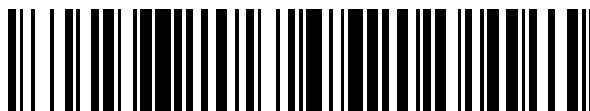


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 832**

51 Int. Cl.:

F28D 15/02 (2006.01)
F28F 3/02 (2006.01)
H01L 35/00 (2006.01)
F24J 2/12 (2013.01)
F24J 2/14 (2013.01)
F24J 2/32 (2013.01)
F28D 15/04 (2006.01)
H01L 31/052 (2014.01)
H01L 31/054 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.12.2008 PCT/US2008/014081**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.07.2009 WO09085307**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.12.2008 E 08868056 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2018 EP 2238400**

54 Título: **Tuberías de calor que incorporan intercambiadores de calor de microcanal**

30 Prioridad:

28.12.2007 US 17198
10.11.2008 US 291544

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.05.2018

73 Titular/es:

QCIP HOLDINGS, LLC (100.0%)
454 Saunders Drive
Strafford, PA 19087, US

72 Inventor/es:

SCHON, STEVEN y
SANTOLERI, DAVID, E.

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 668 832 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

Tuberías de calor que incorporan intercambiadores de calor de microcanal

5 **Antecedentes de la invención**

Las tuberías de calor se usan para enfriar y transferir calor lejos de los objetos calientes a un área de refrigeración separada físicamente o a un dispositivo de refrigeración. Las tuberías de calor pueden tomar la forma de un único tubo cerrado, o de un par de tubos o tuberías conectados en un circuito cerrado. El sistema de tubería de calor completo también incluye un "fluido de trabajo" volátil encerrado en la tubería de calor, cuya evaporación y condensación media la transferencia de calor de un extremo de la tubería de calor al otro. Un extremo del tubo o circuito de tubería cerrado está provisto de un medio para recoger y absorber calor (absorbedor de calor) a una temperatura elevada, lo que hace que el fluido se evapore. El otro extremo del tubo o circuito de tubería está provisto de un medio para rechazar el calor (disipador de calor) a una temperatura más baja que el extremo caliente. En el absorbedor de calor, el fluido volátil se evapora y absorbe el calor; el vapor se expande en volumen y se desplaza al disipador de calor, donde se condensa y cede su calor. El fluido condensado vuelve al extremo caliente por gravedad o acción capilar a través de una mecha, repitiendo el ciclo. La presión dentro de la tubería de calor se eleva a la que corresponde a la presión de vapor del fluido de trabajo a la temperatura de ebullición del fluido dentro del bloque de absorbedor de calor.

En una tubería de calor de tubo único, el vapor se desplaza por el núcleo del tubo, y el líquido vuelve contracorriente a lo largo de las paredes. En una configuración de dos tuberías, a veces referida un termosifón, el vapor se desplaza por una tubería, y el líquido vuelve por la segunda tubería, que generalmente es de diámetro más pequeño. Las tuberías de calor tienen la ventaja de tasas de transferencia de calor muy altas y no dependen de ninguna parte que se mueva mecánicamente.

Una consideración esencial en el diseño de tuberías de calor es la selección de los intercambiadores de calor para el absorbedor de calor y el disipador de calor. Sus características determinan la velocidad a la que se puede transferir el calor lejos de los objetos o fluidos calientes. La tasa de transferencia de calor en el absorbedor de calor, y/o la tasa de transferencia de calor desde el disipador de calor al medio de refrigeración, a menudo es el factor limitativo en el rendimiento de las tuberías de calor, especialmente si la relación del área de superficie interna del fluido con el volumen del fluido de trabajo es relativamente pequeña en el absorbedor o en el disipador de calor.

Las consideraciones principales para seleccionar una configuración de absorbedor de calor o disipador de calor son el diseño mecánico de las superficies de transferencia de calor (por ejemplo, configuración, disposición y grosor del material, orientación, etc.), los modos de transferencia de calor (por ejemplo, conducción y/o convección y/o radiación), y las propiedades físicas (especialmente la conductividad térmica) de los materiales de construcción de los materiales de transferencia de calor directamente con el fluido de trabajo.

Hasta ahora, las tuberías de calor normalmente usaban diseños de intercambio de calor simples y convencionales para el absorbedor de calor y el disipador de calor. Estos incluyen bloques o placas huecas (con una cavidad para el fluido de trabajo), intercambiadores de carcasa y tubo, intercambiadores de calor de placas, tubos o tuberías descubiertos, y tubos, tuberías o bloques huecos con superficies extendidas. Sin embargo, a pesar de la variedad de configuraciones disponibles, todavía existe la necesidad de tuberías de calor con mayores tasas de transferencia de calor que las disponibles tradicionalmente.

El documento US 2003/0192669 describe una tubería de calor de microcircuito de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 que elimina el calor sobrante de los dispositivos. La tubería de calor comprende una película de metal flexible con una zona que absorbe el calor y una zona que disipa el calor conectada por una trayectoria de flujo. Una estructura de mecha que es flexible está dispuesta en la zona que absorbe calor y conduce el calor. Un fluido de trabajo llena la película de metal flexible y absorbe el calor en la zona que absorbe el calor.

Sumario de la invención

En un aspecto general, la invención presenta una tubería de calor que comprende un absorbedor de calor de microcanal que comprende al menos una capa que define una pluralidad de microcanales que tienen una dimensión de sección transversal inferior a 1000 micras y que terminan en un primer extremo de los mismos en un colector de lado frío y en un segundo extremo del mismo en un colector de lado caliente. Los microcanales están adaptados para contener un fluido líquido de trabajo que absorbe calor y forma un vapor al fluir a través de los mismos desde el primer extremo al segundo extremo. La tubería de calor también comprende un disipador de calor para recibir y condensar el vapor para reformar el fluido líquido de trabajo y para descargar el fluido líquido de trabajo, y una o más tuberías que conectan de forma fluida el colector de lado caliente del absorbedor de calor al disipador de calor y que conectan el colector de lado frío del absorbedor de calor al disipador de calor, en el que dicha tubería o más están conectadas para permitir el flujo simultáneo del vapor desde el absorbedor de calor al disipador de calor y del fluido líquido de trabajo desde el disipador de calor al absorbedor de calor cuando se aplica calor al absorbedor de calor.

En realizaciones preferidas, al menos dicha capa puede comprender un material que tiene una conductividad térmica superior a 5 vatios/m-°C. El absorbedor de calor de microcanal puede ser un absorbedor de calor de microcanal de flujo paralelo. El absorbedor de calor de microcanal puede ser un absorbedor de calor de microcanal de flujo cruzado. La conductividad térmica puede ser superior a 170 vatios/m-°C y los microcanales pueden tener una dimensión de sección transversal mayor de menos de 250 micras. La cantidad de capas puede ser de 2 a 10. Dicha o más tuberías pueden comprender una primera tubería que conecta de forma fluida el colector de lado caliente del absorbedor de calor al disipador de calor y un segundo tubo que conecta de forma fluida el colector de lado frío del absorbedor de calor al disipador de calor. Dicha o más tuberías pueden comprender solo una única tubería. La única tubería puede comprender una mecha coaxial porosa. La única tubería puede comprender una banda anular de un material de mecha poroso. El disipador de calor puede ser un disipador de calor de microcanal. Los microcanales pueden ser canales sustancialmente rectangulares, siendo la dimensión de sección transversal de los microcanales una más corta de dos diferentes dimensiones de sección transversal para los microcanales, y estando las dimensiones de sección transversal más cortas alineadas perpendicularmente a una superficie de una fuente de calor.

