

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 905**

51 Int. Cl.:

**F28D 15/02** (2006.01)

**F21V 29/00** (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2017** **E 17305564 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019** **EP 3246648**

54 Título: **Dispositivo de enfriamiento con tubo de calor pulsado**

30 Prioridad:

**17.05.2016 FR 1654384**

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

**24.04.2020**

73 Titular/es:

**EUROPHANE SAS (100.0%)  
Route de la Paix  
27700 Les Andelys, FR**

72 Inventor/es:

**FOUROT, JÉRÔME**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 755 905 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**

Dispositivo de enfriamiento con tubo de calor pulsado

**5 Campo técnico de la invención**

La presente solicitud se refiere a un dispositivo de enfriamiento pasivo adecuado para enfriar una fuente de calor que comprende unos componentes electrónicos y/o eléctricos. Para ello, el dispositivo utiliza un tubo de calor oscilante en el que un fluido de transferencia de calor puede circular de manera pulsada bajo el efecto del calor.

10

**Estado de la técnica**

Se conoce por el estado de la técnica el empleo de dispositivos de enfriamiento que utilizan un tubo de calor oscilante para enfriar una fuente de calor.

15

El documento FR3007122A1 describe un ejemplo de este tipo. Según este ejemplo, un sistema de enfriamiento 12 se emplea para enfriar un circuito electrónico equipado con diodos electroluminiscentes. Más precisamente, como se representa en la figura 1, el sistema de enfriamiento comprende un tubo de calor oscilante 11 que incluye un tubo en el que circula un fluido de transferencia de calor de manera pulsada. El tubo es un tubo extruido multipuerto que comprende unos canales paralelos entre sí y apilados según una dirección normal a un elemento de conducción térmica 13 interpuesto entre el tubo y el circuito electrónico. El tubo presenta la forma general de una cinta que forma un serpentín que se extiende a lo largo del elemento de conducción 13.

20

El tubo de calor oscilante comprende una parte caliente situada por debajo del elemento de conducción 13 y unas partes frías situadas en unas zonas laterales del serpentín, dispuestas a cada lado de la parte caliente. El elemento de conducción térmica 13 transmite el calor producido por el circuito electrónico en las partes calientes del tubo de calor. El calor es transportado, a continuación, por las oscilaciones del fluido de transferencia de calor hasta las zonas frías. Las zonas frías disipan, entonces, el calor al entorno por un fenómeno de convección con el aire ambiente. Los rendimientos del dispositivo de enfriamiento dependen directamente de este fenómeno de convección.

25

Con el fin de mejorar los rendimientos del dispositivo de enfriamiento, el documento FR3007122A1 propone la utilización de aletas de intercambio térmico 15 colocadas entre las espiras del serpentín que están formadas por el tubo (véase figura 2). Sin embargo, esta solución eficaz tiene los inconvenientes de hacer compleja la fabricación del dispositivo y de aumentar su espacio necesario.

30

Según una solución alternativa, se pueden emplear unos medios de puesta en movimiento del aire ambiente para establecer una convección forzada del aire al nivel de las zonas frías. Esta solución tiene como inconveniente el empleo de ventiladores que consumen energía y, a su vez, producen calor. Además, una avería de un ventilador degrada de manera significativa las capacidades del dispositivo. Ahora bien, la duración de funcionamiento de un diodo electroluminiscente es bastante superior actualmente al tiempo de funcionamiento de un ventilador. Debido a este hecho, es necesario efectuar unos controles regulares de su buen funcionamiento, con el fin de asegurar que la fuente luminosa se enfríe correctamente para evitar cualquier deterioro de dicha fuente. Es por eso que la utilización de ventilador tampoco es una solución ideal para enfriar un dispositivo de enfriamiento. Por lo tanto, las soluciones propuestas actualmente no son completamente satisfactorias.

35

Por lo tanto, la presente solicitud tiene como objetivo proponer un dispositivo de enfriamiento que resuelva los inconvenientes mencionados más arriba. En particular, la presente solicitud tiene como objetivo presentar un dispositivo de enfriamiento que comprende un tubo de calor pulsado menos costoso de fabricar, más económico de utilización y más fiable, con un rendimiento incrementado para un mismo volumen dado con respecto al estado de la técnica.

40

45

50

**Descripción de la invención**

Para ello, la presente solicitud propone un dispositivo de enfriamiento adecuado para enfriar una fuente de calor que comprende unos componentes electrónicos y/o eléctricos.

55

El sistema de enfriamiento se caracteriza por que comprende un soporte compuesto por una primera pletina unida a una segunda pletina. La primera pletina incluye dos caras grandes opuestas conectadas entre sí por medio de bordes laterales. La primera pletina incluye al nivel de una primera cara grande al menos una ranura que se extiende entre un primer borde lateral y un segundo borde lateral opuesto, la ranura comprende unas primeras porciones paralelas o sustancialmente paralelas al primer borde lateral empalmadas por unas segundas. La ranura está recubierta por la segunda pletina para formar un tubo de calor oscilante en el que circula un fluido de transferencia de calor con cambio de estado. El soporte está curvado de manera que forma al menos un conducto que se extiende del primer borde lateral hasta el segundo borde lateral opuesto y al menos un conducto está parcialmente obturado por una placa en contacto con el primer borde lateral para permitir un transcurso natural del aire ambiente en el o los conductos formados por el soporte.

60

65

El tubo de calor oscilante está, por lo tanto, delimitado por la primera y la segunda pletina y no por un tubo, tal como se describe por el documento FR3007122A1. Esta diferencia permite que el calor transportado por el fluido de transferencia de calor se difunda en el interior de las dos pletinas hasta las dos caras grandes opuestas del soporte.

5 Este fenómeno de difusión permite distribuir el calor al nivel de todas las caras del soporte para aumentar de forma ventajosa la superficie de intercambio térmico entre el dispositivo de enfriamiento y el aire ambiente, sin que sea necesario para esto utilizar unas aletas de intercambio térmico. Según otra ventaja, el o los conductos formados por el soporte favorecen un fenómeno de convección natural del aire ambiente a lo largo del soporte, sin que sea necesario para esto utilizar un ventilador. La presente solicitud permite ventajosamente enfriar más eficazmente y más

10 simplemente una fuente de calor de forma más económica, para un mismo volumen de ocupación, con respecto al estado de la técnica.

