

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 541 756**

(51) Int. Cl.:

F28D 20/02 (2006.01)
H01L 23/427 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2012 E 12702567 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2015 EP 2673586**

(54) Título: **Dispositivo de absorción térmica de material de cambio de fase**

(30) Prioridad:

11.02.2011 FR 1151147

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

24.07.2015

(73) Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

(72) Inventor/es:

GAVILLET, JÉRÔME

(74) Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 541 756 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 absorción térmica de material de cambio de fase

5 Campo técnico y técnica anterior

La presente invención se refiere a un dispositivo de absorción térmica de material de cambio de fase según el preámbulo de la reivindicación 1. Se conoce un dispositivo de este tipo por el documento US 2007/009687A1, particularmente adaptado para la absorción del calor emitido por los sistemas en el campo de la electrónica, de la microelectrónica, de la electrónica de potencia. La invención se refiere también a un procedimiento de realización de un dispositivo de este tipo.

Los componentes electrónicos son fuentes de emisiones múltiples de flujos de calor, pudiendo ser estos alternativamente transitorios y/o estacionarios según su estado de funcionamiento. En determinados casos de operación no controlada, la resultante de estos flujos de calor puede conducir a una desviación de temperatura positiva instantánea y momentánea con respecto a su temperatura nominal de funcionamiento. En determinados casos, esta desviación de temperatura puede conducir a un daño o a una pérdida de rendimiento del componente.

Por consiguiente, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de los componentes electrónicos se requiere una evacuación planificada del calor.

Los flujos de calor presentan picos de amplitudes y períodos variables y frecuencias de aparición diferentes en el transcurso del funcionamiento del sistema electrónico, en función de su uso.

25 Existen dispositivos de tipo radiador que permiten evacuar de manera continua el calor emitido por los componentes, sin embargo no siempre pueden reaccionar cuando se emite un flujo de calor aleatorio. También existen circuitos de circulación de un caloportador en contacto con una cara del componente para extraer el calor por intercambio térmico. Estos circuitos son voluminosos y requieren medios para hacer circular el fluido. Además, al igual que antes, no siempre pueden de absorber una cantidad de calor emitido aleatoriamente. Ahora bien, entonces, es necesario sobredimensionar el circuito para poder absorber estos picos de emisión de flujos de calor.

Además, estos sistemas no pueden responder a una velocidad (o frecuencia) superior a la velocidad de aparición de la desviación de temperatura.

35 También existe un sistema que pone en práctica materiales de cambio de fase, como la parafina, para absorber el calor emitido por un panel fotovoltaico. El sistema se dispone sobre la cara del panel opuesta a la que recibe la radiación solar, y puede comprender aletas perpendiculares a esta cara y un material de cambio de fase dispuesto en los espacios entre las aletas. El calor emitido por el panel se transmite al material de cambio de fase; cuando la temperatura del panel es superior a la temperatura de cambio de fase del material, éste entra en fusión absorbiendo el calor emitido por el panel fotovoltaico.

No obstante, la cantidad de calor absorbida está limitada por la cantidad de material de cambio de fase que se encuentra en contacto con el panel.

45 Además, al presentar los materiales de cambio de fase una mala conductividad térmica, no es factible realizar sistemas que tengan un gran grosor de material de cambio de fase.

Además, un gran grosor de material no ofrece una velocidad de respuesta adaptada a las velocidades de aparición de desviación de temperatura. Además, con el fin de permitir de nuevo que el sistema absorba este calor, debe extraerse el calor almacenado por el material de cambio de fase. Ahora bien, en el caso de un gran grosor de material, esta extracción no es fácil.

Exposición de la invención

55 Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es ofrecer un dispositivo optimizado de absorción de calor que pueda absorber flujos de calor emitidos por una fuente de calor que imponga condiciones transitorias múltiples de operación, pudiendo ser las condiciones transitorias simultáneas o desfasadas en el tiempo.

60 El objetivo planteado anteriormente se consigue mediante un dispositivo que comprende una pluralidad de células apiladas que contienen un material de cambio de fase, comprendiendo la estructura varios tamaños de célula, estando determinados estos tamaños de célula para absorber lo mejor posible los picos según su frecuencia de aparición, estando determinado el número de células en función de la amplitud relativa de los picos.

65 Según la invención, se ponen en práctica una pluralidad de células, cuyo tamaño es un parámetro de ajuste de la cinética del cambio de fase. En efecto, el material de cambio de fase contenido en una célula más grande se funde completamente en un tiempo más prolongado que el contenido en una célula más pequeña. Por consiguiente, para

picos que tengan un corto periodo de vida (frecuencia de régimen transitorio asociada elevada), células de pequeño tamaño absorben eficazmente el calor.

En otras palabras, el sistema se realiza en función de las características de frecuencia del flujo térmico que debe absorberse. Comprende una pluralidad de células compuestas por un conductor térmico y un material de cambio de fase, estando cada una de las zonas particularmente adaptada para absorber picos térmicos de frecuencia dada. Cada tamaño se elige de modo que responda lo mejor posible a las diferentes frecuencias de aparición de los flujos de calor.

De manera particularmente ventajosa, la estructura también comprende trayectorias de conducción térmica preferidas que se extienden en la dirección del flujo de calor de modo que el calor se distribuye de manera uniforme en el interior de la estructura y se permite una absorción del mismo por todas las células. Es posible así hacer que participe una gran cantidad de material de cambio de fase en un determinado grosor para extraer el calor, a pesar de su mala conductividad térmica.

Las células forman una estructura tridimensional.

Preferiblemente, las células están interconectadas, y su factor de llenado es inferior a la unidad, lo que permite que el material de cambio de fase se dilate durante su fusión.

De manera muy ventajosa están formados canales de circulación de un caloportador entre las células con el fin de extraer el calor absorbido por cada una de las células.

La presente invención tiene por tanto como objeto un dispositivo de absorción térmica que comprende una estructura que comprende una pluralidad de células individuales, estando delimitada cada célula por una cubierta de un material que presenta una buena conductividad térmica y que contiene al menos un material de cambio de fase, comprendiendo dicha estructura una primera superficie de extremo destinada a estar en contacto con una superficie que emite un flujo térmico que debe absorberse, estando compuesto dicho flujo térmico por al menos dos eventos térmicos de amplitudes diferentes y de frecuencias diferentes, estando dichas células apiladas unas sobre otras

desde dicha superficie de extremo de modo que la estructura se extiende al menos a lo largo de la dirección del flujo térmico, estando las células en contacto unas con otras por su cubierta, comprendiendo dicha estructura al menos un primer tamaño de célula y un segundo tamaño de célula, siendo la cantidad de material de cambio de fase dentro de cada célula proporcional a su tamaño, en el que el primer tamaño de célula está determinado en función de la frecuencia del primer evento y el segundo tamaño de célula está determinado en función de la frecuencia del segundo evento y en el que la distribución entre el número de células de primer tamaño y el número de células de segundo tamaño está determinado en función de las amplitudes de los eventos primero y segundo. El primer tamaño de célula y el segundo tamaño de célula aumentan cuando la frecuencia del primer evento y la frecuencia del segundo evento disminuyen respectivamente y el número de células de primer tamaño y el número de células de segundo tamaño aumentan cuando la amplitud del primer evento y la amplitud del segundo evento aumentan respectivamente.

Preferiblemente, cuando la frecuencia del segundo evento es inferior a la del primer evento, el segundo tamaño de célula es superior al primer tamaño de célula, y las células de primer tamaño se sitúan en el lado de la primera superficie de extremo.

Ventajosamente, el tamaño de las células crece a lo largo de la dirección del flujo térmico desde la primera superficie de extremo.

De manera particularmente interesante, las células están interconectadas de modo que se permite el paso de los materiales de cambio de fase de una célula a otra. Las células están por tanto preferiblemente interconectadas en la dirección del flujo térmico.

En un modo de realización particularmente ventajoso, el dispositivo de absorción térmica también comprende al menos una trayectoria de conducción térmica preferida que se extiende desde la primera superficie de extremo en la dirección del flujo térmico entre las células. El dispositivo de absorción térmica puede comprender varias trayectorias de conducción preferidas distribuidas uniformemente por la estructura.

Por ejemplo, la al menos una trayectoria de conducción preferida está formada por una porción de material conductor térmico situada entre las células y que se extiende a lo largo de la dirección del flujo térmico. La porción de material conductor térmico es preferiblemente del mismo material que el de las paredes de las células, por ejemplo de cobre o de acero Maraging. La porción de material conductor térmico y las cubiertas de las células en contacto con dicha porción pueden ser una sola pieza.