En otro aspecto general, la invención presenta un sistema de tubería de calor que comprende un fluido de trabajo contenido dentro de una tubería de calor, comprendiendo la tubería de calor un absorbedor de calor de microcanal que comprende al menos una capa que define una pluralidad de microcanales que tienen una dimensión de sección transversal inferior a 1000 micras y que termina en un primer extremo de los mismos en un colector de lado frío y en un segundo extremo de los mismos en un colector de lado caliente, los microcanales adaptados para contener el fluido de trabajo como un líquido que absorbe calor y forma un vapor al fluir por los mismos desde el primero extremo al segundo extremo, un disipador de calor para recibir y condensar el vapor para reformar el fluido líquido de trabajo y para descargar el fluido líquido de trabajo, y una o más tuberías que conectan de forma fluida el colector de lado caliente del absorbedor de calor al disipador de calor y que conectan de forma fluida el colector de lado frío del absorbedor de calor al disipador de calor, en el que dicha o más tuberías están conectadas para permitir el flujo simultáneo del vapor desde el absorbedor de calor al disipador de calor y del fluido líquido de trabajo desde el disipador de calor al absorbedor de calor cuando se aplica calor al absorbedor de calor.

En realizaciones preferidas, el fluido de trabajo puede ser un fluorocarbono, un hidrofluorocarbono, un fluoroalqueno clorado, un hidrofluoroalqueno clorado o una mezcla de los mismos. El fluido de trabajo puede seleccionarse del grupo que consiste en HFC-245fa, HFC-245ca, HFC-236ca, HFC-365mfc, HCFC 1233zd, HCFC 1233xf y mezclas de los mismos. El absorbedor de calor puede ubicarse dentro de un recinto de dispositivo electrónico y el disipador de calor se encuentra fuera del recinto. El disipador de calor puede instalarse fuera de una habitación que aloja el recinto del dispositivo electrónico o en un conducto de refrigeración que fluye a un lugar fuera de la habitación, con el medio de refrigeración que fluye a través del conducto que es aire o agua.

En un aspecto general adicional, la invención presenta un método de refrigeración de un dispositivo electrónico alojado dentro de un recinto, que comprende proporcionar un absorbedor de calor de microcanal que comprende al menos una capa que define una pluralidad de microcanales con una dimensión de sección transversal de menos de 1000 micras y que termina en un primer extremo del mismo en un colector de lado frío y en un segundo extremo del mismo en un colector de lado caliente, los microcanales conteniendo un fluido líquido de trabajo que absorbe calor y forma un vapor al fluir a través del primer extremo al segundo extremo, un disipador de calor para recibir y condensar el vapor para reformar el fluido líquido de trabajo y para descargar el fluido líquido de trabajo, y una o más tuberías que conectan de forma fluida el colector de lado caliente del absorbedor de calor al disipador de calor y conectan de forma fluida el colector de lado frío del calor absorbedor al disipador de calor, en el que dicha o más tuberías están conectadas para permitir el flujo simultáneo del vapor desde el absorbedor de calor al disipador de calor y del fluido líquido de trabajo desde el disipador de calor al absorbedor de calor cuando se aplica calor al absorbedor de calor. El método también comprende los pasos de instalar el absorbedor de calor de microcanal dentro del recinto, e instalar el disipador de calor fuera del recinto.

En realizaciones preferidas, el disipador de calor puede instalarse fuera de una habitación que aloja el recinto del dispositivo electrónico o en un conducto de refrigeración que fluye a una ubicación fuera de la habitación, en el que el medio de refrigeración que fluye a través del conducto es aire o agua. El absorbedor de calor de microcanal puede ser un absorbedor de calor de microcanal de flujo paralelo. El absorbedor de calor de microcanal puede ser un absorbedor de calor de microcanal de flujo cruzado. La conductividad térmica puede ser superior a 170 vatios/m-°C y los microcanales pueden tener una dimensión mayor de sección transversal de menos de 250 micras. La tubería de calor puede ser completamente pasiva.

En otro aspecto general, la invención presenta un sistema de tubería de calor que comprende un fluido de trabajo contenido dentro de una tubería de calor, comprendiendo la tubería de calor un absorbedor de calor adaptado para contener el fluido de trabajo como un líquido que absorbe calor y forma un vapor, un disipador de calor para recibir y condensar el vapor para reformar el fluido líquido de trabajo y para descargar el fluido líquido de trabajo, y una o más tuberías que conectan de forma fluida el absorbedor de calor al disipador de calor para permitir el flujo simultáneo del vapor desde el absorbedor de calor al disipador de calor y del fluido líquido de trabajo desde el disipador de calor al absorbedor de calor cuando se aplica calor al absorbedor de calor, en el que el fluido de trabajo

es un hidrofluorocarbono o un hidrofluoroalqueno clorado que tiene un punto de ebullición normal en un intervalo de 10 °C a 80 °C.

5 En realizaciones preferidas, el fluido de trabajo puede tener un punto de ebullición normal en un intervalo de 10 °C a 45 °C. El fluido de trabajo puede ser un pentafluoropropano. El fluido de trabajo puede ser un hexafluoropropano. El fluido de trabajo puede ser un pentafluorobutano. El fluido de trabajo puede ser un monocloro trifluoropropeno con bajo potencial de agotamiento del ozono y bajo potencial de calentamiento global. El fluido de trabajo se puede seleccionar del grupo que consiste en HFC-245fa, HFC-245ca, HFC-236ca, HFC-365mfc, HCFC 1233zd, HCFC 1233xf y mezclas de los mismos.

10 En un aspecto general adicional, la invención presenta un método de refrigeración de un dispositivo fotovoltaico o captador solar, que comprende proporcionar un absorbedor de calor de microcanal que comprende al menos una capa que define una pluralidad de microcanales que tienen una dimensión de sección transversal de menos de 1000 micras y que termina en un primer extremo del mismo en un colector de lado frío y en un segundo extremo del mismo en un colector de lado caliente, los microcanales conteniendo un fluido líquido de trabajo que absorbe calor y forma un vapor al pasar a través de los mismos desde el primer extremo al segundo extremo, un dissipador de calor para recibir y condensar el vapor para reformar el fluido líquido de trabajo y para descargar el fluido líquido de trabajo, y una o más tuberías que conectan de forma fluida el colector de lado caliente del absorbedor de calor al dissipador de calor y conectan de forma fluida el colector de lado frío del absorbedor de calor al dissipador de calor, en el que dicha o más tuberías están conectadas para permitir el flujo simultáneo del vapor desde el absorbedor de calor al dissipador de calor y el fluido líquido de trabajo desde el dissipador de calor al absorbedor de calor cuando se aplica calor al absorbedor de calor. El método también comprende los pasos de instalar el absorbedor de calor de microcanal en contacto directo con la porción no iluminada del dispositivo fotovoltaico, e instalar el dissipador de calor a una distancia suficientemente alejada del dispositivo fotovoltaico para permitir que el dissipador de calor sea rechazado a temperatura ambiente.

30 En realizaciones preferidas, el dissipador de calor puede instalarse fuera de una habitación que aloja el recinto del dispositivo electrónico o en un conducto de refrigeración que fluye a una ubicación fuera de la habitación, con el medio de refrigeración que fluye a través del conducto que es aire o agua. El absorbedor de calor de microcanal puede ser un absorbedor de calor de microcanal de flujo paralelo. El absorbedor de calor de microcanal puede ser un absorbedor de calor de microcanal de flujo cruzado. La conductividad térmica puede ser superior a 170 vatios/m-°C y los microcanales pueden tener una dimensión de sección transversal mayor de menos de 250 micras. La tubería de calor puede ser completamente pasiva. El dispositivo fotovoltaico o captador solar puede tener un diseño en el que la intensidad de la luz y (carga de calor concomitante) puedan amplificarse mediante medios de concentración. El dissipador de calor puede estar provisto opcionalmente de un medio para convertir el calor residual en electricidad adicional. Los medios para convertir el calor residual en electricidad adicional pueden comprender uno o una pluralidad de generadores termoeléctricos, que pueden ser, pero no están restringidos a, dispositivos del tipo efecto Seebeck. Los medios para convertir el calor residual en electricidad adicional pueden comprender un circuito secundario de un fluido de trabajo, que puede o no ser diferente del fluido de trabajo del sistema primario de absorbedor de calor, con el fluido de trabajo siendo vaporizado y presurizado por el calor residual desde el sistema primario de absorbedor de calor, y el vapor de fluido de trabajo secundario presurizado que pasa a través de un turbogenerador, y el vapor de fluido de trabajo secundario que sale del turbogenerador siendo condensado por el dissipador de calor.

