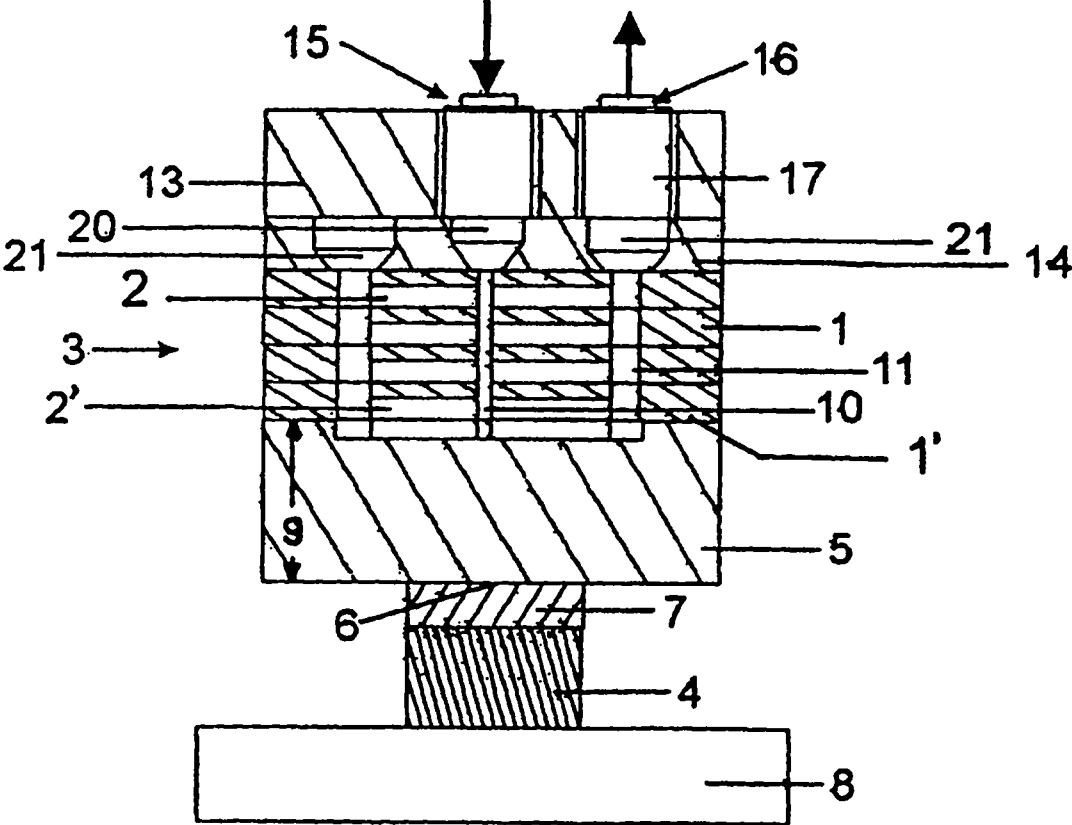


Fig. 2

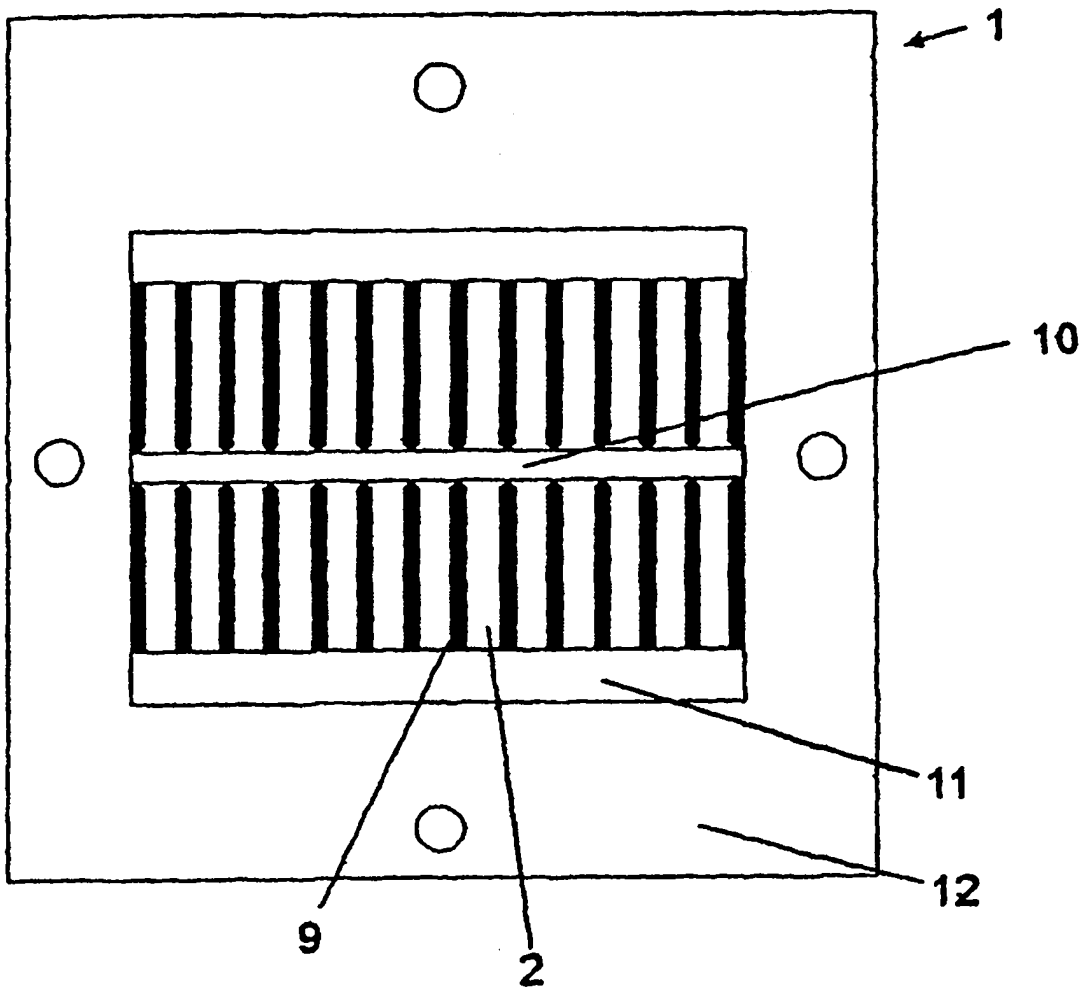


Fig 3.a