El dispositivo de absorción térmica también puede comprender medios para extraer el calor latente almacenado en el material de cambio de fase. Puede tratarse de al menos un canal entre las células, por el que circula un caloportador. Ventajosamente, la circulación del caloportador se controla en función de la aparición de un evento

térmico.

El dispositivo de absorción térmica comprende preferiblemente medios para aislar térmicamente los bordes laterales del apilamiento.

5 Por ejemplo, el al menos un material de cambio de fase puesto en práctica tiene una temperatura de cambio de fase comprendida entre 50°C y 350°C.

10 En un modo particular de realización, el dispositivo de absorción térmica comprende tres tamaños de células de formas paralelepípedicas, estando dispuestas las células de cada tamaño en una capa, estando las células interconectadas entre cada capa.

15 La presente invención tiene también como objeto un procedimiento de realización de un dispositivo de absorción térmica según la presente invención, destinado a absorber un flujo térmico de periodo emitido por una fuente de calor, que comprende las etapas:

- calcular a partir de la función representativa de dicho flujo térmico periódico un desarrollo limitado de orden n de funciones periódicas, por ejemplo sinusoidales, cada una de las cuales corresponde a una fuente de calor individual de una determinada frecuencia,

20 - seleccionar funciones periódicas, por ejemplo sinusoidales, en las que la suma de las amplitudes es superior a un porcentaje dado de la amplitud máxima del flujo térmico, estando comprendido el porcentaje dado por ejemplo entre el 60 y el 98%,

25 - determinar el tamaño de las células en función de las frecuencias de las funciones seleccionadas, aumentando el tamaño de las células cuando la frecuencia de las funciones seleccionadas disminuye,

30 - determinar la distribución del número de células de cada tamaño en función de la amplitud de las funciones seleccionadas, aumentando el número de células de cada tamaño cuando la amplitud de las funciones seleccionadas aumenta,

- realizar un dispositivo dotado de células cuyo tamaño y número corresponden a los determinados durante las dos etapas anteriores.

35 **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se comprenderá mejor mediante la siguiente descripción y los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 es una vista en sección esquemática de un ejemplo de realización de una estructura de absorción térmica,

40 - la figura 2 es otro ejemplo de realización de una estructura de absorción térmica,

- la figura 3 es otro ejemplo de realización de una estructura de absorción térmica,

45 - la figura 4 es una vista en perspectiva de un ejemplo de realización práctica de la estructura de la figura 3,

- la figura 5 es una representación gráfica de la variación de la profundidad de penetración térmica para diferentes materiales de cambio de fase y para diferentes materiales de cubierta en función de la frecuencia de los flujos térmicos,

50 - la figura 6A es una representación gráfica de una función representativa de un ejemplo de un flujo de calor,

- la figura 6B es una representación gráfica del desarrollo limitado a 11 funciones sinusoidales de la función de la figura 6A,

55 - la figura 6C es una representación gráfica de las amplitudes de las funciones sinusoidales de la figura 6B,

- la figura 7A es una representación gráfica de otra función representativa de un ejemplo de un flujo de calor,

60 - la figura 7B es una representación gráfica del desarrollo limitado a 11 funciones sinusoidales de la función de la figura 7A,

- la figura 7C es una representación gráfica de las amplitudes de las funciones sinusoidales de la figura 7B,

65 - las figuras 8A y 8B son representaciones gráficas, a escalas de tiempo diferentes, de las señales representativas

de un flujo térmico al que la estructura de la figura 4 está particularmente adaptado.

Exposición detallada de modos de realización particulares

- 5 En la figura 1 puede verse un ejemplo de realización de una estructura S1 de absorción térmica según la presente invención.

La estructura S1 comprende una superficie 1 de extremo destinada a estar en contacto con una superficie 4 de un sistema 5 del que se desea extraer el calor. Por ejemplo, este sistema es un componente electrónico.

- 10 En la presente invención, los materiales de cambio de fase se designarán a continuación mediante MCF. Por material de cambio de fase se entiende un material de cambio de fase térmica, es decir que puede cambiar de estado físico a una temperatura dada. Por ejemplo, el MCF se funde y pasa del estado sólido al estado líquido o del estado líquido al estado gaseoso cuando, al aumentar su temperatura, alcanza la temperatura de fusión o de evaporación del material, y se solidifica o se licua cuando, al disminuir su temperatura, alcanza la temperatura de solidificación o de condensación del material.

- 15 Preferiblemente, las temperaturas de cambio de fase de los MCF puestos en práctica están comprendidas entre 50°C y 350°C, lo que permite una aplicación de la estructura de absorción al campo de la microelectrónica, de la 20 electrónica y de la electrónica de potencia.

Los materiales de cambio de fase que corresponden a este intervalo pueden ser orgánicos, por ejemplo parafina comercial, hidratos de sal, como el nitrato de magnesio hexahidratado, el hidróxido de sodio monohidratado, MgCl₂·6H₂O, tales como LiNO₃, NaNO₃, KNO₃, NaNO₃-KNO₃.

- 25 La estructura S1 comprende una pluralidad de células 2 en contacto unas con otras. Cada célula 2 comprende una cubierta 6 y un MCF (representado esquemáticamente) dispuesto dentro de la cubierta 6. La cubierta 6 es de un material conductor térmico, preferiblemente de un material metálico tal como cobre y acero Maraging que ofrecen buenas conductividades térmicas. Por buena conductividad térmica se entiende en la presente invención una 30 conductividad térmica superior a 1 W/K/m, preferiblemente superior a 50 W/K/m, más preferiblemente superior a 100 W/K/m.

- 35 En el ejemplo representado, cada célula 2 tiene la forma de un hexaedro de modo que la estructura es de tipo nido de abeja. Esta forma no es en absoluto limitativa y podrían concebirse por ejemplo células cilíndricas de sección circular o cualquier otra, células paralelepípedicas o de cualquier otra forma poliédrica.

Las cubiertas pueden estar formadas de manera estanca, en cuyo caso se prevé que el volumen interior de la célula sea suficiente para admitir variaciones de volumen del MCF durante el cambio de fase.

- 40 Las cubiertas pueden estar ventajosamente abiertas, como se representada de manera esquemática mediante trazos de puntos de las cubiertas en la figura 1. Al estar las células interconectadas, el MCF puede entonces pasar de una célula a las células contiguas, lo que garantiza la admisión de la variación de volumen. El hecho de tener células abiertas también es ventajoso para el llenado de la cubierta con el MCF. Una estructura en la que las células estén interconectadas por grupos y no todas juntas no se sale del marco de la presente invención.

- 45 Preferiblemente, las células están interconectadas en la dirección del flujo térmico.

- 50 Preferiblemente, la estructura está realizada en una sola pieza, siendo las paredes laterales de dos células adyacentes comunes. La estructura también comprende paredes delantera y trasera (no representadas) para cerrar las células en la representación de la figura 1 formadas por ejemplo por placas añadidas. La estructura S1 es entonces tal que forma un conjunto estanco.

55 En la estructura S1, las células 2 forman una estructura bidimensional que se extiende sensiblemente a lo largo de un eje X a lo largo de la superficie 4 del sistema y a lo largo de un eje Y ortogonal al eje X.

- Las células están dispuestas entonces sensiblemente en forma de líneas apiladas unas sobre otras. En una estructura tridimensional, las células están distribuidas sensiblemente en capas.

- 60 La superficie 4 emite un flujo térmico simbolizado por la flecha designada por FT a lo largo de la dirección del eje Y, y es este flujo FT el que la estructura S1 está destinada a absorber.

65 Preferiblemente, la estructura S1 comprende medios 7 de aislamiento térmico laterales con el fin de guiar el flujo térmico a lo largo del eje Y. Los medios 5 de aislamiento térmico están formados, por ejemplo, por un material calorífugo añadido sobre las caras laterales exteriores de la estructura o por zonas de vacío.

Como puede verse en la figura 1, la estructura S2 comprende células de dos tamaños diferentes, células 102 que

tienen un primer tamaño y células 202 que tienen un segundo tamaño. El primer tamaño es superior al segundo tamaño.