45 En otro aspecto general, la invención presenta un método de refrigeración, que comprende hacer fluir un fluido líquido de trabajo a través de una pluralidad de microcanales que tienen una dimensión de sección transversal al centro del canal que es aproximadamente igual o menor que el grosor de la capa límite térmica para el fluido de trabajo, haciendo que al menos parte del fluido de trabajo forme un vapor y absorba calor en una primera ubicación, recibiendo y condensando el vapor de fluido de trabajo para descargar calor del fluido en una segunda ubicación y reformar el fluido líquido de trabajo, y devolver continuamente el fluido de trabajo condensado desde la segunda ubicación a la primera ubicación.

55 En realizaciones preferidas, el paso de hacer que el fluido de trabajo forme un vapor puede tener lugar en los microcanales. El paso de la condensación puede tener lugar en los microcanales. El fluido de trabajo puede ser transportado sustancialmente solo de forma pasiva.

60 En un aspecto general adicional, la invención presenta un sistema de refrigeración, que comprende medios para hacer fluir un fluido líquido de trabajo a través de una pluralidad de microcanales que tienen una dimensión de sección transversal al centro del canal que es aproximadamente igual o menor que el grosor de la capa límite térmica para el fluido de trabajo, medios para hacer que al menos parte del fluido de trabajo forme un vapor y absorber calor en una primera ubicación, medios para recibir y condensar el vapor de fluido de trabajo para descargar calor del fluido en una segunda ubicación y reformar el fluido líquido de trabajo, y medios para devolver continuamente el fluido de trabajo condensado desde la segunda ubicación a la primera ubicación.

65 En otro aspecto general, la invención presenta un sistema de generación de electricidad solar, que comprende un concentrador solar posicionado para recibir y concentrar la radiación solar, una célula solar fotovoltaica posicionada

5 para recibir la radiación solar concentrada del concentrador solar y operativa para convertir parte de la energía en la radiación solar concentrada en electricidad y parte de la energía en la radiación solar concentrada en calor, un primer intercambiador de calor que comprende una pluralidad de microcanales que tiene una dimensión de sección transversal en el centro del canal que es aproximadamente igual o menor que el grosor de la capa límite térmica para un fluido activo, estando acoplado térmicamente a la célula solar, y siendo operativo para transferir el calor de la célula solar fotovoltaica al fluido de trabajo en los microcanales, un conducto que tiene un primer extremo que responde hidráulicamente al intercambiador de calor y que tiene un segundo extremo, y un segundo intercambiador de calor que responde hidráulicamente al segundo extremo del conducto.

10 En realizaciones preferidas, el sistema puede comprender además un generador eléctrico acoplado térmicamente al segundo intercambiador de calor y operativo para producir electricidad a partir del calor transferido desde el primer intercambiador de calor al segundo intercambiador de calor por el fluido de trabajo. El segundo intercambiador de calor también puede comprender microcanales que tienen una dimensión de sección transversal de menos de 1000 micras. Los intercambiadores de calor y el conducto pueden construirse y adaptarse para funcionar con un fluido de trabajo que cambia de fase durante el funcionamiento del sistema. El sistema puede comprender además células solares fotovoltaicas adicionales que responden a la radiación solar concentrada, puede comprender además otros primeros intercambiadores de calor acoplados térmicamente a las células fotovoltaicas adicionales, y puede comprender además conductos adicionales conectados hidráulicamente entre los primeros intercambiadores de calor y el segundo intercambiador de calor. El sistema puede comprender además un conducto de retorno conectado hidráulicamente entre el primer intercambiador de calor y el segundo intercambiador de calor para proporcionar fluido de retorno desde el segundo intercambiador de calor al primer intercambiador de calor. El fluido de trabajo puede ser transportado de forma sustancialmente solo pasiva. La célula fotovoltaica puede tener una dimensión más corta y una dimensión más larga en un plano perpendicular a un ángulo de iluminación, con los microcanales del intercambiador de calor estando orientados perpendicularmente a la dimensión más larga.

25 En un aspecto general adicional, la invención presenta un método de generación de electricidad solar que incluye la concentración de radiación solar, convirtiendo parte de la energía en la radiación solar concentrada en electricidad y parte de la energía en la radiación solar concentrada en calor, transfiriendo al menos un poco del calor de la célula solar fotovoltaica a un fluido de trabajo en una pluralidad de microcanales que tienen una dimensión de sección transversal en el centro del canal que es aproximadamente igual o menor que el grosor de la capa límite térmica para el fluido de trabajo, causando que el trabajo fluido fluya a otra ubicación, y extraer al menos parte del calor del fluido de trabajo después de hacer que fluya a otra ubicación.

30 En otro aspecto general, la invención presenta un sistema de generación de electricidad solar, que comprende medios para concentrar la radiación solar, medios para convertir parte de la energía en la radiación solar concentrada en electricidad y parte de la energía en la radiación solar concentrada en calor, medios para transferir al menos parte del calor de la célula solar fotovoltaica a un fluido de trabajo en una pluralidad de microcanales que tienen una dimensión de sección transversal al centro del canal que es aproximadamente igual o menor que el grosor de la capa límite térmica para el fluido de trabajo, medios para hacer que el fluido de trabajo fluya a otra ubicación, y medios para extraer al menos parte del calor del fluido de trabajo después de hacer que fluya a otra ubicación.

Breve descripción de los dibujos

45 La figura 1 muestra un núcleo de intercambiador de calor de microcanal de la técnica anterior adecuado para su uso en la fabricación de una tubería de calor de acuerdo con la invención;

50 las figuras 2a y 2b muestran otro núcleo de intercambiador de calor de microcanal de la técnica anterior adecuado para su uso en la fabricación de una tubería de calor de acuerdo con la invención;

la figura 3 muestra una tubería de calor de acuerdo con la invención, que emplea un absorbedor de calor que usa un núcleo de microcanal de flujo paralelo y dos tuberías para la conexión al disipador de calor;

55 la figura 4 muestra una tubería de calor de acuerdo con la invención, que emplea un absorbedor de calor que usa un núcleo de microcanal de flujo paralelo y una única tubería para la conexión al disipador de calor;

la figura 5 muestra una tubería de calor de acuerdo con la invención, que emplea un absorbedor de calor que usa un núcleo de microcanal de flujo cruzado y dos tuberías para la conexión al disipador de calor;

60 la figura 6 muestra una tubería de calor de acuerdo con la invención, que emplea un absorbedor de calor que usa un núcleo de microcanal de flujo cruzado y una tubería única para la conexión al disipador de calor;

65 la figura 7 muestra una tubería de calor de acuerdo con la invención, que emplea un disipador de calor que usa un núcleo de microcanal de flujo paralelo y dos tuberías para la conexión al absorbedor de calor;

la figura 8 muestra una tubería de calor de acuerdo con la invención, que emplea un disipador de calor que usa un

núcleo de microcanal de flujo paralelo y una única tubería para la conexión al absorbedor de calor;

la figura 9 es un gráfico que muestra el rendimiento de eliminación de calor de dos tuberías de calor de acuerdo con la invención en comparación con los dispositivos de refrigeración de la técnica anterior;

5 la figura 10 es un diagrama en corte transversal de una realización ilustrativa de un sistema de generación de electricidad solar que emplea intercambiadores de calor de microcanal;

10 la figura 11 es un diagrama en corte transversal de otra realización ilustrativa de un sistema de generación de electricidad solar;

la figura 12 es un diagrama en perspectiva del sistema de generación de electricidad solar de la figura 11;

15 la figura 13 es un diagrama en corte transversal de un captador para una realización ilustrativa adicional de un sistema de generación de electricidad solar; y

la figura 14 es un diagrama en perspectiva del sistema de generación de electricidad solar de la figura 13 con su colector de entrada eliminado para mostrar la dirección del flujo.