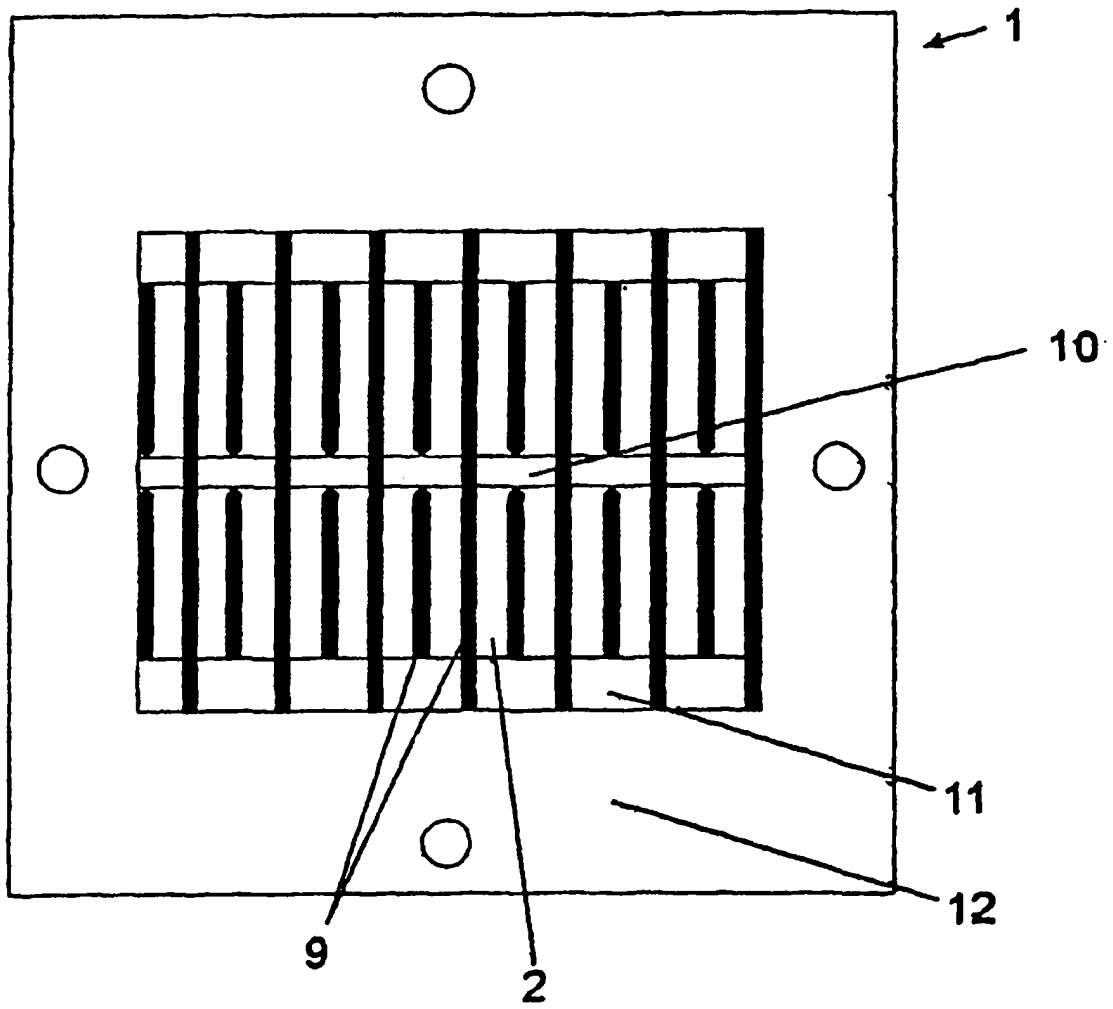


Fig. 3 b

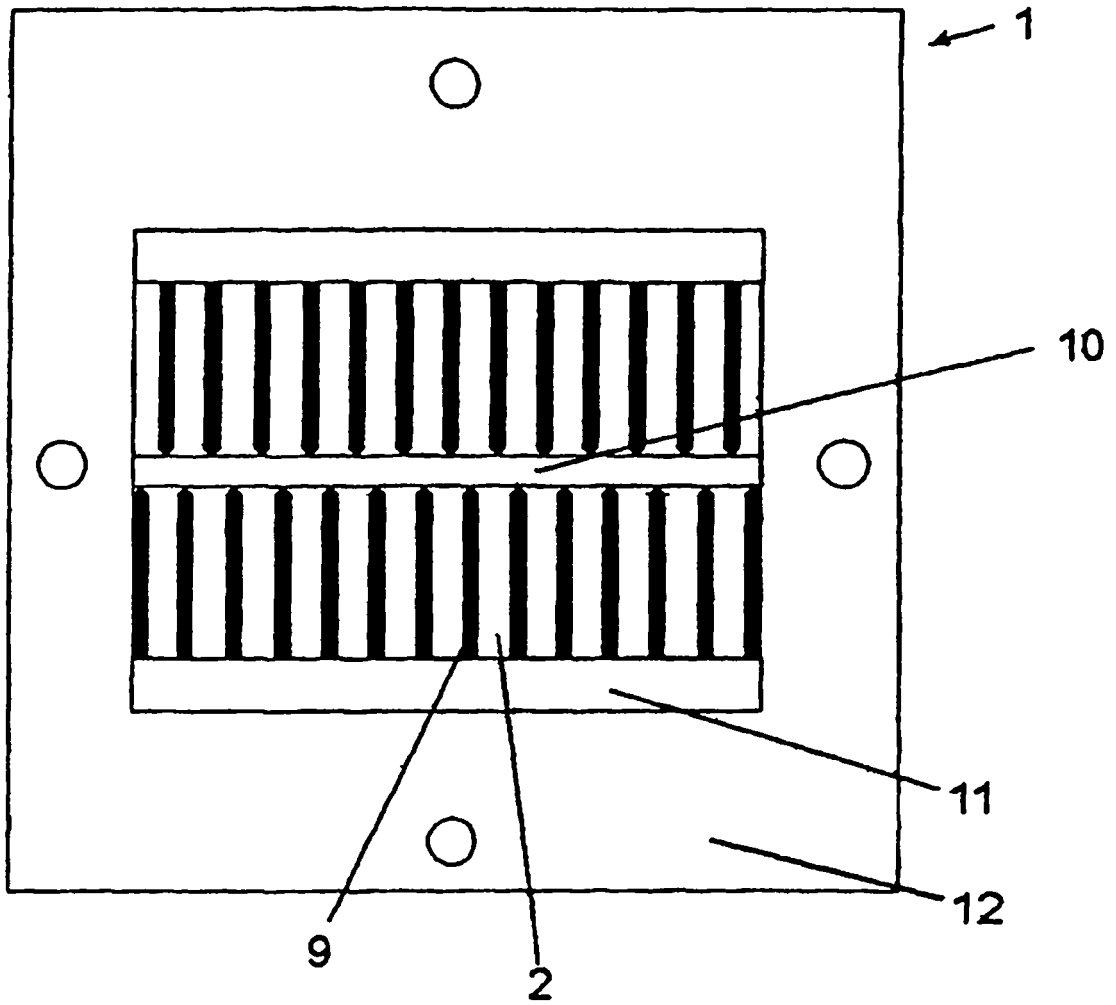


Fig 3 c