Preferentemente, al menos un conducto delimitado por el soporte tiene una altura que favorece un movimiento de convección natural del aire ambiente en el conducto. Por el término "altura", se entiende una distancia según un eje normal a la placa que obtura un conducto. Para ello, la altura de un conducto se elige de modo que el diferencial de presión entre el interior y el exterior del conducto sea superior al fenómeno de pérdidas de carga experimentado por el aire que transcurre en el conducto. El valor de la altura depende, por lo tanto, de la potencia de la fuente de calor y de la temperatura ambiente. Según un modo de realización de la invención, el primer borde y el segundo borde lateral de la primera pletina están desviados por una distancia comprendida entre 1 mm y 500 mm, preferentemente entre

15 10 mm y 500 mm. Los rangos de valores mencionados más arriba están particularmente adaptados para enfriar una fuente de calor cuya potencia está comprendida entre 10 W y 300 W, cuando la temperatura ambiente es inferior a 90 °C. El experto en la materia podrá adaptar sencillamente la altura del conducto en función de otros rangos de valores deseados de forma empírica.

El fenómeno de pérdidas de carga mencionado más arriba depende, igualmente, de la distancia entre dos espiras adyacentes delimitadas por el soporte, es decir, del ancho del conducto formado por dichas espiras. Por el término "ancho", se entiende una distancia según un eje normal a la altura del conducto. Con el fin de minimizar este fenómeno y tener un dispositivo compacto, se opta por un compromiso entre el ancho del conducto y el ancho del dispositivo de enfriamiento. A título de ejemplo, la distancia entre dos espiras adyacentes puede estar comprendida entre 1 mm y

25 300 mm. Por supuesto, el valor de esta distancia puede variar, igualmente, en función de la potencia de la fuente de calor, de la temperatura ambiente y de la compacidad deseada del dispositivo.

Con el fin de favorecer una disipación del calor sobre todo el ancho del dispositivo de enfriamiento, la longitud total de las primeras porciones es superior a la longitud total de las segundas porciones.

35

Preferentemente, el desvío entre dos primeras porciones adyacentes de una ranura se elige de manera que permite una difusión homogénea del calor al nivel de la superficie que delimita un conducto. De este modo, la superficie del conducto tiende a tener una temperatura sustancialmente homogénea, lo que favorece un caudal más importante de aire en los conductos. Por supuesto, el desvío entre dos primeras porciones adyacentes depende, en concreto, de la cantidad de calor a disipar, de las dimensiones de las ranuras y del coeficiente de conductividad térmica de las pletinas. A título indicativo, el desvío entre dos primeras porciones adyacentes puede estar comprendido entre 1 mm y 50 mm, preferentemente entre 1 mm y 30 mm. El experto en la materia puede considerar otros valores en funciones de los parámetros mencionados más arriba.

40

Según una variante de realización, el desvío entre dos primeras porciones adyacentes puede variar entre la primera cara lateral y la segunda cara lateral, de modo que el tubo de calor oscilante pueda difundir una mayor cantidad de calor al nivel de las partes del soporte que están más alejadas de la placa de conducción térmica. Este modo de realización es particularmente ventajoso cuando el coeficiente de conductividad térmica del soporte es escaso. En otras palabras, los desvíos entre las primeras secciones se pueden adaptar para compensar una difusión limitada del calor en el soporte.

45 50

Según otra variante de realización, la longitud de las segundas porciones es inferior a 30 mm. En otras palabras, las segundas porciones pueden ser más largas que el desvío entre dos primeras porciones adyacentes de manera que forma unas porciones curvas. Preferentemente, las segundas porciones tienen un radio de curvatura que favorece el transcurso del fluido de transferencia de calor en el tubo de calor oscilante. A título de ejemplo, el radio de curvatura puede estar comprendido entre 1 mm y 50 mm, preferentemente entre 5 mm y 25 mm.

55

Con el fin de que los rendimientos del dispositivo de enfriamiento no dependan de su orientación, el diámetro del tubo de calor se elige de modo que las fuerzas capilares que se ejercen sobre el fluido con cambio de fase sean superiores a las fuerzas ejercidas sobre dicho fluido por la gravedad. Por supuesto, el diámetro del tubo de calor depende de las características del fluido de transferencia de calor, por ejemplo, de su viscosidad. A título de ejemplo, el diámetro hidráulico de la sección de paso del tubo de calor puede ser superior a 1 mm y/o inferior a un diámetro equivalente a un número de Eötvös de 4 para el fluido de transferencia de calor elegido.

60

Según otro modo de realización de la invención, la primera pletina incluye al nivel de una segunda cara grande al menos una ranura que se extiende del primer borde lateral al segundo borde lateral opuesto, formando varios codos.

65

La ranura comprende unas primeras porciones paralelas o sustancialmente paralelas a un borde lateral empalmadas por unas segundas porciones. La ranura está recubierta por una tercera pletina para formar un tubo de calor oscilante en el que circula un fluido de transferencia de calor con cambio de estado. Este modo de realización es particularmente ventajoso cuando el coeficiente de conductividad térmica y/o el espesor de la primera pletina no permite que el tubo de calor oscilante caliente de forma homogénea las caras grandes opuestas del soporte.

Según una variante de realización, al nivel de la segunda cara grande, la longitud total de las primeras porciones es inferior a la longitud total de las segundas porciones. Las primeras porciones de la ranura de una cara grande son, entonces, paralelas a un primer borde lateral de la primera pletina, mientras que las primeras porciones de la ranura de la otra cara grande son normales al primer borde de la primera pletina. De este modo, la primera cara grande favorece una disipación del calor producido por la fuente de calor en una dirección paralela o sustancialmente paralela al primer borde lateral de la primera pletina. A la inversa, la segunda cara grande favorece una disipación del calor en una dirección normal o sustancialmente normal a dicho primer borde lateral. Por lo tanto, esta variante favorece la disipación del calor en unas direcciones diferentes sobre cada cara grande de la primera pletina, lo que permite optimizar una distribución más homogénea del calor al nivel de las caras externas del soporte.

Según otro modo de realización, la primera pletina puede incluir varias ranuras distintas para formar al menos un tubo de calor oscilante independiente al nivel de cada conducto formado por el soporte.

Según otra variante de realización, a temperatura ambiente, el fluido de transferencia de calor llena entre un 30 % y un 70 % del volumen del tubo de calor.

Según otro modo de realización, el soporte está curvado para formar un serpentín con espiras paralelas y/o cuadradas y/o circulares, delimitando cada espira un conducto que permite un transcurso del aire ambiente a lo largo del soporte.