20 Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

De acuerdo con la invención, los llamados dispositivos de intercambio de calor de "microcanal", a veces también conocidos como intercambiadores de calor de "circuito impreso", se usan como el absorbedor de calor y/o el disipador de calor para tuberías de calor. El inventor ha descubierto que las tuberías de calor que incorporan tales dispositivos proporcionan velocidades de transferencia de calor excepcionalmente altas entre la fuente o disipador de calor y el fluido de trabajo. Sin querer limitarse a ninguna teoría o explicación particular, el inventor especula que la muy alta eficacia de las tuberías de calor de la invención puede resultar de la superación de una limitación de las tuberías de calor convencionales típicas, a saber, que la capacidad de transferencia de calor de la sección tubular central de la tubería es significativamente más alta de lo que se cree, debido a las limitaciones en las velocidades a las que el absorbedor de calor y/o el disipador de calor transfieren calor hacia y desde la sección central. En configuraciones convencionales típicas, el material conductor en contacto con el fluido de trabajo y la fuente de calor o medio de refrigeración es relativamente grueso, típicamente del orden de 1,2-15 mm en la dimensión más fina. Esto puede limitar la velocidad de transferencia de calor, debido a la resistencia térmica del material de intercambio de calor. También se especula que la transferencia de calor se ve impedida adicionalmente por la resistencia de la película de fluido en la capa límite del fluido de trabajo en ebullición o condensación adyacente al material intercambiador de calor.

El grosor de la capa límite de la velocidad de fluido (hidrodinámica) es una función del número de Reynolds (Re), y el grosor de la capa límite térmica es una función del grosor de la capa límite hidrodinámica dividido por la raíz cúbica del número de Prandtl (Pr). Las funciones y ecuaciones particulares dependen de la geometría del sistema (por ejemplo, placas planas frente a tubos); aunque el cambio de fase puede complicar las cosas.

Re = velocidad * longitud característica * densidad / viscosidad

45 Pr = capacidad calorífica * viscosidad / conductividad térmica

La longitud característica es el diámetro de los tubos y el diámetro hidráulico de los canales no circulares.

50 La relación de la transferencia de calor convectiva a conductiva a través del (normal en) límite es dada por el número de Nusselt (Nu).

Nu = coeficiente de transferencia de calor * conductividad térmica / longitud característica

55 En el flujo laminar (como es el caso en microcanales), el número de Nusselt es una constante (al menos para una fase dada), por lo que se puede ver que la transferencia de calor mejora con el inverso del diámetro del canal. Esta es la razón por la que la transferencia de calor mejora dramáticamente a medida que los canales se hacen más pequeños. (La compensación es la creciente de caída de presión / reducción de flujo a medida que los canales se hacen más pequeños).

60 Para los flujos internos (por ejemplo, canales y tubos cerrados), el flujo es laminar cuando $Re < 2200$. Por lo tanto, un experto en la técnica de mecánica de fluidos puede calcular los grosores de capa límite hidrodinámica y térmica para propiedades de fluido, condiciones de flujo y geometría de canal conocidas. El diámetro/grosor máximo del microcanal debe ser dos veces menor que el grosor de la capa límite térmica o de la capa límite hidrodinámica (factor de dos porque la capa límite no puede extenderse más allá del punto medio del canal).

65 Desde la ecuación de capa límite fluida pertinente para la geometría de interés, que es una función de Re, y la

velocidad, densidad y viscosidad (usadas para calcular Re), se puede resolver la dimensión límite o el grosor de manera que el grosor de la capa límite fluida es igual a la distancia desde la pared a la línea central, cuando $Re = 2200$.

- 5 Desde la ecuación de la capa límite termal pertinente para la geometría de interés, que es una función del grosor de la capa límite fluida dividida por la raíz cúbica de Pr , y la capacidad de calor, conductividad térmica y viscosidad (usadas para calcular Pr), se puede calcular el grosor de la capa límite térmica.

10 A diferencia de las tuberías de calor convencionales, las secciones de absorbedor de calor y/o disipador de calor de las tuberías de calor de la invención tienen canales submilimétricos y grosores de pared cuya longitud característica es menor que el grosor de la capa límite térmica, reduciendo sustancialmente tanto los valores de resistencia conductiva como la resistencia convectiva/térmica. Mientras que los intercambiadores de calor de microcanal se han usado en servicios de transferencia de calor ordinarios, hasta ahora no se han usado junto con tuberías de calor, para transferir calor a altas velocidades entre fuentes de calentamiento y refrigeración separadas físicamente.

15 Las tuberías de calor de la presente invención proporcionan una mejora significativa de la transferencia de calor maximizando el intercambio de calor en el absorbedor de calor y/o disipador de calor mediante el uso de dispositivos de intercambio de calor de microcanal, acoplados con las altas tasas de transferencia de calor a través de las distancias asociadas con los cambios de fase y movimientos del fluido de trabajo. En algunas realizaciones de la invención, el absorbedor de calor y/o el disipador de calor son pasivos, lo que significa que no se emplean bombas, ventiladores, válvulas u otros dispositivos que consumen energía en su funcionamiento. Se produce una tubería de calor totalmente pasiva si el absorbedor de calor y el disipador de calor son pasivos.

20 Las tuberías de calor de la presente invención se pueden usar para cualquier propósito, y son particularmente ventajosas para su uso en la disipación de calor generado por dispositivos electrónicos. La disposición adecuada de la tubería de calor permite que el calor generado por los dispositivos electrónicos sea rechazado externamente a los recintos y habitaciones que alojan los dispositivos electrónicos, reduciendo u obviando la necesidad de acondicionar el aire de las habitaciones en las que se alojan los dispositivos electrónicos.

30 Las tuberías de calor de la presente invención también pueden ser particularmente ventajosas para su uso en sistemas de generación de energía eléctrica fotovoltaica, tales como los que emplean fotocélulas, captadores solares y similares, para convertir la luz en electricidad. Las células fotovoltaicas existentes generalmente solo usan una porción del espectro de luz para la conversión fotovoltaica; con la porción inutilizable del espectro que incide sobre los dispositivos fotovoltaicos que se convierten en calor, lo que tiende a elevar la temperatura de los dispositivos y puede aumentar la resistencia eléctrica de los componentes. Esta reducción en la eficiencia de conversión con el aumento de la temperatura de los dispositivos fotovoltaicos es bien conocida y puede presentar un problema particularmente grave para los sistemas concentradores solares, en los que la intensidad de la luz que incide sobre el dispositivo fotovoltaico se amplifica hasta varios órdenes de magnitud utilizando un sistema de espejos y/o lentes dispersos a través de un área de recolección de luz más grande. Por lo tanto, los sistemas concentradores solares a menudo están equipados con bloques refrigerados por aire o agua que respaldan las células fotovoltaicas, para minimizar el aumento de temperatura de las células fotovoltaicas. Sin embargo, en estos sistemas, la eliminación de calor puede estar limitada por el flujo de calor que puede alcanzarse por los bloques de refrigeración, que a su vez puede estar limitado por la conductividad térmica de bloques relativamente masivos. Además, los sistemas de bloques de refrigeración a menudo requieren equipos auxiliares complejos y masivos, como bombas o ventiladores y radiadores, que pueden limitar la flexibilidad de diseño y aumentar los costes de las instalaciones del concentrador solar. La aplicación de tuberías de calor de acuerdo con la invención puede ayudar a resolver estos problemas y de forma más eficiente, preferiblemente pasiva, eliminar el calor de las células fotovoltaicas, especialmente las usadas en los sistemas de concentradores solares. Esto puede permitir una mayor eficiencia de conversión eléctrica y aumentar la flexibilidad de diseño de las instalaciones solares.