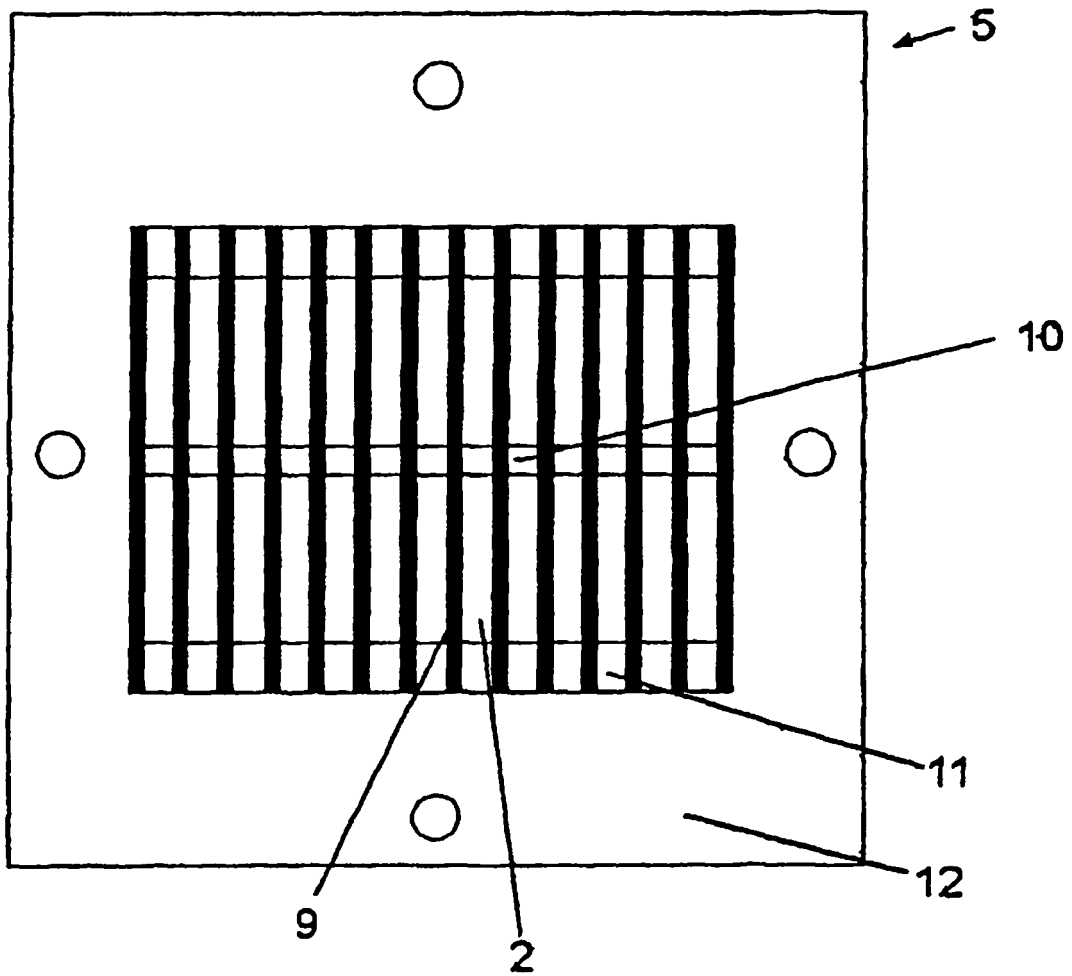


Fig 3.d

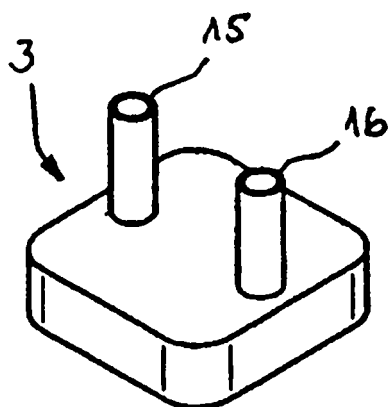


Fig. 4 a