5 Por "tamaño" se entiende el volumen de la célula. Por otro lado, la cantidad de MCF contenido en una célula es proporcional a su tamaño. Así, una célula de tamaño grande contiene más MCF que una célula de tamaño pequeño. Así, a continuación en la descripción, las expresiones "tamaño de célula" y "cantidad de MCF" o "volumen de MCF" se utilizarán indistintamente.

10 Preferiblemente, el volumen de MCF en el estado líquido (estado dilatado, en el caso de un cambio de fase sólido-líquido), es lo más próximo posible al volumen de la célula con el fin de optimizar el llenado del sistema y por tanto su eficacia. Preferiblemente, el MCF en el estado sólido llena por tanto del 80% al 95% de la célula, teniendo en cuenta el coeficiente de dilatación sólido-líquido que está comprendido normalmente entre el 5% y el 20%.

15 En el ejemplo representado y de manera preferida, las células 202 de tamaño pequeño están situadas en el lado de la superficie 4 que emite calor y las células 102 de tamaño grande están situadas lo más lejos posible de esta superficie apiladas sobre las células 202.

20 Esta configuración es ventajosa porque, por un lado las células de tamaño pequeño están adaptadas para la absorción de los picos de frecuencia elevada porque el MCF contenido en pequeña cantidad en cada célula se funde más rápidamente. Además, el calor emitido por los picos de frecuencia elevada penetra "menos profundamente" en la estructura ya que son de duración más corta. Por tanto es preferible que las células pequeñas estén situadas lo más cerca posible de la superficie 4.

25 A continuación se explicará el funcionamiento de la estructura S1.

30 La superficie 4 emite un flujo térmico que la estructura S1 debe absorber. El calor circulará por las cubiertas 6 de las células 2 en contacto directo con la superficie 4 emisora y se difundirá por toda la estructura por medio del material de las cubiertas que presenta una buena, incluso muy buena, conductividad térmica, y también por el MCF. Debido a la elevación de la temperatura, el MCF contenido en las células cambia de fase, pasando o bien del estado sólido al estado líquido, o bien del estado líquido al estado gaseoso. Este cambio de fase absorbe la energía térmica que se almacena en forma de calor latente en cada una de las células.

35 El calor absorbido se evaca a continuación, es decir la estructura se enfriá para hacer el dispositivo de nuevo apto para absorber un nuevo flujo térmico. Mediante este enfriamiento, el MCF cambia de nuevo de fase y pasa del estado líquido al estado sólido o del estado gaseoso al estado líquido. Por ejemplo, este enfriamiento se obtiene haciendo circular un caloportador, líquido o gaseoso, por o alrededor de la estructura.

40 Por otro lado, el calor, emitido por los picos de frecuencia elevada, es decir que se emite durante una corta duración, se absorbe por las células pequeñas y el MCF que contienen, que se encuentra en las mismas en volumen reducido, se funde rápidamente. El almacenamiento del calor en forma de calor latente tiene lugar rápidamente. El calor se absorbe por tanto rápidamente.

45 Cuando los picos tienen una frecuencia reducida, es decir emiten calor durante una duración importante, las células de tamaño grande que contienen una determinada cantidad de MCF se funden con menor rapidez y almacenan este calor en forma de calor latente.

La estructura puede comprender más de dos tamaños de células en función del flujo y de las diferentes frecuencias de los eventos de emisión de calor.

50 En la figura 2 puede verse otro ejemplo de realización de una estructura S2 de absorción térmica.

La estructura S2 comprende, al igual que la estructura S1, diferentes tamaños de células.

55 Comprende, además, de manera particularmente ventajosa al menos una trayectoria 8 de conducción térmica preferida con el fin de mejorar aún más la distribución del calor que va a absorberse en el interior de la estructura S2.

60 Las trayectorias 8 de conducción térmica preferidas por las que circula el flujo térmico FT, preferiblemente, están orientadas sensiblemente a lo largo de la dirección del flujo FT. Las trayectorias 8 están formadas por zonas de un material conductor térmico cuyo grosor es superior al de las cubiertas de modo que se favorece el paso del flujo térmico por estas zonas. Preferiblemente, se trata del mismo material que el que forma las cubiertas de modo que se garantiza una conductividad térmica uniforme. Podría elegirse otro material con una conductividad térmica próxima a la de las cubiertas.

65 Los trayectorias 8 pueden formarse o bien directamente por las cubiertas, comprendiendo éstas entonces una porción de mayor grosor, o bien por elementos insertados entre las cubiertas, eligiéndose su forma para garantizar

un contacto estrecho con las cubiertas.

A continuación se explicará el funcionamiento de la estructura S1. Se recuerda que los MCF ofrecen una baja conductividad térmica, muy inferior a la del material de las cubiertas.

- 5 La superficie 4 emite un flujo térmico que la estructura S2 debe absorber. La energía térmica circula por las cubiertas de las células 2 en contacto directo con la superficie 4. Además, el calor toma preferiblemente las trayectorias 8. Este calor se distribuye a continuación lateralmente por las células tal como se simboliza mediante las flechas. La energía que debe absorberse se aporta entonces lo más cerca posible de las células y de manera sensiblemente homogénea. Así, todas las células participan de manera uniforme en la absorción de la energía térmica.

10 Debido a la elevación de la temperatura, el MCF contenido en las células cambia de fase, pasando o bien del estado sólido al estado líquido, o bien del estado líquido al estado gaseoso. Este cambio de fase absorbe la energía térmica que está almacenada en forma de calor latente en cada una de las células.

- 15 15 El calor absorbido se evaca a continuación, es decir, la estructura se enfriá para que el MCF cambie de nuevo de fase y pase del estado líquido al estado sólido o del estado gaseoso al estado líquido. Por ejemplo, este enfriamiento se obtiene haciendo circular un caloportador, líquido o gaseoso, alrededor de la estructura.

- 20 20 Así, pueden utilizarse un gran número de células apiladas y por tanto aumentar la cantidad de almacenamiento del calor, sin que la baja conductividad térmica del MCF sea perjudicial y provoque la aparición de un fuerte gradiente térmico en el interior de la estructura S2.

25 25 Por ejemplo, el tamaño de las células está comprendido entre 1 μm y 1 cm. El grosor de la cubierta representa del 1% al 20% del tamaño de la célula. El grosor de la trayectoria representa del 20% al 100% del tamaño de la célula. En el caso en el que el grosor de la trayectoria de conducción preferida representa el 100% del tamaño de la célula, la ubicación de una línea de células se utiliza para crear una trayectoria de conducción.

- 30 30 Se distribuyen trayectorias 8 térmicas por la estructura en función de la cantidad de calor que debe absorberse. Preferiblemente, se distribuyen de manera uniforme de modo que garantizan una distribución lo más homogénea posible del calor en el interior de la estructura.

35 35 En la figura 3 puede verse otro ejemplo de realización de una estructura S3 de absorción térmica que integra medios para extraer el calor absorbido por el MCF. La estructura es similar a la de la figura 1, y comprende además canales 9 de circulación de un caloportador.

40 40 En el ejemplo representado, los canales 9 se extienden entre células sensiblemente paralelas al eje X. No obstante, esta realización no es en absoluto limitativa. Como variante, los canales 9 podrían estar orientados ortogonalmente a los ejes X e Y.

- 45 45 En el ejemplo representado, los canales 9 están formados por un juego entre células. Como variante podrían formarse estos canales 9 suprimiendo células.

50 50 La circulación del caloportador por los canales 9 puede realizarse o bien de manera continua, o bien en función de las necesidades de evacuación tras la detección de un pico de calor. Se utilizan, por ejemplo, agua o aceite como caloportador.

El caloportador tras haber circulado por los canales 9 intercambia su calor con el entorno exterior, por ejemplo.

- 55 55 En la figura 4 puede verse un cuarto de vista en sección de un ejemplo de realización práctica de una estructura S3' de intercambio térmico similar a la estructura S3.

Por ejemplo, la estructura S3' de la figura 4 está realizada por fusión láser.

- 60 60 Esta estructura comprende una carcasa 12 en la que están realizadas células 102, 202, 302 de tres tamaños diferentes interconectadas. Las células tienen la forma de paralelepípedos rectángulos, siendo sus longitudes sensiblemente paralelas. Como puede verse, las células 102, 202, 302 están distribuidas por capas en función de su tamaño. Considerando que la superficie 1 de extremo se sitúa abajo en la representación de la figura 4, las células 302 de tamaño más pequeño están en el lado de la superficie 1 de extremo, después las células 202 de tamaño intermedio están situadas sobre las células de tamaño más pequeño y finalmente las células 102 de tamaño grande están situadas sobre las células 202 de tamaño intermedio.