50 La invención se ilustrará a continuación con referencia a las figuras, en las que números similares indican elementos similares en todas las figuras. Las figuras están destinadas a ser ilustrativas más que limitativas y se incluyen para facilitar la explicación de la invención. Las figuras no están a escala, y no están destinadas a ser dibujos de ingeniería. Además, se apreciará que los dispositivos de la invención se pueden usar para una amplia variedad de aplicaciones, y, por consiguiente, las dimensiones y los materiales útiles para hacerlas también cubren una amplia gama, y a veces son interdependientes. Por lo tanto, la invención no debe interpretarse como limitada por los materiales y dimensiones indicados explícitamente en las figuras y el texto asociado.

Tuberías de calor que emplean absorbedores de calor de microcanal

60 Los intercambiadores de calor de microcanal de la técnica anterior se usan como el absorbedor de calor y opcionalmente como el disipador de calor para las tuberías de calor de acuerdo con la invención. Los núcleos de los intercambiadores de calor de microcanal comprenden una o más capas de microcanales paralelos, en los que la dimensión de sección transversal más grande de los microcanales es menor de 1000 micras, y preferiblemente menor de 250 micras, y los materiales de construcción de las superficies de transferencia de calor son materiales con conductividades térmicas superiores a 5 vatios/m²C, y preferiblemente superiores a 17 vatios/m²C, y más

preferiblemente superiores a 170 vatios/m²·°C. Si se usa más de una capa de microcanales, el número de capas puede ser cualquier número de 2 a 10, o en algunos casos un número incluso mayor, por ejemplo, tan alto como 20.

Con referencia ahora a la figura 1, los microcanales 16 de fluido de trabajo de un núcleo 14 de microcanal de flujo paralelo para un intercambiador de calor pueden estar dispuestos opcionalmente en múltiples capas 12, por lo que la transferencia de calor a las capas externas se logra por conducción térmica a través de las paredes de material que conectan las capas de los microcanales. Esto aumenta el área de transferencia de calor efectiva total (interna al dispositivo de microcanal) disponible para la evaporación o condensación del fluido de trabajo, sin requerir un aumento en el área de superficie en contacto con la fuente o disipador de calor. Cuando se usan múltiples capas, cada capa se fabrica típicamente a partir de una lámina fina con canales o ranuras abiertas grabadas, y las capas se unen o fusionan entre sí, sellando las partes superiores abiertas de los canales o ranuras, formando microcanales cerrados. Esta disposición da como resultado un intercambiador de calor monolítico, con solo una superficie conductora delgada intercalada entre pilas adyacentes de canales de fluido. También elimina la necesidad de un espaciador conductivo y su resistencia asociada a la transferencia de calor. Tales dispositivos están disponibles comercialmente, siendo un ejemplo los refrigeradores de líquido "Ardex", fabricados por Atotech Deutschland GmbH, con sede en Berlín, Alemania. Usando tal configuración para el absorbedor de calor, las tuberías de calor de la presente invención disfrutan de velocidades inherentemente altas de transferencia de calor conductivo.

Las figuras 2a y 2b representan otro núcleo de intercambiador de calor de la técnica anterior, mostrado en general en 15, adecuado para usar en tuberías de calor de acuerdo con la invención. El núcleo 15, al que se hace referencia en el presente documento como un núcleo de microcanal de flujo cruzado, tiene dos o más capas alternas 12 de microcanales, es decir, microcanales 16 de fluido de trabajo como se describió anteriormente alternando con microcanales 38 de fluido intermedio. La orientación de las capas es tal que las capas alternas se juntan en las regiones de entrada y salida comunes, permitiendo que el fluido intermedio fluya a través de la unidad sin mezclarse con el fluido de trabajo. El fluido intermedio puede ser cualquier líquido o gas adecuado para transferir calor desde el núcleo 15 de microcanal de flujo cruzado (en el caso donde el núcleo se usa en un disipador de calor) o al núcleo 15 (si el núcleo se usa en un absorbedor de calor). Es preferible disponer el canal y la orientación de la capa de manera que dos fluidos fluyan a través de sus respectivos canales en direcciones sustancialmente perpendiculares entre sí. La figura 2a muestra el intercambiador de calor desde el lado que muestra los microcanales 16 de fluido de trabajo, y la figura 2b lo muestra desde un lado perpendicular al primero, es decir, girado 90 ° alrededor de un eje vertical, mostrando los microcanales 38 de fluido intermedio. Tales dispositivos están disponibles comercialmente, siendo un ejemplo un intercambiador de calor de circuito impreso (PCHE), fabricado por Heatric, con sede en Dorset, Inglaterra.

Con referencia ahora a la figura 3, se muestra una vista en despiece ordenado de un absorbedor 101 de calor de microcanal para su uso en una tubería de calor de acuerdo con la invención. Este tipo de tubería de calor es una configuración de 2 tuberías, también conocida como termosifón. El calor es conducido desde la fuente de calor, es decir, el objeto o fluido que se va a enfriar (no mostrado), a través de la superficie de la capa más inferior del núcleo 14 por conducción. El calor es conducido además a los microcanales 16 de fluido de trabajo del núcleo 14 del microcanal de flujo paralelo, construidos, por ejemplo, como se muestra en la figura 1. Cuando se usan múltiples capas de microcanales en el núcleo 14, parte del calor es conducido a las capas sucesivas por conducción a través de las paredes laterales de las capas.

El absorbedor de calor está conectado a un disipador de calor elevado mostrado esquemáticamente en 13 por medio de dos tuberías o tubos de dimensiones ordinarias, que típicamente tienen un diámetro interno de aproximadamente 1,3 mm a aproximadamente 2,5 cm. Sin embargo, no existe un límite fundamental para el diámetro: cuanto mayor sea el diámetro, mayor será la potencia axial, es decir, la cantidad de calor que se puede transferir entre la fuente de calor y el disipador de calor. Por lo tanto, el diámetro puede ser de 5 o 7,5 cm o incluso mayor. El fluido de trabajo vaporizado sale del núcleo 14 del microcanal de flujo paralelo hacia el colector 20 de lado caliente y fluye desde el absorbedor de calor al disipador de calor por medio la tubería 26 de lado caliente (preferiblemente de un diámetro mayor que la tubería 30 de lado frío). En el disipador 13 de calor, el fluido de trabajo cede su calor a un medio de refrigeración, lo que provoca que se condense de nuevo a líquido. El fluido líquido de trabajo condensado vuelve desde el disipador de calor por gravedad a través de la tubería 30 de lado frío al colector 18 de lado frío y luego al núcleo 14 de microcanales de flujo paralelo, completando el ciclo.

Aunque el disipador 13 de calor es preferiblemente un intercambiador de calor de microcanal, alternativamente puede ser de cualquier diseño conveniente para facilitar la condensación del fluido de trabajo, por ejemplo, un intercambiador de calor convencional, tubos con aletas refrigerados por aire o placas huecas, refrigerador termoeléctrico, etc.

La figura 4 muestra una realización de la invención en la que el absorbedor 102 de calor es similar al descrito en la figura 3, pero está conectado al disipador 13 de calor por medio de una tubería 32 de conexión común, a través de la cual el fluido 24 de trabajo vaporizado y el fluido líquido 28 de trabajo se mueven coaxialmente y contra corriente. La tubería de calor funciona de manera similar a la de la figura 3, excepto que el fluido 24 de trabajo vaporizado se mueve a través de la porción central de la tubería 32 de conexión común, y el fluido líquido 28 de trabajo se desplaza a lo largo de las paredes de la tubería, por ejemplo, como una película anular móvil. En otra realización (no

mostrada), la tubería 32 de conexión común tiene una mecha anular o coaxial para contracorriente coaxial del fluido líquido de trabajo y vaporizado. Por ejemplo, las paredes de la tubería de conexión pueden estar revestidas con una banda anular de, o empaquetadas de manera coaxial con, un material de mecha poroso. El líquido se desplaza por acción capilar a través del material de mecha poroso. Esto permite que la tubería de calor esté orientada de manera distinta que sustancialmente vertical, por ejemplo, con el nivel de disipación de calor con o incluso por debajo del absorbedor de calor.