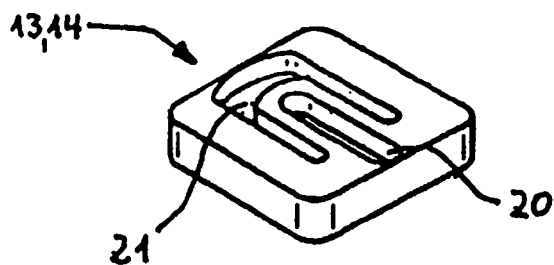


Fig. 4 b

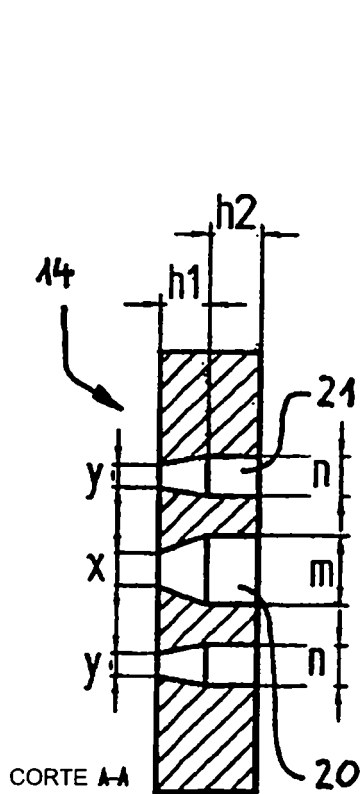


Fig. 4 c