Tal como se representa, la estructura está orientada de modo que el flujo térmico FT se aplica preferiblemente por el lado de las células 302 de tamaño pequeño.

- 65 65 Los canales de circulación de un caloportador se extienden entre bloques B1, B2, B3 de células y se alimentan en

paralelo por un conector 10 trasero. Además, las paredes de los canales 9 forman trayectorias 8 de conducción térmica preferidas en el interior de la estructura S3', que se prolongan por las paredes de las células 102, 202, 302.

5 Lateralmente, la estructura S3' está aislada térmicamente por huecos 7' que se extienden por toda la altura de la estructura.

10 El llenado de las células con el MCF se realiza por ejemplo por las células 102 de tamaño grande, el MCF se vierte en las células 202 de tamaño intermedio y 302 de tamaño pequeño. Una tapa (no representada) se fija a continuación sobre la carcasa para cerrar de manera estanca las células.

15 10 Por ejemplo, las células 302 más pequeñas presentan una sección lateral de longitud 0,4 mm, las células 202 de tamaño intermedio presentan una sección lateral de longitud 1,5 mm y las células 302 de tamaño grande presentan una sección lateral de longitud 5 mm. El volumen de MCF es de 0,08 mm³ a 0,096 mm³ para las células 302 más pequeñas; de 4,24 mm³ a 5 mm³ para las células 202 de tamaño intermedio y de 157 mm³ a 186 mm³ para las células 302 de tamaño grande.

En el caso en el que las células son cilindros, los canales podrían estar delimitados directamente por los espacios que quedan libres entre las células.

20 20 A modo de ejemplo numérico únicamente, se calcularán ahora las dimensiones de las células y de las trayectorias de conducción preferidas para varios MCF y materiales conductores térmicos.

25 La transferencia del calor del exterior de la estructura hacia el MCF se efectúa siguiendo dos trayectos: un primer trayecto a escala de célula, entre la cubierta de la célula y el MCF, y un segundo trayecto a escala de estructura en las trayectorias de conducción preferidas.

A escala de célula, la cinética del transporte de calor depende entonces de las condiciones de temperatura en la cubierta de la célula y de las propiedades físicas del MCF:

30 30 La posición del frente de cambio de fase designado como s(t) puede modelarse mediante la ecuación siguiente:

$$s(t) = \sqrt{2 \cdot \frac{\lambda \Delta T}{L} \cdot t} \quad (\text{i})$$

donde

35 - s(t) es la posición del frente de cambio de fase (o profundidad de penetración térmica) en el instante t,

- λ es la conductividad térmica del MCF (W/k.m),

40 - ΔT es la diferencia de temperatura entre la cubierta y el material MCF en el transcurso de transformación,

- L el calor latente de cambio de fase del MCF (J/m³).

45 Es posible por tanto definir, para un material MCF dado, un dominio de tiempo (o de frecuencia) y de espacio (volumen de la célula) en el que el cambio de fase es completo y, como consecuencia, el almacenamiento térmico es óptimo.

El cálculo se ha realizado para cuatro MCF diferentes de tipo sales y compuestos de sales, cuyas propiedades físicas se resumen en la tabla T1 a continuación.

50

Tabla T1

MCF	T (°C)	JK/cm ³	Conductividad térmica (W/K/m)
LiNO ₃	250	0,6	1,38
NaNO ₃	305	0,3	0,8
KNO ₃	340	0,2	0,9
NaNO ₃ -KNO ₃	222	0,2	0,8

La segunda columna indica la temperatura de cambio de fase sólido/líquido

55 55 En la figura 5 puede verse la variación de la profundidad de penetración térmica en metros para los MCF anteriores,

en función de la frecuencia del flujo térmico en Hz. Para los cálculos, ΔT se ha elegido igual a 10°C.

En la tabla T2 siguiente se resumen valores de la posición del frente de cambio de fase para los diferentes MCF.

5 Tabla T2

	LiNO ₃	NaNO ₃	KNO ₃	NaNO ₃ -KNO ₃
s(0,01 Hz) en mm	2,1	2,2	3,2	2,8
S(0,1 Hz) en mm	0,7	0,7	1,0	0,9

Para una solicitud térmica de 100 segundos (0,01 Hz), el almacenamiento un MCF de tipo NaNO₃-KNO₃ será óptimo si la dimensión de célula es del orden de 2,8 mm.

10 La dimensión de la que se trata en este caso es la dimensión según el eje X, ya que el calor se distribuye a lo largo del eje X tal como está esquematizado en las figuras 1 y 2. En el caso de una célula de sección cuadrada como en la figura 4, se trata de la dimensión del lado del cuadrado.

15 Para una solicitud térmica de 10 segundos (0,1 Hz), el almacenamiento en un MCF de tipo NaNO₃-KNO₃ será óptimo si la dimensión de célula es del orden de 0,9 mm.

Por consiguiente, gracias a la invención, puede dimensionarse el tamaño de las diferentes células en función de las condiciones transitorias múltiples de operación de la fuente de calor, pudiendo ser las condiciones transitorias simultáneas o desfasadas en el tiempo.

20 A continuación se calcula la longitud óptima de las trayectorias de conducción preferidas. A escala de estructura, la trayectoria térmica de transporte del calor es la de la conducción del calor por el material de las trayectorias de conducción preferidas que es preferiblemente el de las cubiertas de las células. La cinética del transporte depende entonces del flujo de calor incidente, de la arquitectura y de las propiedades físicas del material conductor.

25 Estadísticamente, una profundidad media de penetración térmica puede definirse como sigue:

$$\delta(\omega) = \sqrt{\frac{2D}{\omega}} \quad (\text{i i})$$

con

30 D: la difusividad térmica del material en m²/s

ω : la frecuencia de la señal térmica.

35 Se toman los ejemplos del cobre y del acero Maraging para realizar las trayectorias de conducción preferidas, cuyas propiedades físicas se resumen en la tabla T3 siguiente.

Tabla T3

Conductor	Dificultad (m ² /s)
Maraging	4,90.10 ⁻⁶
Cobre	1,20.10 ⁻⁶

40 En la figura 5 puede verse la penetración térmica en el material de cubierta en función de la frecuencia.

En la tabla T4 siguiente se resumen los valores de la posición del frente de penetración térmica para el acero Maraging y el cobre.

45 Tabla T4

	Maraging	Cobre
$\delta(0,01 \text{ Hz}) \text{ en mm}$	31,3	153,5
$\delta(0,1 \text{ Hz}) \text{ en mm}$	9,9	48,5

Para una solicitud térmica de 100 segundos (0,01 Hz), las profundidades de penetración del calor en el acero Maraging y en el cobre son, respectivamente, del orden de 9,9 y 48,5 mm.

Para una solicitud térmica de 10 segundos (0,1 Hz), las profundidades de penetración del calor en el acero Maraging y el cobre son, respectivamente, del orden de 31,3 mm y 153,5 mm.

5 Por consiguiente, con el fin de obtener un rendimiento de almacenamiento máximo, la longitud de las trayectorias de conducción preferidas de calor, y por tanto sensiblemente la altura del dispositivo de almacenamiento, se eligen inferiores a estos valores.

10 Preferiblemente, la anchura de las trayectorias de conducción térmica preferidas está comprendida entre el grosor de la cubierta y la anchura de una célula.

Se describirá el método de determinación de los diferentes tamaños de células y su porcentaje en una estructura de absorción térmica en función de la señal de un flujo térmico dada.

15 Se considerará una fuente de calor en función cuadrada de periodo T tal como se representa en la figura 6A.

Durante una primera etapa, ésta se representa mediante un desarrollo limitado de orden n de funciones sinusoidales, cada una de las cuales corresponde a una fuente de calor individual de frecuencia n/T . La figura 6B propone un desarrollo limitado de orden 11 de esta función. Pueden verse las funciones sinusoidales cuya amplitud es más importante designadas por I a VI, siendo cada una representativa de un evento térmico periódico de la fuente de calor.

En la figura 6C puede verse la amplitud térmica de cada una de estas señales.

25 Durante una etapa siguiente se seleccionan las señales que tienen las amplitudes más elevadas. Por ejemplo, se seleccionan las señales que tienen las frecuencias f_1 , f_3 y f_5 , teniendo las demás señales amplitudes muy reducidas.

30 Ventajosamente se seleccionan las señales cuya suma de las amplitudes representa entre el 60% y el 98% de la amplitud máxima del flujo térmico.