Según otro modo de realización, el dispositivo de enfriamiento puede comprender uno o varios medios de puesta en movimiento del aire ambiente para aumentar de forma más o menos puntual el caudal del aire en los conductos. De forma ventajosa, estos medios permiten aumentar de manera episódica, por ejemplo, las capacidades de enfriamiento del dispositivo, con el fin de responder a un pico de calor producido por dicha fuente.

La presente solicitud se refiere, igualmente, a un dispositivo de enfriamiento descrito más arriba, cuya placa está en contacto con una fuente de calor que comprende unos componentes electrónicos y/o eléctricos. Preferentemente, la fuente de calor tiene una potencia térmica comprendida entre 10 W y 300 W.

Por supuesto, las características, diferentes variantes y formas de realización de la invención pueden asociarse unas a las otras según diversas combinaciones, en la medida en que no son incompatibles o exclusivas unas de las otras.

### Descripción de las figuras

Las características de la invención mencionadas más arriba, así como otras, aparecerán más claramente a la lectura de los ejemplos de realización de más abajo, que hacen referencia a los siguientes dibujos adjuntos:

- la figura 1 ilustra un sistema de enfriamiento conocido por el estado de la técnica, que utiliza un tubo de calor oscilante formado por un tubo en el que circula un fluido de transferencia de calor de manera pulsada;
- la figura 2 ilustra una variante del dispositivo de enfriamiento de la figura 1, en la que unas aletas de intercambio térmico están colocadas entre las espiras formadas por el tubo;
- la figura 3 ilustra un primer modo de realización de un dispositivo de enfriamiento según la invención, que comprende un soporte enrollado en forma de serpentín, sobre el que descansa una placa de conducción térmica destinada a estar en contacto con una fuente de calor a enfriar;
- la figura 4 ilustra una vista desde arriba del dispositivo de enfriamiento representado en la figura 3;
- la figura 5 ilustra un corte longitudinal del dispositivo de enfriamiento representado en las figuras 3 y 4;
- la figura 6 ilustra una vista aplanada de una pletina que forma el soporte del dispositivo de enfriamiento representado en las figuras 3 a 5;
- la figura 7 comprende una tabla en la que figuran las características de varios modos de realización de dispositivos de enfriamiento según la invención;
- la figura 8 ilustra otra variante de realización de un dispositivo de enfriamiento según la presente solicitud.

### Descripción detallada de la invención

Para facilitar la comprensión de la invención, las figuras que ilustran diferentes modos de realización de la invención comprenden cada una un sistema de referencia ortogonal con una dirección lateral X, una dirección longitudinal Y perpendicular a la dirección X y una dirección vertical Z perpendicular al plano definido por las direcciones X e Y.

Un primer ejemplo de realización de la invención se ilustra en la figura 3. Más precisamente, la figura 3 presenta un modo de realización de un dispositivo de enfriamiento 200 que comprende un soporte 210 enrollado en forma de serpentín, sobre el que descansa una placa 220 de conducción térmica destinada a estar en contacto con una fuente

de calor 300 a enfriar.

El soporte 210 comprende una primera cara grande 211 y una segunda cara grande 212, ambas dos de superficie plana y conectadas entre sí por medio de bordes laterales, de modo que dichas caras grandes sean paralelas entre sí. El soporte 210 está curvado de manera que forma unas espiras paralelas según la dirección longitudinal Y. Más precisamente, cada espira forma un conducto 213 delimitado alternativamente por la primera cara grande 211 y la segunda cara grande 212. Durante la implementación del dispositivo de enfriamiento según la invención, el conducto 213 forma una chimenea.

Como se ilustra en la figura 4, la placa 220 de conducción térmica es de forma rectangular y está destinada a estar en contacto al nivel de una cara superior 221 con una fuente de calor 300. La placa 220 está fijada al nivel de una cara inferior 222 a un borde lateral superior 214 del soporte 210. La placa tiene como función transmitir el calor producido por la fuente de calor 300 al soporte 210. Debido a este hecho, la placa 220 está sujeta al soporte 210 por soldadura fuerte, soldadura, pegado o cualquier medio equivalente y adaptado a la función buscada.

De este modo, la fuente de calor 300 calienta por medio de la placa 220 las partes del soporte 210 situadas por debajo de la placa. Debido a este hecho, el soporte comprende unas partes denominadas calientes por debajo de la placa 220, en una zona central del serpentín según la dirección longitudinal Y dos partes denominadas frías no recubiertas por la placa que están dispuestas a cada lado de la parte caliente según la dirección lateral X.

La figura 5 muestra, en este momento, un corte longitudinal del soporte 210, en un plano definido por las direcciones Y Z. El soporte comprende una primera pletina 230 y una segunda pletina 240, unidas juntas al nivel de su primera cara grande, respectivamente 231 y 241. La primera pletina incluye al nivel de su primera cara grande 231 una ranura 232 recubierta por la primera cara grande 241 de la segunda pletina, para formar un mismo canal 250.

La figura 6 presenta una vista aplanada de la primera pletina 230, con el fin de facilitar la comprensión para el lector de la disposición de la ranura 232 sobre la primera cara grande 231. La ranura 232 se extiende entre dos bordes laterales opuestos que delimitan la primera cara grande 231. Más precisamente, la ranura se extiende entre un primer borde lateral 233 en contacto con la placa 220 y un segundo borde lateral 234 opuesto. La ranura comprende unas primeras porciones 235 paralelas o sustancialmente paralelas al primer borde lateral 233 conectadas por unas segundas porciones 236. La ranura 232 presenta, de este modo, una configuración en serpentín. Preferentemente, la longitud total de las primeras porciones es superior a la longitud total de las segundas porciones. En el presente caso, las segundas porciones forman unos codos, pero también podrían presentar una parte rectilínea normal a las primeras porciones.

Como recordatorio, la presente solicitud propone un dispositivo de enfriamiento que comprende un tubo de calor pulsado, menos costoso de realizar, más económico de utilización y con más rendimiento, para un mismo volumen dado, con respecto al estado de la técnica.