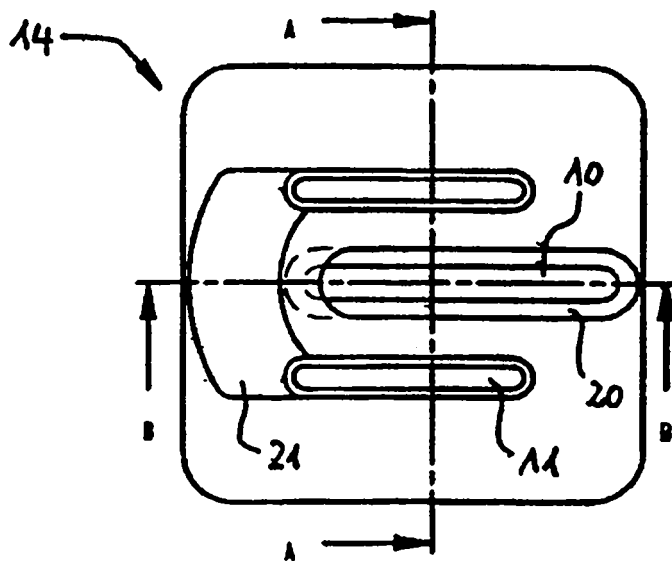


Fig. 4 d

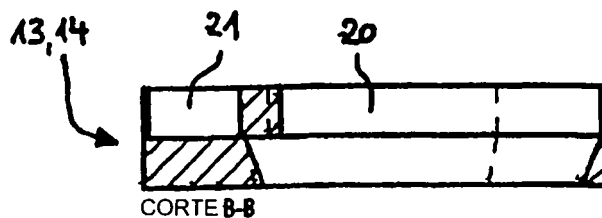