Conociendo las frecuencias f_1 , f_3 y f_5 , es posible determinar el tamaño de las células como se explicó anteriormente a partir de la ecuación (i) y, en función de la razón entre la amplitud de las señales y la amplitud total, se determina la fracción de células de cada tamaño.

35 Se obtiene entonces una estructura que tiene tres tamaños de células diferentes. En la tabla T5 se resumen las dimensiones de las células y su distribución. El tamaño de las células se ha calculado considerando como MCF $\text{NaNO}_3\text{-KNO}_3$.

40 Tabla T5

Fuente	m_1				m_3				m_6			
	Amplitud	Frecuencia	Malla	%	Amplitud	Frecuencia	Malla	%	Amplitud	Frecuencia	Malla	%
T/2= 100 segundos	1,27	0,005 Hz	4,0 mm	65%	0,42	0,015 Hz	2,3 mm	22%	0,25	0,025 Hz	1,8 mm	13%
T/2= 10 segundos	1,27	0,050 Hz	1,3 mm	65%	0,42	0,150 Hz	0,7 mm	22%	0,25	0,250 Hz	0,6 mm	13%

45 En las figuras 7A a 7C puede verse otro ejemplo de desarrollo de una función cuadrada representativa de una fuente de calor, las funciones sinusoidales cuya amplitud es más importante están designadas como I' a VI'. En este caso, la amplitud de la señal del orden 11, indicada por VI', es de 33. La estructura puede realizarse entonces con cuatro tamaños de células o bien la señal de quinto orden, indicada por V', ya no se tiene en cuenta.

50 En las figuras 8A y 8B pueden verse las señales de las señales representativas de un flujo térmico al que la estructura de la figura 4 está particularmente adaptada, sólo varían las escalas de tiempo entre las dos representaciones gráficas.

55 En la figura 4, los tres tamaños de células tienen la misma fracción en volumen, es decir el 33%

En la tabla T6 siguiente se resumen los tamaños de célula en función de las frecuencias.

55 Tabla T6

m_1				m_2				m_3			
Amplitud	Frecuencia	Malla	%	Amplitud	Frecuencia	Malla	%	Amplitud	Frecuencia	Malla	%
1	0,003 Hz	5,0 mm	33%	1	0,035 Hz	1,5 mm	33%	1	0,500 Hz	0,4 mm	33%

Tras haber determinado el número y el tamaño de las células, es posible fabricar un dispositivo de absorción térmica según la invención.

- 5 Es concebible tener MCF diferentes en la estructura, por ejemplo en función del tamaño y/o de la posición de las células con respecto a la fuente de calor.

La invención ofrece por tanto un dispositivo de absorción térmica particularmente adaptado a sistemas que tienen condiciones múltiples de funcionamiento, en particular a sistemas del campo de la electrónica, de la microelectrónica 10 y de la electrónica de potencia cuyos flujos térmicos emitidos dependen del funcionamiento de los componentes. Además, el dispositivo de absorción según la invención puede realizarse específicamente en función del perfil del flujo térmico de cada sistema.

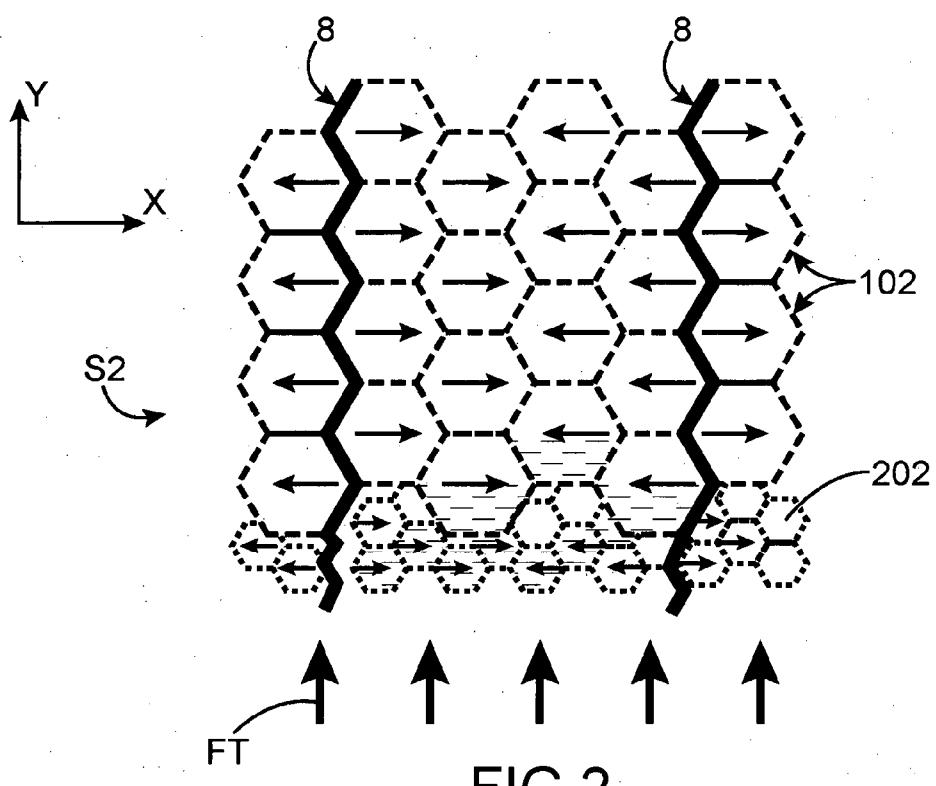
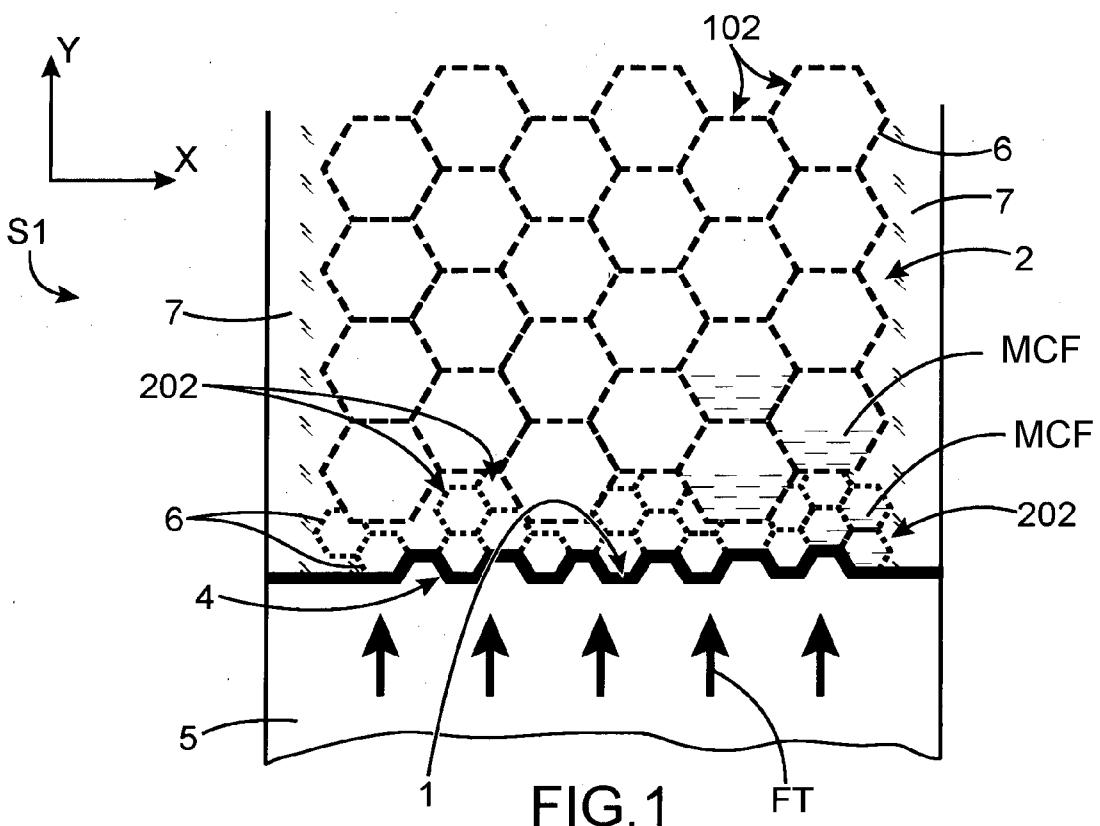
REIVINDICACIONES