Un dispositivo de enfriamiento según la invención es más económico de utilización, ya que prioriza un enfriamiento del soporte 210 por un fenómeno de convección natural del aire ambiente a lo largo del soporte. Para ello, la altura "A" del soporte 210, definida según la dirección vertical Z y representada en la figura 5, se elige de modo que el diferencial de presión entre el aire ambiente que se encuentra en la proximidad del soporte y el aire que transcurre en los conductos 213 sea superior al fenómeno de pérdidas de carga experimentado por el aire que transcurre en los conductos 213. De este modo, la altura "A" del soporte 210 está determinada a partir de la siguiente ecuación 1:

$$DP_{estática} = 0,5(\rho_{entrada} - \rho_{salida}) \cdot g \cdot A > DP_{fricción} \quad \text{Ecuación 1}$$

donde,

- $DP_{estática}$  corresponde a la diferencia de presión del aire ambiente al nivel del primer borde lateral 233 y al nivel del borde lateral 234 opuesto de la primera pletina;
- $\rho_{entrada}$  corresponde a la masa volumétrica del aire en la entrada de los conductos 213;
- $\rho_{salida}$  corresponde a la masa volumétrica del aire en la salida de los conductos 213;
- $g$  corresponde al campo de gravitación;
- $A$  corresponde a la altura del soporte 210;
- $DP_{fricción}$  corresponde al fenómeno de pérdidas de carga experimentado por el aire ambiente que transcurre en los conductos 213.

A partir de la ecuación 1, se puede definir sencillamente una altura "A" para el soporte 210 que sea óptima para enfriar el dispositivo de enfriamiento limitando al mismo tiempo su espacio necesario. La altura "A" puede, por ejemplo, estar comprendida entre 10 mm y 1.000 mm, preferentemente comprendida entre 100 mm y 500 mm, cuando la fuente de calor con una potencia comprendida entre 10 W y 300 W.

A partir del valor de la altura, se puede deducir la longitud total "L" del soporte 210 (representada en la figura 6) de

manera que disipa el calor producido por la fuente de calor 300 al nivel de sus caras grandes 211 y 212. A título de ejemplo, la longitud total del soporte 210 se elige de modo que la superficie de su primera cara grande 211 y de su segunda cara grande 212 esté comprendida entre 90 mm y 4.000 mm, es preferentemente igual o inferior a 1.350 mm, cuando la fuente de calor con una potencia comprendida entre 10 W y 300 W.

5 Por supuesto, los valores mencionados más arriba dependen de parámetros exteriores, como, por ejemplo, de la potencia de la fuente de calor y de la temperatura ambiente, pero también de los parámetros intrínsecos al dispositivo, como, por ejemplo, de su coeficiente de conductividad térmica. Debido a este hecho, la invención no se limita a los rangos de valores mencionados más arriba.

10 Con el fin de optimizar el fenómeno de transcurso natural del aire ambiente en los conductos 213 o chimeneas, se adapta la desviación entre las espiras formadas por el soporte 210 en función de las condiciones de funcionamiento del dispositivo de enfriamiento. Por el término desviación, se entiende la distancia "B" tal como se ilustra en la figura 5, que separa dos caras del soporte 210 frente por frente. La desviación óptima "B" se define por las siguientes ecuaciones 2 y 3:

$$B_{\text{óptima}} = 2,71 \left( \frac{Ra}{B^3 A} \right)^{-\frac{1}{4}} \quad \text{Ecuación 2}$$

con,

$$Ra = g \frac{\beta}{\nu \alpha} (T_s - T_a) B^3 \quad \text{Ecuación 3}$$

donde,

- 25 -  $Ra$  corresponde al número de Rayleigh;
- $A$  corresponde a la altura del soporte 210;
- $\beta$  corresponde al coeficiente de expansión térmica del aire presente en los conductos 213;
- $T_s$  corresponde a la temperatura del soporte;
- $T_a$  corresponde a la temperatura ambiente;
- 30 -  $\nu$  corresponde a la viscosidad cinemática del aire ambiente;
- $\alpha$  corresponde al coeficiente de difusividad térmica del aire en los conductos 213.

De este modo, a partir de las ecuaciones 2 y 3, se puede definir fácilmente una distancia "B" óptima entre las caras que delimitan cada espira, de modo que un flujo de aire suficiente pasa a través de los conductos 213 para enfriar el soporte 210. Por supuesto, la distancia "B" depende de la temperatura ambiente y de la potencia de la fuente de calor a enfriar. La distancia "B" puede, por ejemplo, estar comprendida entre 1 mm y 300 mm, preferentemente entre 5 mm y 100 mm, cuando la fuente de calor con una potencia comprendida entre 10 W y 300 W.

40 Como se ilustra en la figura 4, la placa 220 de conducción térmica recubre parcialmente cada conducto 213, con el fin de permitir una evacuación del aire presente en los conductos 213. Cada conducto con una longitud "C" según la dirección lateral X superior a la longitud "C'" de la placa 220. La relación entre las longitudes "C" y "C'" puede ser superior a 0,02, preferentemente comprendida entre 0,03 y 0,5. En otras palabras, la placa puede recubrir menos de un 50 % de la superficie de cada conducto 213, preferentemente recubrir entre un 10 % y un 40 % de su superficie.

45 La placa 220 de conducción térmica transmite el calor producido por la fuente de calor 300 al soporte 210. Con el fin de favorecer una distribución homogénea del calor en el soporte 210, este comprende un canal 250 delimitado por la primera pletina 230 y la segunda pletina 240. Más precisamente, el canal 250 con una sección rectangular como se ilustra en la figura 5, sin embargo, la sección del canal puede tener otras formas, aunque menos favorable para un transcurso de un líquido en el canal, de tipo circular, ovalado o triangular.

50 Con el fin de permitir un funcionamiento óptimo del dispositivo de enfriamiento 200 sea la que sea su orientación, el diámetro hidráulico del canal 250 se elige de modo que las fuerzas capilares que se ejercen sobre un fluido presente en dicho canal, dominan con respecto a las fuerzas de gravedad. Preferentemente, el diámetro hidráulico del canal se elige para que el canal 250 se caracterice por un número de Eotvos como máximo igual a 4. A título de ejemplo, el diámetro hidráulico del canal 250 puede ser inferior a 3 mm, preferentemente comprendido entre 500  $\mu\text{m}$  y 2 mm.