Fig. 4 e

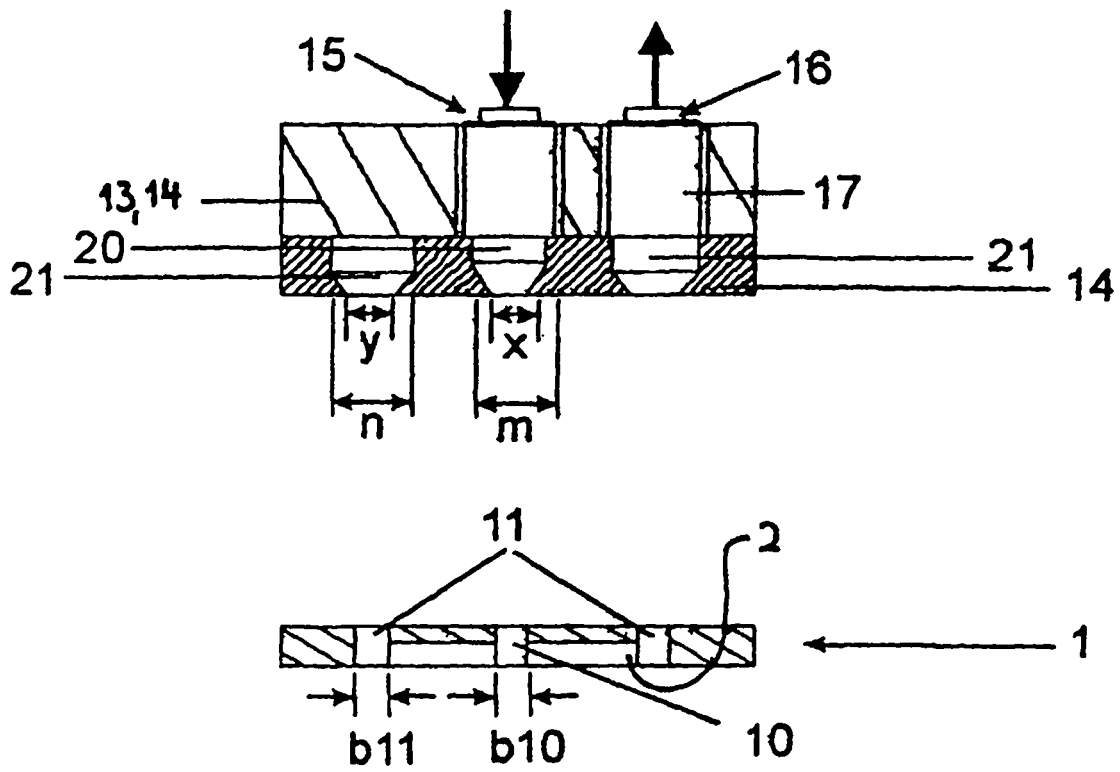


Fig. 5

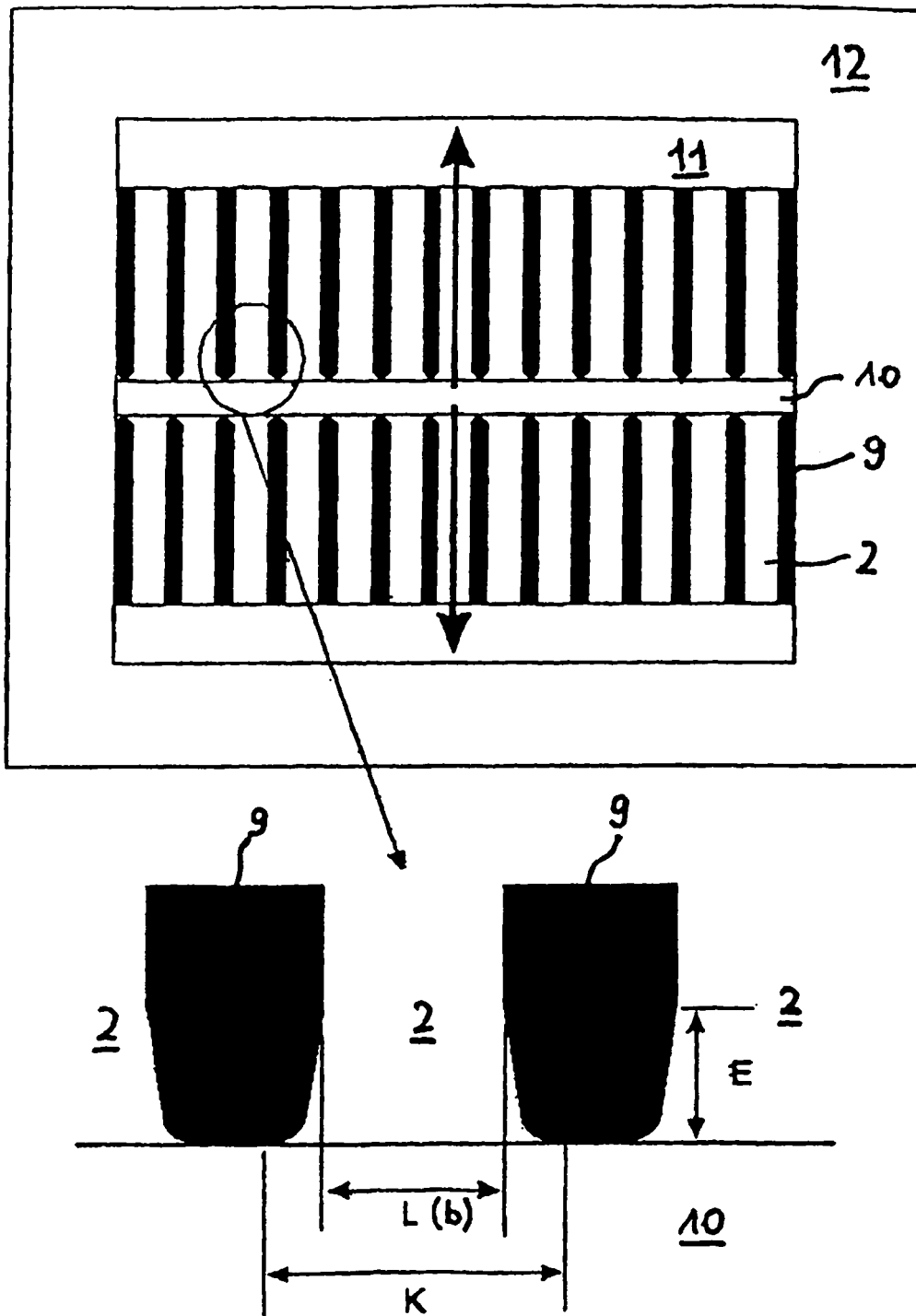