La figura 5 muestra otra realización de la invención, que emplea un absorbedor 103 de calor que incluye un núcleo 15 de microcanal de flujo cruzado tal como se muestra en la figura 2. El calor se transfiere desde la fuente de calor al absorbedor 104 de calor por medio de un fluido intermedio, por ejemplo, líquido, gas o vapor condensable. El fluido intermedio relativamente caliente/cálido entra por la tubería 36 de entrada en el colector 37 de entrada, fluye a través de microcanales 38 de fluido intermedio, sale del núcleo 15 de microcanales de flujo cruzado en el colector 39 de salida a una temperatura inferior y sale del absorbedor de calor por la tubería 42 de salida. Mientras está en el núcleo 15 de microcanal de flujo cruzado, el fluido intermedio se refrigera mediante el fluido de trabajo a través de la conducción de calor en el fluido de trabajo (en ebullición) en las capas intermedias, a través de las paredes de los microcanales 16 de fluido de trabajo y los microcanales 38 de fluido intermedio.

La figura 6 muestra otra realización de la invención, en la que el absorbedor 104 de calor está conectado a un disipador de calor mostrado esquemáticamente en 13 por medio de una tubería 32 de conexión común, a través de la cual el fluido 24 de trabajo vaporizado y el fluido líquido 28 de trabajo se mueven coaxialmente y contra corriente. El vapor se mueve a través de la porción central de la tubería de conexión, y el líquido se desplaza a lo largo de las paredes de la tubería, por ejemplo, como una película anular móvil. El calor se transfiere desde la fuente de calor al absorbedor 103 de calor por medio de un fluido intermedio, por ejemplo, líquido, gas o vapor condensable. El fluido intermedio entra por la tubería 36 de entrada en el colector 37 de entrada, fluye a través de microcanales 38 de fluido intermedio, sale del núcleo 15 de microcanal de flujo cruzado en el colector 39 de salida, y sale 103 por la tubería 42 de salida. Mientras está en el núcleo 15 de microcanal de flujo cruzado, el fluido intermedio es refrigerado por el fluido de trabajo (en ebullición) a través de la conducción de calor al fluido de trabajo en las capas intermedias, a través de las paredes de los microcanales 16 de fluido de trabajo y los microcanales 38 de fluido intermedio. En otra realización (no mostrada), la tubería 32 de conexión común tiene una mecha anular o coaxial para contracorriente coaxial del fluido líquido de trabajo y vaporizado. Por ejemplo, las paredes de la tubería de conexión pueden estar revestidas con una banda anular, o empaquetadas de manera coaxial con un material de mecha poroso. El líquido se desplaza por acción capilar a través del material de mecha poroso. Esto permite que la tubería de calor esté orientada de manera distinta que sustancialmente vertical, por ejemplo, con el nivel de disipador de calor con o incluso por debajo del absorbedor de calor.

Tuberías de calor que emplean disipadores de calor de microcanal

Con referencia ahora a la figura 7, se muestra una realización de la invención en la que el disipador 105 de calor es un intercambiador de calor de microcanal con superficies extendidas refrigeradas por convección natural o forzada con aire u otros refrigerantes fluidos, y la tubería de calor tiene tuberías de conexión separadas para el fluido líquido de trabajo y vaporizado. La estructura es similar a la del absorbedor de calor mostrado en la figura 3, con la adición de superficies 44 de refrigeración, y la orientación espacial es típicamente como se muestra en la figura 7, es decir, girada alrededor de un eje horizontal que se extiende en la página 90 ° con relación a la forma en que se orientaría cuando se use como un absorbedor de calor como en la figura 3.

Las superficies 44 de refrigeración están provistas en el exterior de uno o ambos lados de una unidad de una sola capa, o en el exterior de una o ambas de las capas más externas en una unidad de múltiples capas. Pueden comprender extensiones finas de material térmicamente conductivo, para proporcionar un área superficial de transferencia de calor adicional expuesta al aire u otro medio de refrigeración final. Las superficies extendidas pueden ser de cualquier geometría u orientación conveniente, por ejemplo, pasadores, aletas perpendiculares paralelas, fibras espaciadas, nervaduras, y similares.

El disipador 105 de calor está conectado a un absorbedor de calor de microcanal mostrado esquemáticamente en 17 ubicado a una elevación más baja por medio de dos tuberías o tubos de dimensiones ordinarias, que típicamente tienen un diámetro interno de aproximadamente 1,3 mm a aproximadamente 2,5 cm. Sin embargo, no hay un límite fundamental para el diámetro: cuanto mayor es el diámetro, mayor es la potencia axial. El fluido de trabajo vaporizado fluye desde el absorbedor de calor al disipador de calor por medio de una tubería 26 de lado caliente y entra en el núcleo 14 de microcanal de flujo paralelo en el colector 20 de lado caliente. El calor es conducido desde el disipador de calor a través de las superficies 44 de refrigeración a un fluido circundante, que puede ser un gas tal como aire o un líquido, dando como resultado la condensación del fluido de trabajo en los microcanales 16 de fluido de trabajo. El fluido líquido de trabajo condensado sale del núcleo 14 de microcanal de flujo paralelo en el colector 18 de lado frío que vuelve a través de la tubería 30 de lado frío por gravedad al absorbedor de calor. La tubería 26 de lado caliente está conectada preferiblemente en un punto alto por encima del núcleo 14 de microcanal de flujo paralelo.

La figura 8 muestra una realización de la invención en la que el disipador de calor, mostrado generalmente en 106,

es un intercambiador de calor de microcanal similar al absorbedor de calor mostrado en la figura 4, con la adición de superficies 44 de refrigeración como se describió anteriormente. Como se muestra en la figura 8, su orientación típica se invertirá con respecto a la orientación cuando se use como un absorbedor de calor.

5 El fluido 24 de trabajo vaporizado fluye desde el absorbedor de calor mostrado esquemáticamente en 17 al disipador de calor por medio de la tubería 32 de conexión común y entra en el núcleo 14 de microcanal de flujo paralelo en el colector 20 de lado caliente. El calor es conducido fuera del disipador de calor a través de las superficies 44 de refrigeración a un fluido circundante, que puede ser un gas tal como aire o un líquido, dando como resultado la condensación del fluido de trabajo en los microcanales 16 de fluido de trabajo. El fluido líquido 28 de trabajo
10 condensado se desplaza a lo largo de las paredes de la tubería 32 de conexión común, por ejemplo, como una película anular móvil. En otra realización (no mostrada), la tubería 32 de conexión común tiene una mecha anular o coaxial para contracorriente coaxial del fluido líquido de trabajo y vaporizado. Por ejemplo, las paredes de la tubería de conexión pueden estar revestidas con una banda anular, o empaquetadas de manera coaxial con un material de mecha poroso. El líquido se desplaza por acción capilar a través del material de mecha poroso. Esto permite que la
15 tubería de calor esté orientada de manera distinta que sustancialmente vertical, por ejemplo, con el nivel de disipador de calor con o incluso por debajo del absorbedor de calor.

En otra realización de la invención, el disipador de calor está construido sustancialmente de la misma manera que el absorbedor de calor mostrado en la figura 5, pero con una orientación invertida. El calor se transfiere fuera del disipador de calor por medio del fluido intermedio (líquido o gas), que está a una temperatura relativamente baja cuando entra en el núcleo 15 de microcanal de flujo cruzado a través de la tubería 36 de entrada y el colector 37 de entrada, y que sale del núcleo 15 de microcanal de flujo cruzado a una temperatura más alta a través del colector 39 de salida y la tubería 42 de salida. La condensación de fluido de trabajo vaporizado se produce de una manera sustancialmente igual a la descrita anteriormente con respecto a la figura 7, excepto que el calor sale del disipador
20 de calor a través del fluido intermedio.