60 Como se ilustra en la figura 6, el canal 250 incluye unas primeras porciones 235 paralelas o sustancialmente paralelas al primer borde lateral 233 de la primera pletina 230. La distancia entre dos primeras porciones adyacentes se elige de manera que favorece una difusión homogénea del calor producido por la fuente de calor 300 al nivel de las caras grandes 211 y 212 del soporte. Dicho de otro modo, la distancia entre dos primeras porciones se elige de manera que minimiza la no isothermalidad o, en otras palabras, garantizar una temperatura uniforme entre las primeras porciones. Más precisamente, el valor de esta distancia se elige de modo que el gradiente de temperatura entre dos primeras porciones 235 adyacentes no excede de 5 K. El valor de esta distancia "T" está según el presente ejemplo,

comprendido entre 10 mm y 150 mm, preferentemente comprendido entre 50 mm y 120 mm.

La longitud total del canal 250 se elige de manera que disipa suficientemente el calor producido por la fuente de calor 300 al nivel del soporte 210. Por supuesto, esta longitud total depende de parámetros exteriores, como, por ejemplo, de la potencia de la fuente de calor y de la temperatura ambiente, pero también de los parámetros intrínsecos al dispositivo, como, por ejemplo, de su superficie, del número de conductos formados y de su coeficiente de conductividad térmica. A título de ejemplo, la longitud total del canal 250 puede estar comprendida entre 180 mm y 4.000 mm, preferentemente es igual o inferior a 300 mm.

El canal 250 contiene un fluido de transferencia de calor 251 con cambio de estado, con el fin de formar un tubo de calor oscilante 252, también conocido bajo la denominación de "tubo de calor pulsado" o bajo el acrónimo "PHP" para "pulsating heat pipe" ("tubo de calor pulsado") en terminología inglesa. El canal 250 está parcialmente lleno de fluido de transferencia de calor que naturalmente toma la forma de una sucesión de burbujas de vapor y de tapones de líquido cuando se calienta. El fluido de transferencia de calor 251 es, según el presente ejemplo, acetona, que llena un 50 % del volumen del canal a temperatura ambiente, es decir, a una temperatura del orden de 20 °C.

Esta separación de fases resulta principalmente de las fuerzas de tensión superficial. Cuando el tubo de calor oscilante 252 se calienta en una parte caliente y se enfría en una parte fría, los desvíos de temperatura resultantes generan unas fluctuaciones de presión a la vez temporales y espaciales, ellas mismas asociadas a la generación y al crecimiento de burbujas de vapor en el evaporador y a su implosión en el condensador. Estas fluctuaciones actúan como un sistema de bombeo que permite transportar el líquido y las burbujas de vapor entre las partes calientes y frías. Según el presente ejemplo, las partes calientes del tubo de calor oscilante se sitúan frente por frente a la placa 220.

Con el fin de permitir una difusión homogénea del calor en el soporte 210, las pletinas 230 y 240 están realizadas a partir de un mismo material. Preferentemente, el espesor de las pletinas es lo más fino posible, con el fin de minimizar la cantidad de materia utilizada y permitir un plegado más sencillo del soporte 210 después de que las dos pletinas se unan juntas. Por supuesto, el espesor de la primera pletina es suficiente para permitir el mecanizado del canal 250 en la primera cara grande 231 de la primera pletina 230.

Según una alternativa no representada, se puede realizar un segundo canal en una primera cara grande 241 de la segunda pletina 240, de modo que dichos canales se superponen y forman un mismo canal 250. Esta alternativa permite ventajosamente mecanizar unos canales menos profundos en las pletinas, lo que permite la utilización de pletina de menor espesor.

Preferentemente, las pletinas utilizadas para formar el soporte 210 tienen un coeficiente de conductividad térmica elevado, preferentemente superior a  $150 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , con el fin de disipar rápidamente el calor producido por la fuente de calor 300 en el soporte 210. Según otra ventaja, un soporte caracterizado por un coeficiente de conductividad térmica importante permite espaciar más ampliamente las primeras porciones del canal 250. Debido a este hecho, la longitud total del canal se puede reducir, lo que ofrece un ahorro de tiempo y de coste durante su realización, esto permite, igualmente, utilizar menos fluido de transferencia de calor 251. La pletina es ventajosamente metálica: puede estar constituida preferentemente de aluminio o de una aleación de aluminio o de cobre.

Como se ha mencionado más arriba, un dispositivo de enfriamiento según la invención se caracteriza por varios parámetros descritos más arriba que dependen de la temperatura ambiente, así como la potencia térmica disipada por la fuente de calor 300. La tabla 1 representada en la figura 7 ilustra varios ejemplos de realización de la invención a partir de un dispositivo tal como se ha descrito más arriba. Más precisamente, cada uno de los ejemplos mencionados en la tabla 1 comprende una placa 210 de conducción térmica de aluminio, cuyo espesor es de 3 mm. Por supuesto, la placa está centrada en el medio de los conductos, como se representa en la figura 4. Los dispositivos de enfriamiento descrito en la tabla 1 se caracterizan, igualmente, por un canal 250 de sección cuadrada de 1,5 mm de lado, lleno por un fluido de transferencia de calor de tipo etanol. La primera y la segunda pletina tienen cada una un espesor igual a 1,5 mm. Las otras características técnicas de cada modo de realización se mencionan en la tabla 1. Por supuesto, se pueden considerar otros modos de realización en función de otras potencias de fuente de calor y de otros rangos de temperatura ambiente, de modo que la presente solicitud no se limita a estos ejemplos.

Según una variante de realización, el soporte 210 puede fabricarse ventajosamente por una técnica de impresión en tres dimensiones, preferentemente a partir de uno de los materiales mencionados más arriba. Este modo de fabricación ofrece la ventaja de poder realizar unas formas elaboradas de serpentines sin que sea necesario para esto curvar mecánicamente el soporte 210. Debido a este hecho, este modo de fabricación permite la realización de formas de serpentín más complejas limitando al mismo tiempo el riesgo de daño del soporte 210 durante su conformación.

No obstante, los materiales generalmente utilizados para la impresión en tres dimensiones son unos materiales a base de polímeros sintéticos o artificiales, que se caracterizan por un coeficiente de conductividad térmica escaso que limita, debido a este hecho, la difusión del calor al nivel de las caras grandes del soporte 210. Con el fin de resolver este inconveniente, la figura 8 muestra un modo de realización de un dispositivo de enfriamiento 400 según la invención. Debe observarse que los números que incluyen las mismas decenas designan unos elementos cuyas funciones son

idénticas o similares al dispositivo 200 descrito más arriba.