Fig. 6

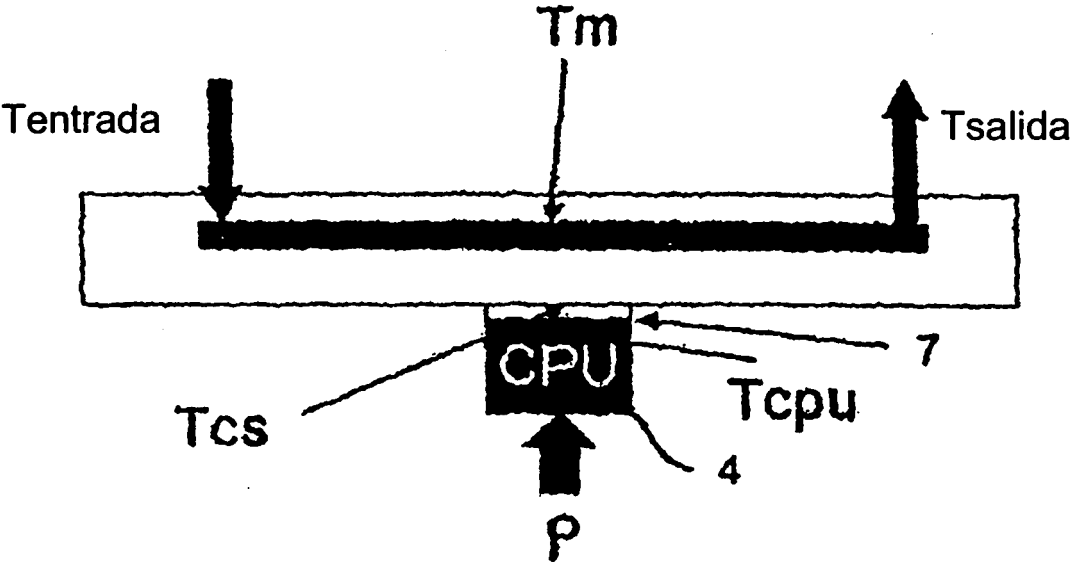


Fig. 7

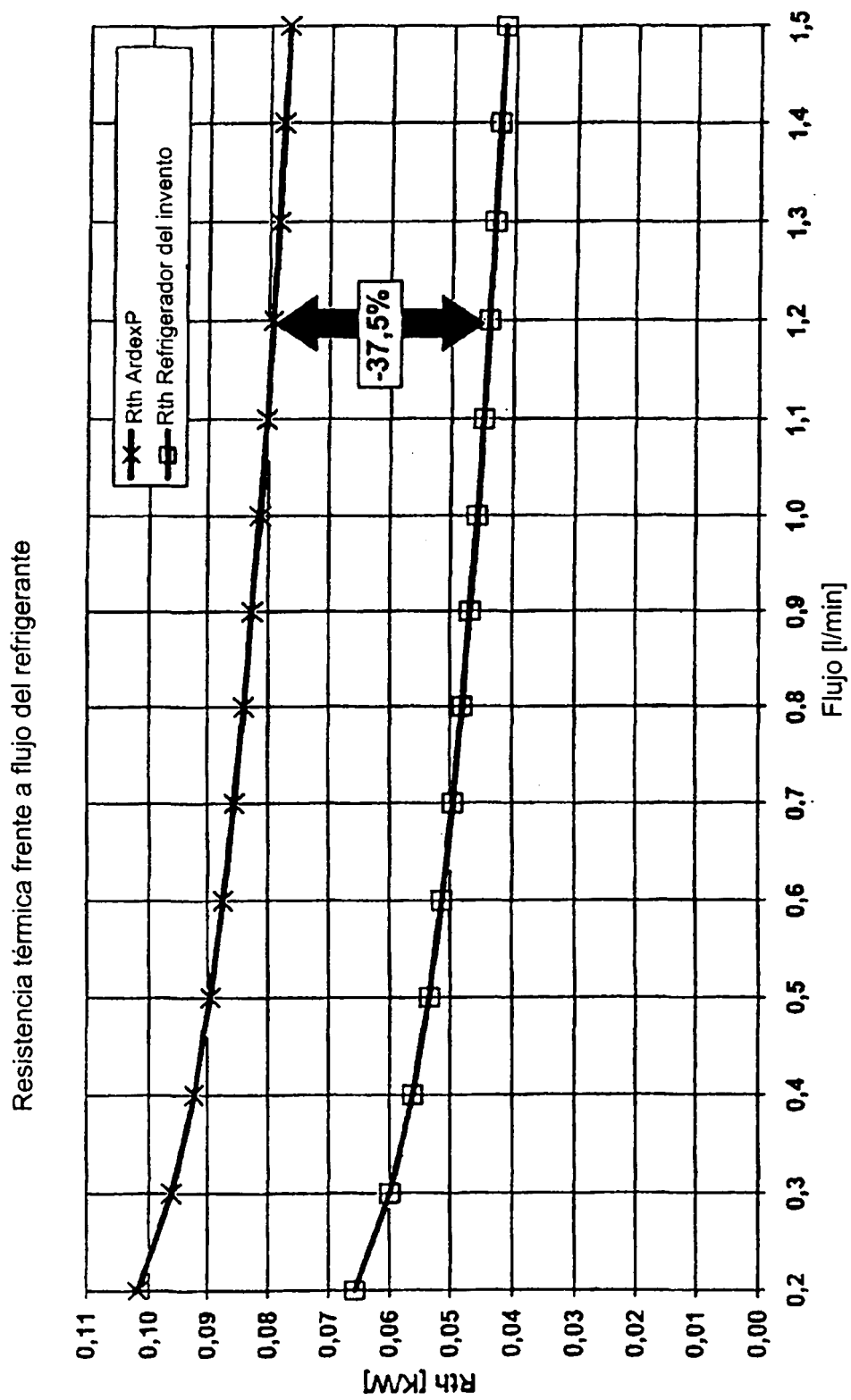


Fig. 8