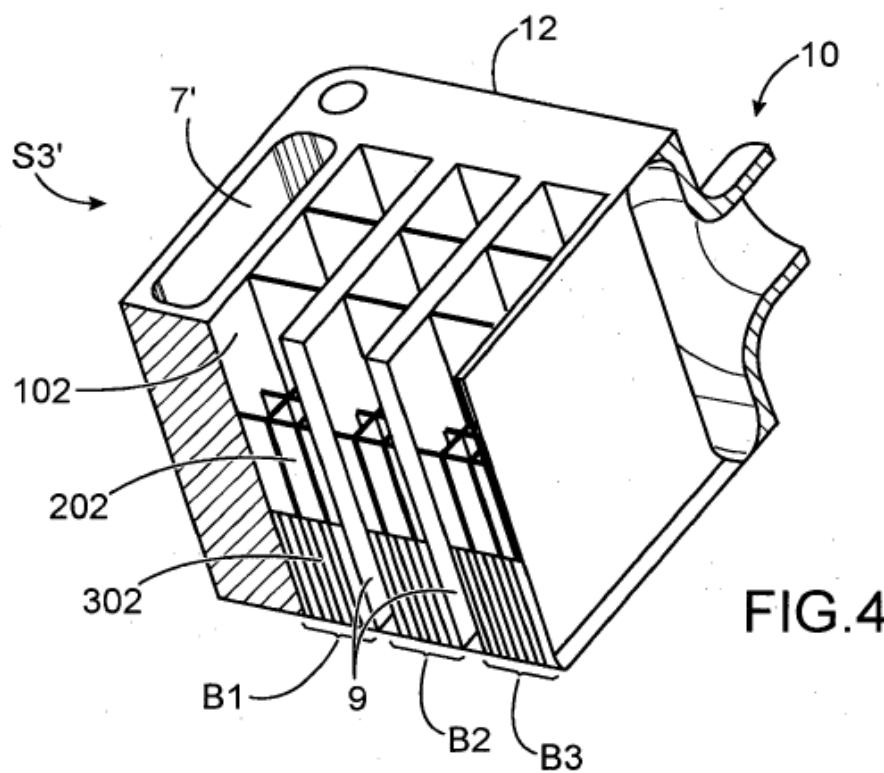
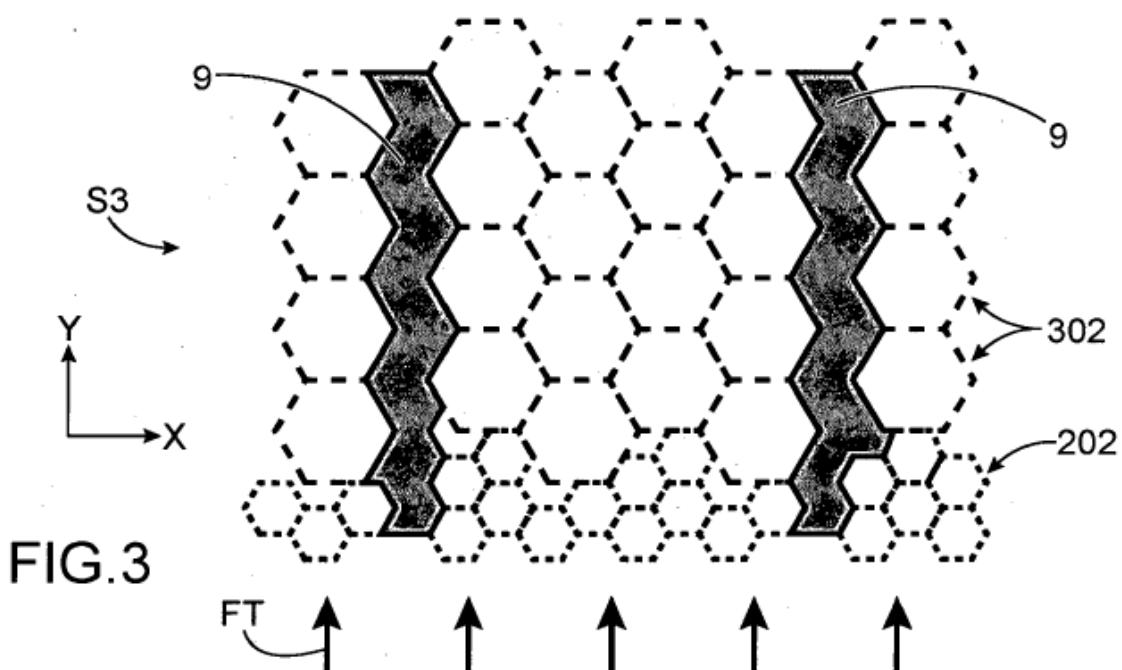
1. Dispositivo de absorción térmica que comprende una estructura (S1, S2, S3, S3') que comprende una pluralidad de células (2, 102, 202, 302) individuales, estando delimitada cada célula (2, 102, 202, 302) por una cubierta de un material que presenta una buena conductividad térmica y que contiene al menos un material de cambio de fase (MCF), comprendiendo dicha estructura una primera superficie (1) de extremo destinada a estar en contacto con una superficie que emite un flujo térmico (FT) que debe absorberse, estando compuesto dicho flujo térmico (FT) por al menos dos eventos térmicos de amplitudes diferentes y de frecuencias diferentes, comprendiendo dicha estructura (S1, S2, S3, S3') al menos un primer tamaño de célula y un segundo tamaño de célula, estando dicho dispositivo caracterizado porque dichas células (2, 102, 202, 302) están apiladas unas sobre otras desde dicha superficie de extremo de modo que la estructura (S1, S2, S3, S3') se extiende al menos a lo largo de la dirección del flujo térmico (FT), estando las células (2, 102, 202, 302) en contacto unas con otras por su cubierta, y porque la cantidad de material de cambio de fase en cada célula (102, 202, 302) es proporcional a su tamaño, en el que el primer tamaño de célula está determinado en función de la frecuencia del primer evento y el segundo tamaño de célula está determinado en función de la frecuencia del segundo evento y en el que la distribución entre el número de células de primer tamaño y el número de células de segundo tamaño está determinada en función de las amplitudes de los eventos primero y segundo, y en el que el primer tamaño de célula y el segundo tamaño de célula aumentan cuando la frecuencia del primer evento y la frecuencia del segundo evento disminuyen respectivamente y en el que el número de células de primer tamaño y el número de células de segundo tamaño aumentan cuando la amplitud del primer evento y la amplitud del segundo evento aumentan respectivamente.
2. Dispositivo de absorción térmica según la reivindicación 1, en el que la frecuencia del segundo evento es inferior a la del primer evento, siendo el segundo tamaño de célula superior al primer tamaño de célula, y en el que las células (202, 302) de primer tamaño están situadas en el lado de la primera superficie (1) de extremo.
3. Dispositivo de absorción térmica según la reivindicación 1 ó 2, en el que el tamaño de las células (302, 202, 102) crece a lo largo de la dirección del flujo térmico desde la primera superficie de extremo.
4. Dispositivo de absorción térmica según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que las células (2, 102, 202, 302) están interconectadas de modo que se permite el paso de los materiales de cambio de fase de una célula a otra, estando las células ventajosamente interconectadas en la dirección del flujo térmico (FT).
5. Dispositivo de absorción térmica según una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende al menos una trayectoria (8) de conducción térmica preferida que se extiende desde la primera superficie (1) de extremo en la dirección del flujo térmico entre las células (102, 202, 302), estando ventajosamente varias trayectorias (8) de conducción preferidas distribuidas uniformemente por la estructura (S2, S3').
6. Dispositivo de absorción térmica según la reivindicación 5, en el que el tamaño de la al menos una trayectoria (8) de conducción preferida representa del 20% al 100% del tamaño de la célula.
7. Dispositivo de absorción térmica según la reivindicación 5, en el que la al menos una trayectoria (8) de conducción preferida está formada por una porción de material conductor térmico situada entre las células (102, 202, 302) y que se extiende a lo largo de la dirección del flujo térmico, siendo la porción de material conductor térmico ventajosamente del mismo material que el de las paredes de las células, por ejemplo de cobre o de acero Maraging.
8. Dispositivo de absorción térmica según la reivindicación 7, en el que la porción de material conductor térmico y las cubiertas de las células en contacto con dicha porción son de una sola pieza.
9. Dispositivo de absorción térmica según una de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende medios (9) para extraer el calor latente almacenado en el material de cambio de fase.
10. Dispositivo de absorción térmica según la reivindicación 9, en el que los medios (9) para extraer el calor latente comprenden al menos un canal entre las células, en el que circula un caloportador.
11. Dispositivo de absorción térmica según la reivindicación 10, en el que la circulación del caloportador se controla en función de la aparición de un evento térmico.
12. Dispositivo de absorción térmica según una de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende medios (5) para aislar térmicamente los bordes laterales del apilamiento.
13. Dispositivo de absorción térmica según una de las reivindicaciones 1 a 12, teniendo el al menos un material de cambio de fase puesto en práctica una temperatura de cambio de fase comprendida entre 50°C y 350°C.
14. Dispositivo de absorción térmica según una de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende tres tamaños de células (102, 202, 302) de forma paralelepípedica, estando dispuestas las células de cada tamaño en una capa, estando las células interconectadas entre cada capa.