En otra realización de la invención, el disipador de calor está construido sustancialmente de la misma manera que el absorbedor de calor mostrado en la figura 6, pero con una orientación invertida. La entrada y la condensación del fluido 24 de trabajo vaporizado, y el retorno del fluido líquido 28 de trabajo, se producen sustancialmente de la misma manera que se describe con respecto a la figura 8, y el calor se transfiere fuera del disipador de calor sustancialmente de la misma manera que en el dispositivo de la figura 1. En otra realización, la tubería 32 de conexión común tiene una mecha anular o coaxial para contracorriente coaxial del fluido líquido de trabajo y vaporizado, como se describe previamente.
30

En otra realización de la invención, el disipador de calor está construido sustancialmente de la misma manera que el absorbedor de calor mostrado en la figura 3, pero con una orientación invertida. El calor se elimina del disipador de calor por conducción térmica a través de las superficies externas en un medio de refrigeración. El medio de refrigeración puede ser un fluido (por ejemplo, el disipador de calor está sumergido), o un sólido frío que se mantiene frío por medios externos, por ejemplo, por refrigeración, refrigeración termoeléctrica, evaporaciones de un fluido externo, calentamiento sensible de un fluido externo de flujo, etc. La condensación del fluido de trabajo vaporizado se produce de una manera sustancialmente igual que la descrita anteriormente con respecto a la figura 7.
35 40

En otra realización de la invención, el disipador de calor está construido sustancialmente de la misma manera que el absorbedor de calor mostrado en la figura 4, pero con una orientación invertida. La entrada y la condensación del fluido 24 de trabajo vaporizado y el retorno del fluido líquido 28 de trabajo se producen sustancialmente de la misma manera que la descrita con respecto a la figura 8, y el calor se elimina del disipador de calor por conducción térmica a través de las superficies externas en un medio de refrigeración como se describe en la realización inmediatamente anterior. En otra realización, la tubería 32 de conexión común tiene una mecha anular o coaxial para contracorriente coaxial del fluido líquido de trabajo y vaporizado, como se describe previamente.
45 50

De acuerdo con la invención, cualquier absorbedor de calor de microcanal puede combinarse con cualquier disipador de calor. Los disipadores de calor de microcanal se usarán en muchas situaciones. Por ejemplo, el disipador de calor de la figura 8 puede combinarse con el absorbedor de calor de la figura 4. O bien, el disipador de calor de la figura 7 puede combinarse con el absorbedor de calor de la figura 3. Otras combinaciones serán evidentes para los expertos en la técnica, y todas ellas están contempladas por la invención.
55

Fluidos de trabajo

Se pueden usar muchos fluidos como fluido de trabajo en tuberías de calor de acuerdo con la invención. El fluido debe tener suficiente presión de vapor bajo las condiciones de uso de temperatura y presión para permitir una vaporización y condensación significativas, como se describe anteriormente en el presente documento. Como las condiciones de temperatura y presión varían sustancialmente de una aplicación a la siguiente, se puede usar una gran variedad de fluidos. Los ejemplos comunes incluyen agua, alcoholes e hidrocarburos. El inventor ha descubierto que las tuberías de calor de acuerdo con la invención son particularmente útiles cuando el fluido de trabajo es un fluorocarbono (FC) o hidrof fluorocarbono (HFC) o un clorofluoroalqueno (CFA) o un hidrof fluorocarbono clorado (CHFA), o una mezcla de estos. En el caso de una pérdida de contención, es poco probable que estos
60 65

materiales se enciendan, tengan consecuencias ambientales o de salud mínimas adversas, no causen daños a los componentes electrónicos, no creen riesgo de descarga eléctrica y se disipen fácilmente. Son poco tóxicos, eléctricamente no conductores, no corrosivos para la mayoría de los materiales y tienen poca o ninguna inflamabilidad.

5 Los fluidos de trabajo de FC, HFC, CFA o CHFA adecuados se elegirán típicamente para adaptar sus propiedades termodinámicas a las temperaturas de trabajo y presiones particulares de los sistemas de tuberías de calor en las que se usan. Los fluidos de ejemplo incluyen cualquiera de los diversos pentafluoropropanos, hexafluoropropanos, pentafluorobutanos comercialmente disponibles y monoclóro fluoropropenos. Para tuberías de calor que funcionan en el intervalo de ambiente (aproximadamente 20 °C) a aproximadamente 100 °C, los fluidos de trabajo adecuados de ejemplo incluyen los que tienen puntos de ebullición normales (es decir, puntos de ebullición a presión atmosférica) en el intervalo de 10 °C a 80 °C, y más típicamente en un rango de 10 °C a 45 °C. Las clases adecuadas de HFC incluyen pentafluoropropanos, hexafluoropropanos y pentafluorobutanos. Los ejemplos específicos de HFC adecuados incluyen HFC-245fa, HFC-245ca, HFC-236ca, HFC-365mfc, y mezclas de los mismos. Los ejemplos específicos de CHFA adecuados incluyen HCFC 1233zd y HCFC 1233xf. Los sistemas de tuberías de calor que incluyen estos fluidos de trabajo típicamente funcionan a presiones ligeramente elevadas con respecto a la presión atmosférica. En algunas realizaciones, las tuberías de calor de acuerdo con la invención pueden tener disipadores de calor que funcionan a una temperatura de condensación de aproximadamente 30 °C a aproximadamente 50 °C, y HFC-245fa, HFC-245ca, HFC-236ca, HFC-365mfc, HCFC 1233zd y HCFC 1233xf pueden ser particularmente adecuados para su uso en tales sistemas. En una realización, la invención proporciona un método de refrigeración de un artículo, líquido o gas con un sistema de tubería de calor usando como fluido de trabajo HFC-245fa, HFC-245ca, HFC-236ca, HFC-365mfc, HCFC 1233zd, HCFC 1233xf, o una mezcla de estos. En esta realización, la estructura de la tubería de calor puede ser cualquiera de las descritas en el presente documento, pero el inventor también contempla el uso de estos fluidos en una tubería de calor de cualquier estructura. Por lo tanto, también se reivindican sistemas de tuberías de calor de cualquier estructura que contenga estos fluidos, y métodos de refrigeración mediante el uso de tales sistemas.

En algunas realizaciones de la invención, las tuberías de calor tales como las divulgadas en el presente documento pueden instalarse en un equipo electrónico para expulsar calor de un dispositivo microelectrónico a una ubicación externa al recinto del dispositivo electrónico.

Para dispositivos/recintos microelectrónicos que están alojados en habitaciones con aire acondicionado, por ejemplo, centros de datos informáticos, salas de control industrial y similares, se prefiere en algunas realizaciones colocar el disipador de calor de la tubería de calor en un conducto de aire o tubería de agua, de modo que se usa un flujo de aire ambiente (suministrado externamente) o agua de refrigeración, en lugar de aire acondicionado, para llevar el calor rechazado a un lugar externo a la habitación o edificio que aloja los dispositivos microelectrónicos. Tal disposición permite que la refrigeración y la eliminación de calor se lleven a cabo con poco o ningún aire acondicionado dedicado a los dispositivos electrónicos, reduciendo así el consumo de energía.