Resistencia térmica frente a flujo de refrigerante

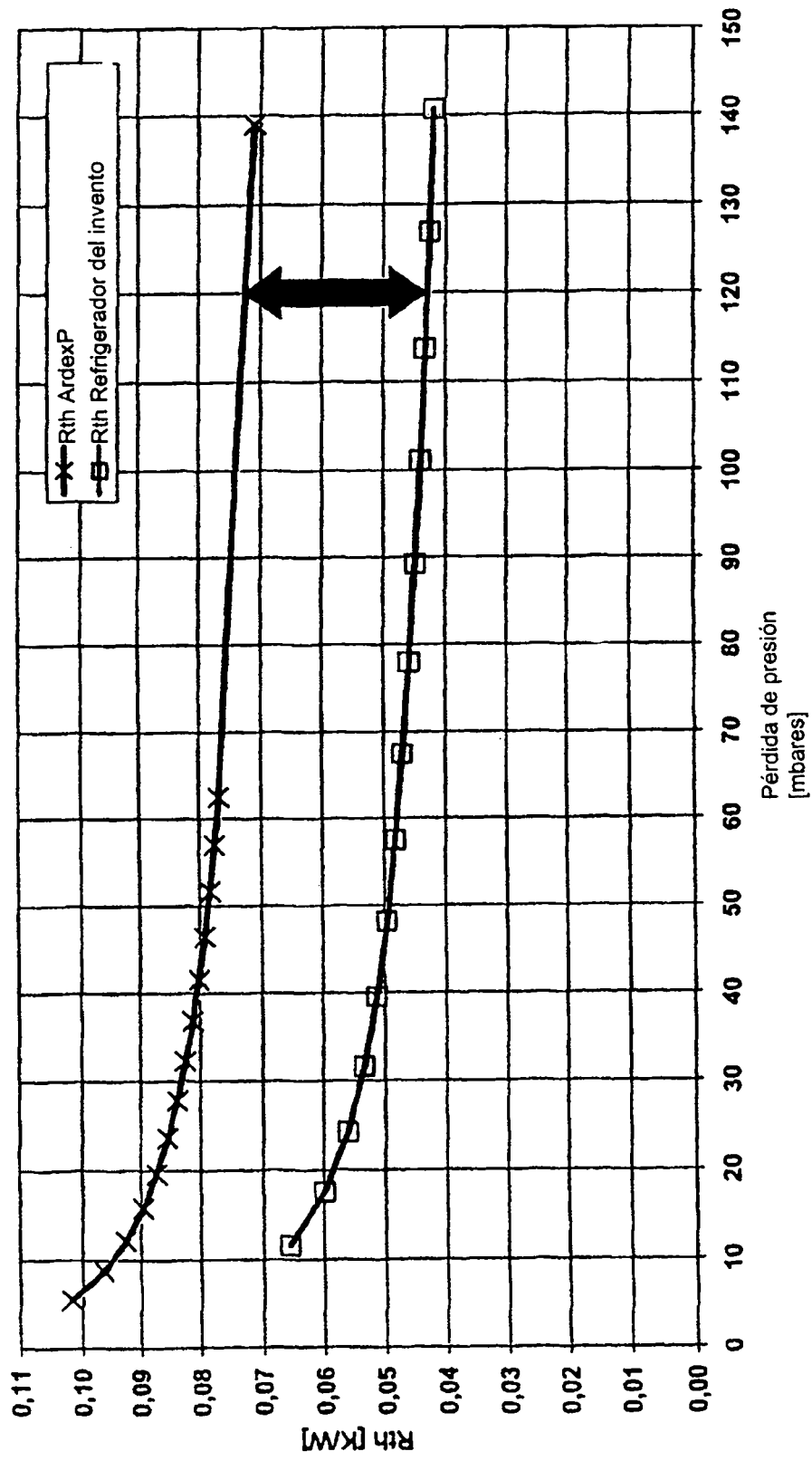


Fig. 9