15. Procedimiento de realización de un dispositivo de absorción térmica según una de las reivindicaciones 1 a 14 destinado a absorber un flujo térmico (FT) de periodo (T) emitido por una fuente de calor, que comprende las etapas:

- 5 a) calcular a partir de la función representativa de dicho flujo térmico de periodo (T) un desarrollo limitado de orden n de funciones periódicas, por ejemplo sinusoidales, cada una de las cuales corresponde a una fuente de calor individual de frecuencia (n/T),
- 10 b) seleccionar funciones periódicas, por ejemplo sinusoidales, en las que la suma de las amplitudes es superior a un porcentaje dado de la amplitud máxima del flujo térmico,
- 15 c) determinar el tamaño de las células en función de las frecuencias de las funciones seleccionadas, aumentando el tamaño de las células cuando la frecuencia de las funciones seleccionadas disminuye,
- 20 d) determinar la distribución del número de células de cada tamaño en función de la amplitud de las funciones seleccionadas, aumentando el número de células de cada tamaño cuando la amplitud de las funciones seleccionadas aumenta,
- 20 e) realizar un dispositivo dotado de células cuyo tamaño y el número corresponden a los determinados durante las etapas c) y d).

16. Procedimiento de realización según la reivindicación 15, estando comprendido el porcentaje dado entre el 60 y el 98%.