- Más precisamente, la figura 8 muestra un corte longitudinal del soporte 410, en un plano definido por las direcciones Y y Z. El dispositivo de enfriamiento 400 es similar al dispositivo de enfriamiento 200 descrito más arriba, exceptuado el hecho de que el soporte 410 comprende una segunda ranura 437 sobre la segunda cara grande 438 de la primera pletina 430. La segunda ranura 437 está obturada por una tercera pletina 460 unida a la primera pletina 430. En otras palabras, el soporte 400 comprende un segundo canal 451 presente entre la primera pletina 430 y la tercera pletina 460. El segundo canal permite ventajosamente que el calor producido por la fuente de calor 300 caliente de forma homogénea el soporte 410 cuando su coeficiente de conductividad térmica es escaso. La forma del segundo canal 451 es preferentemente idéntica al del primer canal 450. No obstante, su forma, así como su disposición pueden ser diferentes o complementarias. Preferentemente, las pletinas que recubren las ranuras presentes a cada lado de la primera pletina 430, son de espesor más delgado que el espesor de la primera pletina, con el fin de favorecer la difusión del calor en la superficie del soporte 410.
- 15 Según otra alternativa, la segunda y la tercera pletina pueden fabricarse a partir de materiales cuyo coeficiente de difusión térmica es superior al de la primera pletina. Por ejemplo, la primera pletina 430 puede estar realizada a base de polímeros y las segunda y tercera pletinas a base de metal, tal como el aluminio.
- 20 Con el fin de favorecer una mejor difusión del calor en el dispositivo de enfriamiento, un material de interfaz térmica (grasa térmica, polímero conductor térmico o cualquier solución equivalente) puede interponerse entre uno o varios elementos que componen un dispositivo de enfriamiento descrito más arriba. A título de ejemplo, el material de interfaz térmica puede interponerse entre las dos pletinas 230 y 240 y/o entre la placa 220 y el soporte 210.
- 25 Una fuente de calor 300 mencionada más arriba puede designar al menos uno de los siguientes elementos: un dispositivo de iluminación que comprende unos diodos electroluminiscentes de potencia, un dispositivo fotovoltaico, un circuito electrónico, un componente electrónico de potencia de tipo tiristor o un transistor bipolar de rejilla aislada, una batería, una pila de combustible o cualquier otro sistema de potencia.
- 30 Por supuesto, se pueden considerar otras diversas modificaciones al dispositivo según la invención en el marco de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de enfriamiento (200, 400) adecuado para enfriar una fuente de calor (300) que comprende unos componentes electrónicos y/o eléctricos, **caracterizado por que comprende** un soporte (210, 410) compuesto por una primera pletina (230, 430) unida a una segunda pletina (240, 440), la primera pletina (230, 430) incluye dos caras grandes opuestas conectadas entre sí por medio de bordes laterales, la primera pletina (230, 430) incluye al nivel de una primera cara grande (231, 431) al menos una ranura (232, 432) que se extiende entre un primer borde lateral (233, 433) y un segundo borde lateral (234, 434) opuesto, la ranura comprende unas primeras porciones (235, 435) paralelas o sustancialmente paralelas al primer borde lateral (233, 433) empalmadas por unas segundas porciones (236, 436), la ranura (232, 432) está recubierta por la segunda pletina (240, 440) para formar un tubo de calor oscilante (252, 452) en el que circula un fluido de transferencia de calor (251, 451) con cambio de estado, el soporte (210, 410) está curvado para formar al menos un conducto (213, 413) que se extiende del primer borde lateral (233, 433) hasta el segundo borde lateral (234, 434), al menos un conducto está parcialmente obturado por una placa (220, 420) de conducción térmica en contacto con el primer borde lateral (233, 433) para permitir un transcurso natural del aire ambiente en el o los conductos (213, 413) formados por el soporte (210, 410).
2. Dispositivo de enfriamiento según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** el primer borde lateral (233, 433) y el segundo borde lateral (234, 434) de la primera pletina (210, 410) están desviados por una distancia comprendida entre 1 mm y 500 mm.
3. Dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la distancia entre dos espiras adyacentes está comprendida entre 1 mm y 300 mm.
4. Dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** al nivel de la primera cara grande (231, 241), la longitud total de las primeras porciones (235, 435) es superior a la longitud total de las segundas porciones (236, 436).
5. Dispositivo de enfriamiento según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** el desvío entre dos primeras porciones (235, 435) adyacentes está comprendido entre 1 mm y 50 mm.
6. Dispositivo de enfriamiento según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** el desvío entre dos primeras porciones (235, 435) adyacentes varía entre el primer borde lateral (233, 433) y el segundo borde lateral (23, 434).
7. Dispositivo de enfriamiento según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** la longitud de las segundas porciones es inferior a 30 mm.
8. Dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el diámetro del tubo de calor oscilante (252, 452) se elige de modo que las fuerzas capilares que se ejercen sobre el fluido de transferencia de calor (251, 451) sean superiores a las fuerzas ejercidas por gravedad sobre dicho fluido.
9. Dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la primera pletina (430) incluye al nivel de una segunda cara grande (438) al menos una ranura (437) que se extiende del primer borde lateral (433) al segundo borde lateral (434) opuesto, formando uno o varios codos y **por que** la ranura (437) comprende unas primeras porciones (436) paralelas o sustancialmente paralelas al primer borde lateral (433) empalmadas por unas segundas porciones (437) y **por que** la ranura (437) está recubierta por una tercera pletina (460) para formar un tubo de calor oscilante en el que circula un fluido de transferencia de calor (451) con cambio de estado.
10. Dispositivo de enfriamiento según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** al nivel de la segunda cara grande (438), la longitud total de las primeras porciones (436) es inferior a la longitud total de las segundas porciones (437).
11. Dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, a temperatura ambiente, el fluido de transferencia de calor (251, 451) llena entre un 30 % y un 70 % del volumen del tubo de calor oscilante.
12. Dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el soporte (210, 410) está curvado para formar un serpentín con espiras paralelas y/o cuadradas y/o circulares, delimitando cada espira un conducto (213, 413) que permite un transcurso natural del aire ambiente a lo largo del soporte (210, 410).
13. Dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la placa (220, 420) de conducción térmica está en contacto con una fuente de calor (300) que comprende unos componentes electrónicos y/o eléctricos.
14. Dispositivo de enfriamiento según la reivindicación anterior, **caracterizado por que** la fuente de calor tiene una potencia térmica comprendida entre 10 W y 300 W.