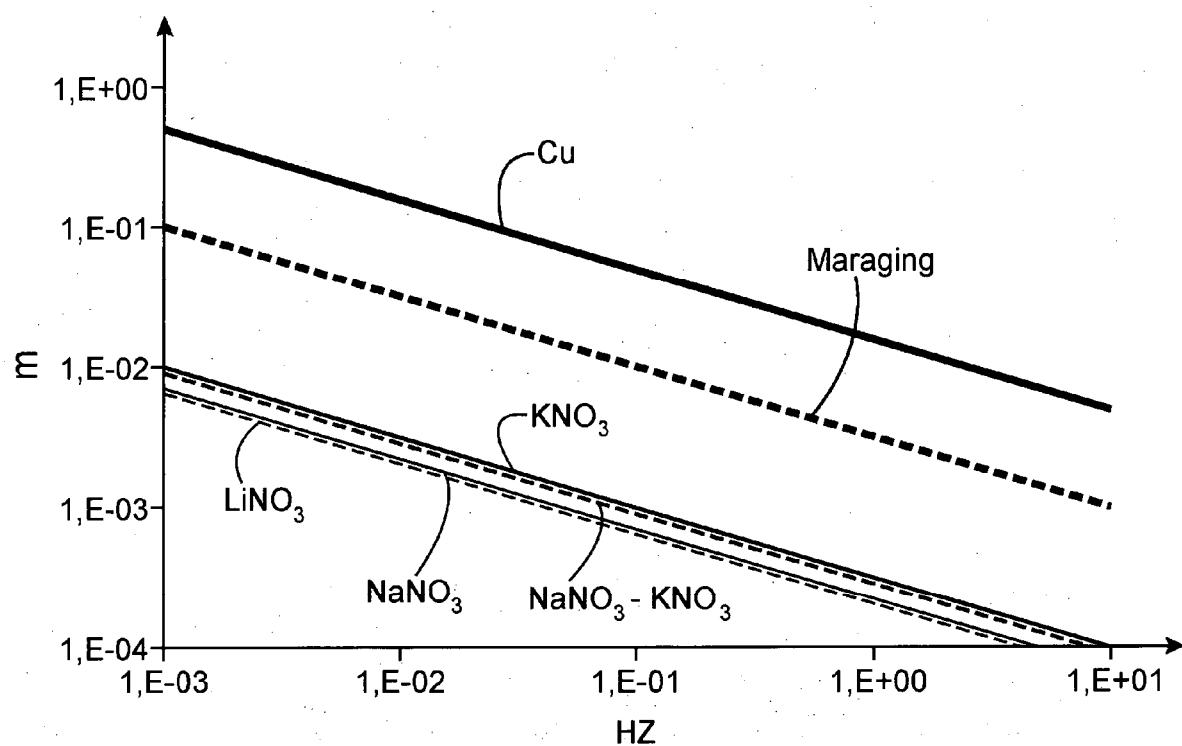


FIG.5

FIG.6A

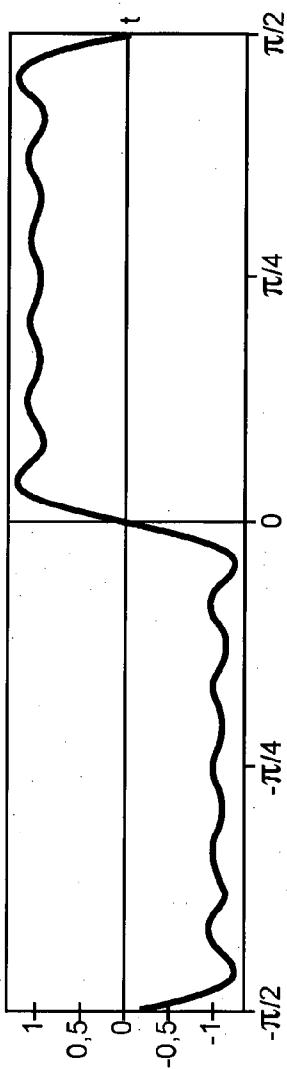


FIG.6B

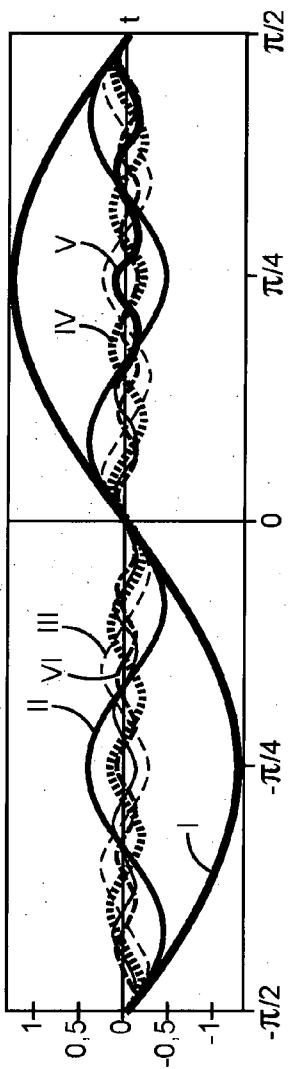


FIG.6C

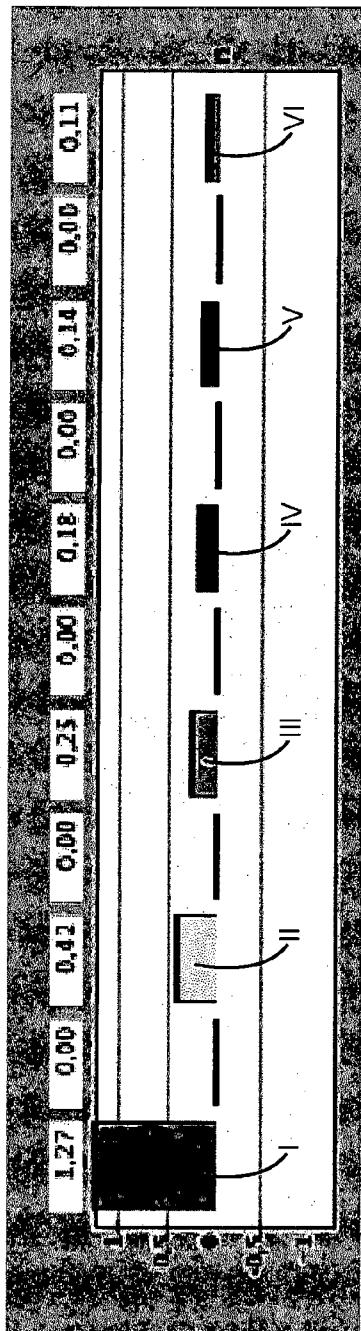


FIG.7C

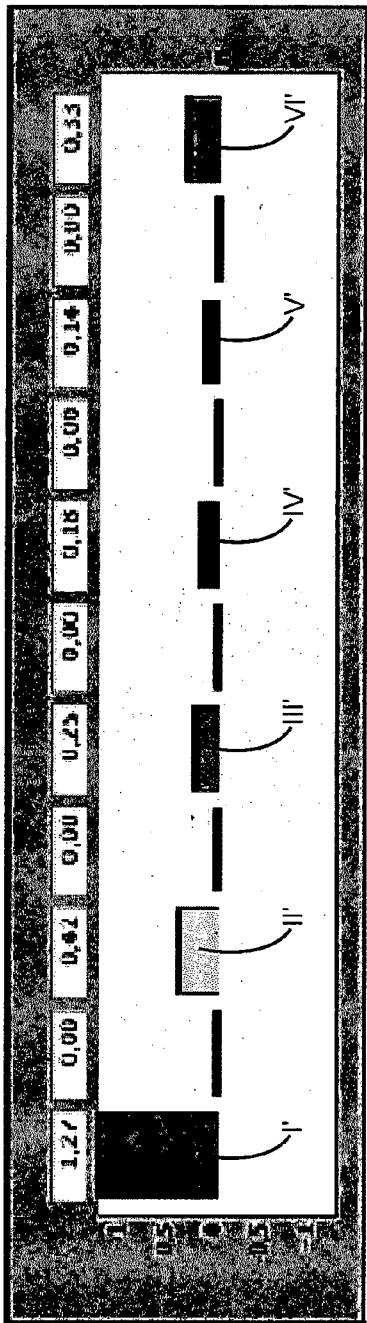


FIG.7B

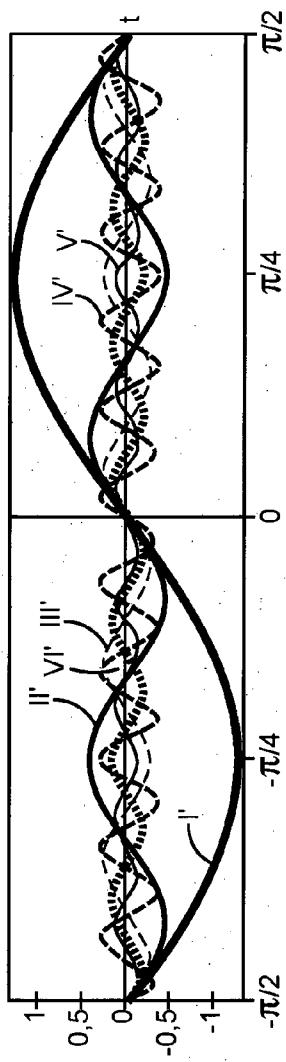
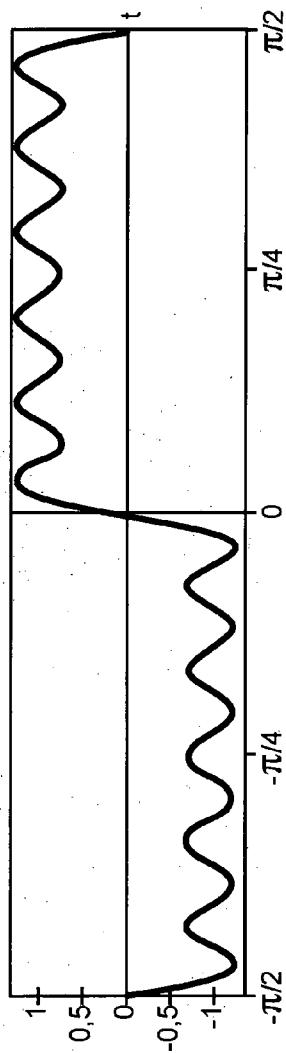


FIG.7A



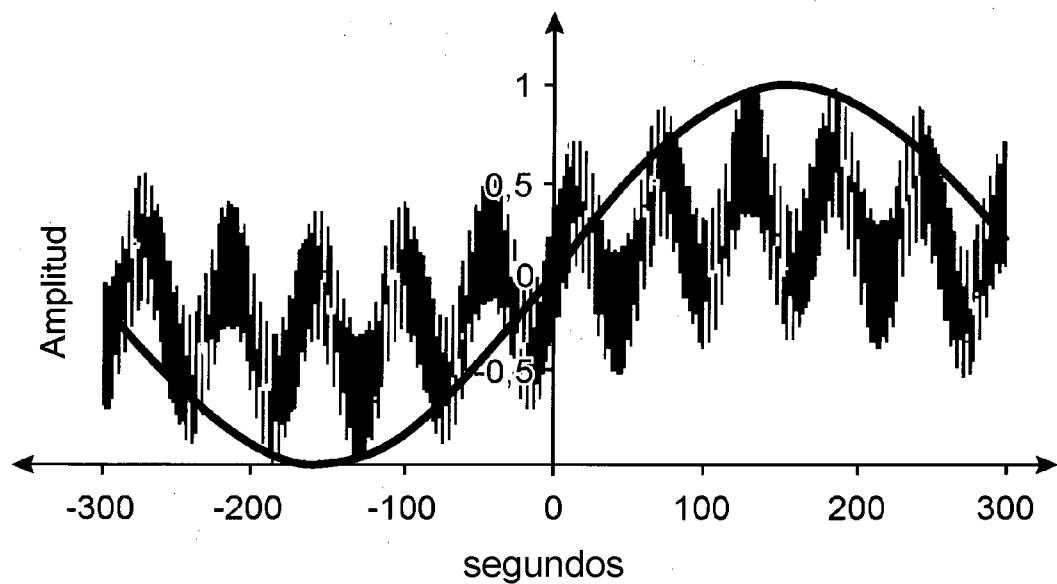


FIG.8A

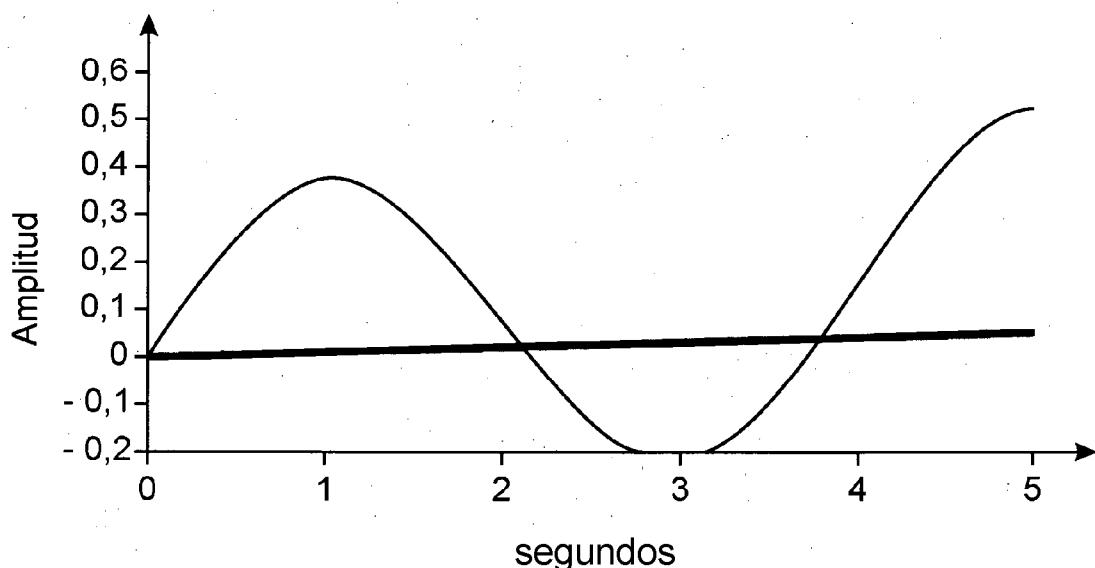


FIG.8B