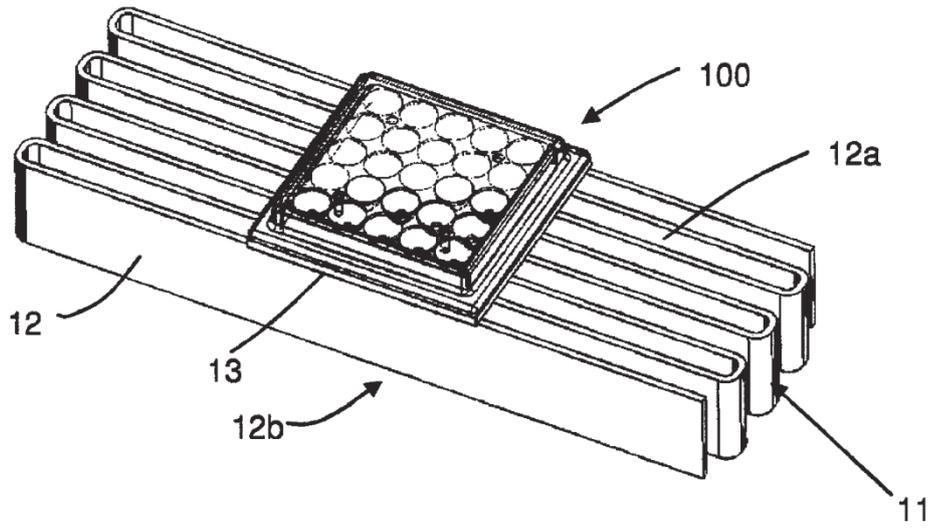


Figura 1

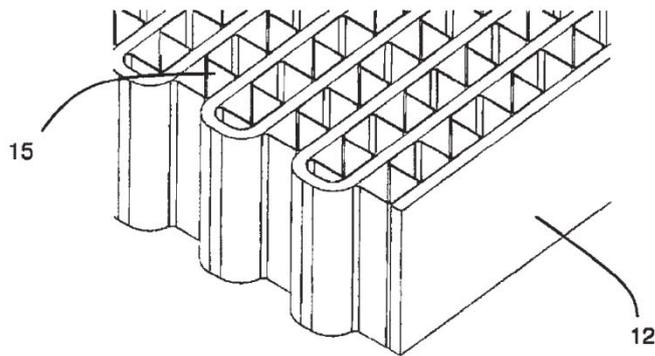


Figura 2

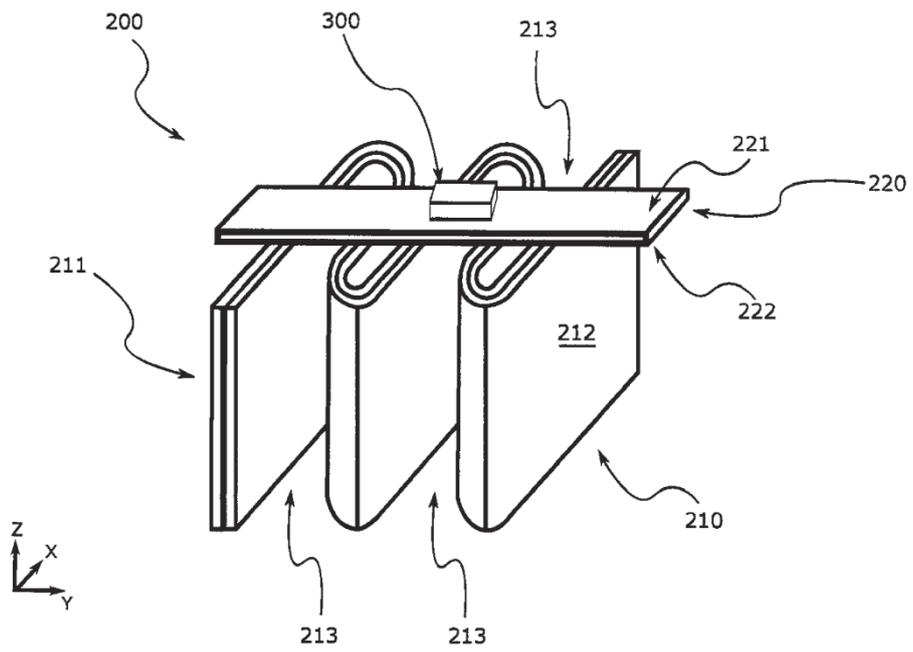


Figura 3

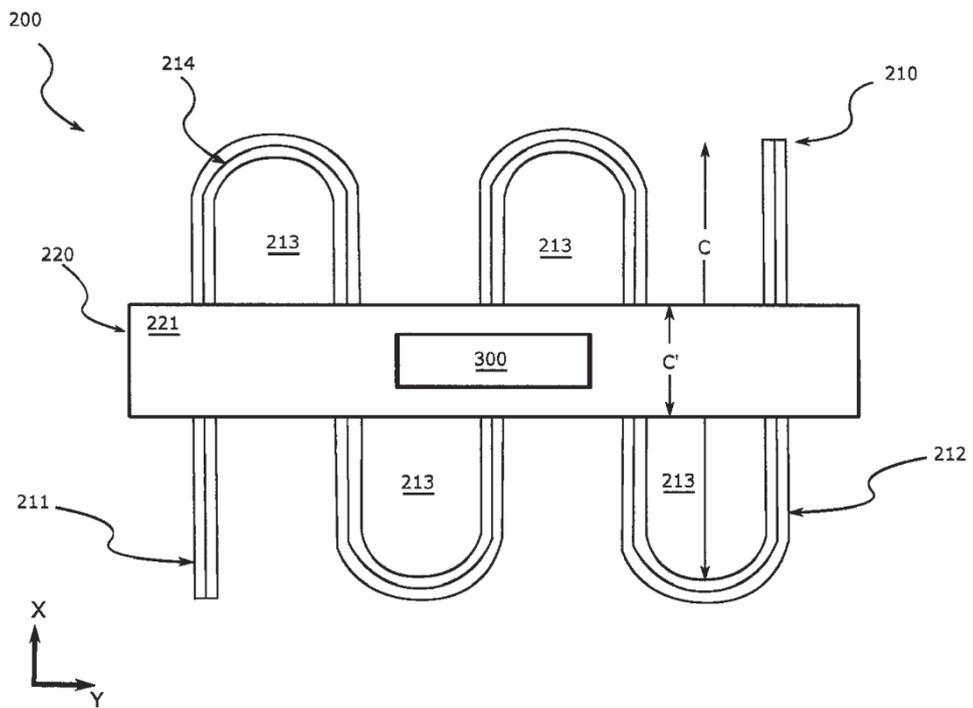


Figura 4

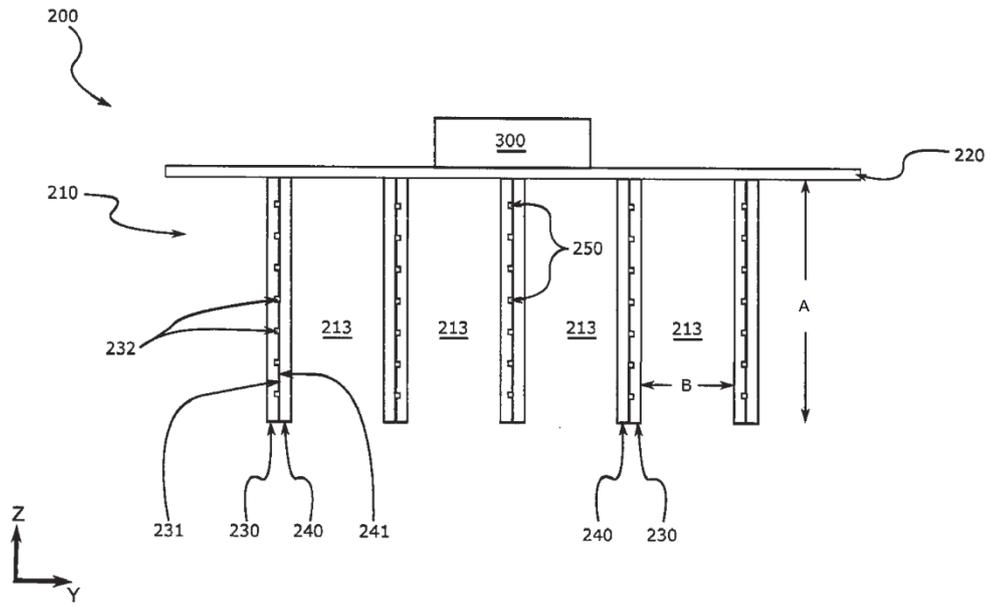


Figura 5

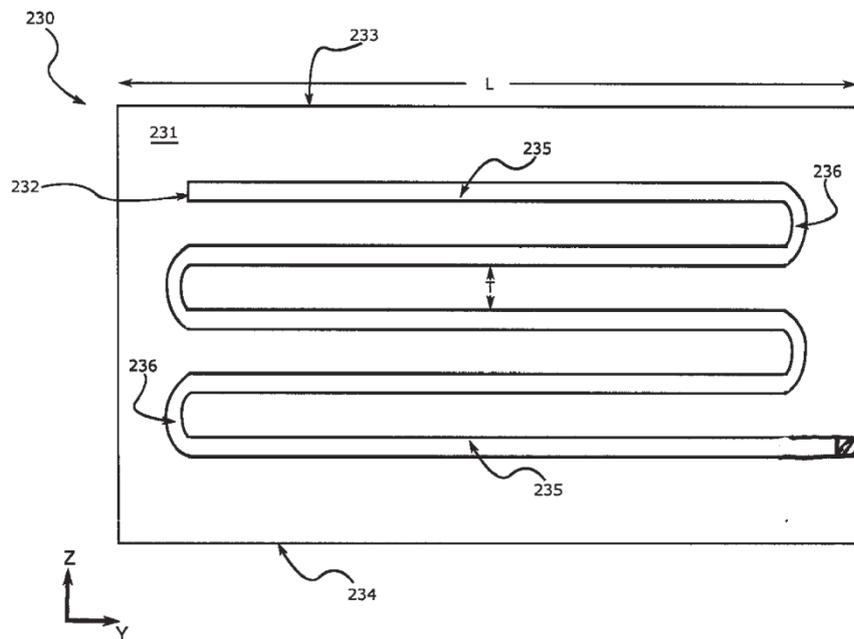


Figura 6

Modo de realización	Temperatura ambiente	Calor producido por la fuente de calor	Desviación entre dos primeras porciones (235) adyacentes	Desviación (B) entre dos espiras	Altura del soporte (210)	Longitud total del soporte (210)	Ancho total del soporte (210)	Número de espiras	Número de primeras porciones (235)
	(°C)	(W)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
1	70	10	90	9	130	70	70	5	2
2	70	300	95	12,5	300	300	300	19	3
3	30	10	55	5	100	30	30	3	2
4	30	300	65	8	300	100	100	18	4

Tabla 1

Figura 7

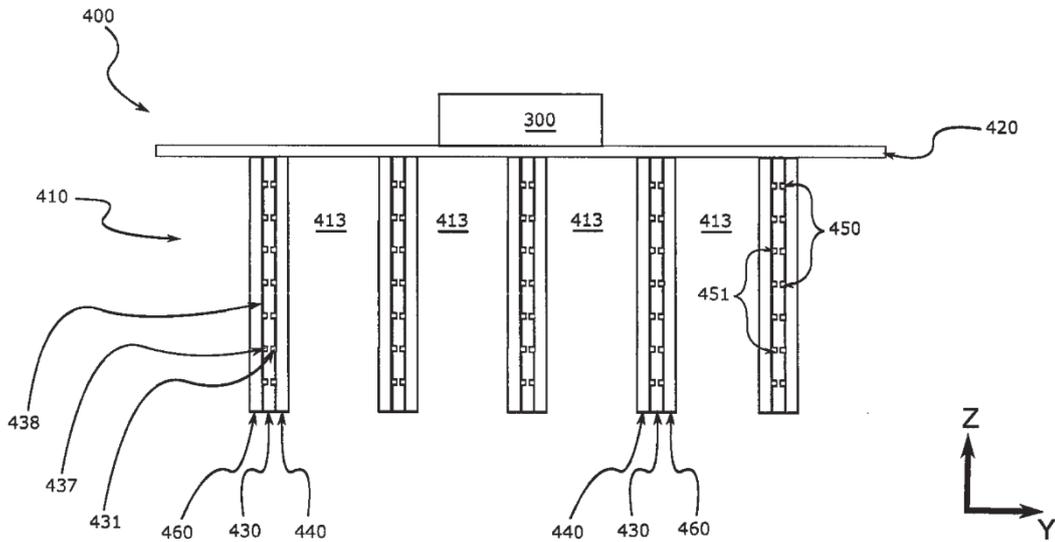


Figura 8