40 La tubería o tuberías de interconexión no necesitan ser integrales con las secciones del absorbedor de calor o del disipador de calor. Las tuberías de conexión se pueden ensamblar por separado y unirse a las secciones del absorbedor de calor y del disipador de calor. Como consecuencia, las tuberías de interconexión pueden ser de cualquier longitud conveniente, siempre que la caída de presión sea menor que la fuerza motriz (gravedad y/o presión capilar) para devolver el líquido condensado al absorbedor de calor. El uso de tuberías de interconexión relativamente largas permite que el disipador de calor y su medio de refrigeración asociado se ubiquen de forma remota desde la fuente de calor. En el caso de una fuente de calor encerrada, por ejemplo, dispositivo microelectrónico, cámara de combustión, área radioactiva, etc., esto permite eliminar el calor sin transferir calor a otros objetos en las inmediaciones de la fuente de calor. También permite el uso de medios de refrigeración distintos del aire en el disipador de calor, por ejemplo, agua, fluidos refrigerados, dispositivos de refrigeración termoeléctrica, etc. En algunas realizaciones, la longitud de las tuberías puede estar en un intervalo de 12,5 a 25,5 cm, por ejemplo cuando se usan para rechazar el calor desde el interior de un dispositivo electrónico (por ejemplo, un ordenador personal) al aire circundante. En otras realizaciones, la longitud puede ser de 1,5 a 3,0 m o incluso de 1,5 a 9,0 m, tal como cuando el calor debe ser rechazado a una ventilación de aire o fuera de la habitación que contiene la fuente de calor. Sin embargo, la longitud puede ser incluso mayor si el diámetro de conexión es suficientemente grande para mantener la caída de presión lo suficientemente baja para un buen flujo.

La tubería 26 de lado caliente, la tubería 30 de lado frío y el tubo 32 de conexión común tendrán típicamente secciones transversales más pequeñas que las secciones del absorbedor de calor o del disipador de calor, para facilitar la recogida y el flujo del fluido líquido de trabajo y vaporizado. Las tuberías pueden tener cualquier forma arbitraria y, si tienen paredes delgadas adecuadas, pueden flexionarse o doblarse fácilmente para acomodar la colocación de offset del disipador de calor con respecto al absorbedor de calor, y/o el enrutamiento de las tuberías de conexión alrededor de otros objetos.

Con referencia a la figura 10, una realización ilustrativa del sistema 110 de generación de electricidad solar puede incluir un reflector 112 de concentración solar que recibe radiación solar y la concentra en una o más células fotovoltaicas 114. Un absorbedor 116 de calor de microcanal está acoplado o de otra manera posicionado cerca de

las células fotovoltaicas para que pueda recibir calor de ellas.

Un conducto 117 transporta el vapor de fluido de trabajo desde el absorbedor 116 de calor a un condensador 120 que puede ser de un diseño convencional o de microcanales. El condensador se puede acoplar o colocar de otra manera cerca de un generador eléctrico térmico 124 para que pueda proporcionar calor al generador. Un conducto 118 de retorno transporta el fluido de trabajo condensado de vuelta al absorbedor de calor.

Los puntales 122 y 126 de soporte u otros miembros estructurales se pueden usar para posicionar el reflector 112, las células fotovoltaicas 114, el absorbedor 116 de calor, los conductos 117-118, el condensador 120 y el generador termoeléctrico 124 unos con respecto a otros. Como es bien sabido, un sistema 128 de seguimiento y posicionamiento puede ajustar la posición del reflector de recogida solar para maximizar la cantidad de radiación recibida a medida que la Tierra gira.

En funcionamiento, el reflector de concentración solar recibe radiación solar del Sol y la concentra en las células fotovoltaicas 114. Estas células convierten energía en la radiación solar directamente en electricidad. Sin embargo, esta conversión no es 100% eficiente y parte de la energía solar calienta las células. Este calor vaporiza el fluido de trabajo en el absorbedor de calor, y el fluido vaporizado se transfiere luego al condensador 120. Debido a que la orientación del sistema aprovecha el hecho de que el fluido vaporizado tiende a aumentar, la transferencia de fluido puede tener lugar de forma totalmente pasiva. Esta operación pasiva puede permitir que el sistema sea menos costoso de implementar, más eficiente y más confiable.

El fluido vaporizado se condensa en el condensador 120 y emite calor en el proceso. Este calor es recogido por el generador termoeléctrico 124 y convertido en electricidad adicional, que puede usarse por separado o combinarse con la electricidad generada por las células fotovoltaicas. Se pueden proporcionar aletas de refrigeración u otros elementos de disipación térmica en el condensador para ayudar a enfriarlo.

Con referencia a las figuras 11-12, una disposición de recogida solar de concentración de tipo de doble canal reflector incluye un reflector parabólico vertical 118 que concentra la radiación solar en un reflector cóncavo 119. Este segundo reflector refleja la radiación solar concentrada sobre una célula solar 114 a la que está conectado térmicamente un absorbedor 116 de calor de microcanal. Los conductos 117-118 transportan fluido de trabajo desde un colector de salida de fluido de trabajo en el absorbedor de calor a un condensador 120 refrigerado por aire y luego de vuelta desde el condensador a un colector de entrada de fluido de trabajo en el absorbedor de calor. Posicionando en el condensador encima del absorbedor de calor, esta disposición también puede ser accionada pasivamente, aunque en algunas circunstancias puede ser beneficioso transportar activamente el fluido de trabajo, tal como con una bomba. El uso de un condensador separado también puede permitir que varias células conduzcan un solo condensador más grande que está conectado a un generador más grande.

Con referencia a las figuras 13-14, una realización adicional emplea flujo transversal a través de microcanales orientados perpendicularmente a la dimensión longitudinal de una disposición de recogida solar de concentración del tipo de artesa. En esta realización, un espejo primario 140 refleja la luz recibida a través del acristalamiento transparente 146 sobre un espejo secundario 142 que lo retransmite a una célula solar 150. Un intercambiador 152 de calor de microcanal transversal está acoplado preferiblemente a una superficie inferior de la célula solar, con sus canales que se extienden perpendicularmente al eje longitudinal del captador. Un colector 148a de entrada suministra fluido de refrigeración desde un disipador 152 de calor al intercambiador de calor, y un colector 148b de salida extrae el fluido de refrigeración del intercambiador de calor hacia un disipador 156 de calor. Esta disposición minimiza la caída de presión a través del absorbedor de calor, permitiendo que el fluido de trabajo hierva a una temperatura más baja para aumentar la fuerza de accionamiento de la temperatura para refrigeración, proporcionando un mayor nivel de eficiencia de refrigeración para un tamaño de intercambiador dado. También permite que la célula fotovoltaica alcance una temperatura de funcionamiento más baja y, por lo tanto, aumente la eficiencia de conversión eléctrica.

Los sistemas de acuerdo con este aspecto de la invención pueden ser ventajosos y pueden ayudar a recuperar el calor que de lo contrario se podría perder. La recuperación de este calor perdido puede mejorar la eficiencia general de una instalación de generación solar. Y la refrigeración de las células puede mejorar la eficiencia de conversión de las células y ayudar a prolongar su vida útil.

Ejemplos

Ejemplo 1: sistema de tubería de calor, sin mecha, de tubo único refrigerado por aire

Se construye un sistema de tubería de calor que consiste en un absorbedor de calor de tipo bloque de microcanales, un disipador de calor de microcanal con aletas, una tubería de conexión y un fluido de trabajo. El absorbedor de calor es un refrigerador de CPU microcanal Atotech "Ardex MC-1", fabricado por Atotech Deutschland GmbH de Berlín, Alemania. Uno de los dos orificios con rosca está provisto de un accesorio de adaptador de tubo macho de 3/8" (9,5 mm). El otro orificio roscado está cerrado con un tapón de tubería. El disipador de calor es un refrigerador de CPU microcanal Atotech "Ardex MC-1", modificado por la adición de aletas de refrigeración de cobre de lámina

5 fina de metal soldadas al lado plano del dispositivo MC-1. Uno de los dos orificios con rosca está provisto de un accesorio de tubo de 3/8" (9,5 mm) de adaptador macho. El otro orificio roscado está cerrado con un tapón de tubería. La tubería de conexión es un tubo de plástico de cobre o perfluoroalcoxi (PFA) semiflexible de 3/8" (9,5 mm) de diámetro, conectado al absorbedor y al disipador de calor por medio de los accesorios del tubo. La tubería de conexión está preferiblemente aislada, para minimizar la transferencia de calor entre el tubo de conexión y el espacio de aire que lo rodea. Esto es útil si el tubo de conexión de la tubería de calor está dentro de un recinto (y el disipador de calor fuera del recinto) para minimizar el aumento de temperatura en el recinto y asegurar el rechazo máximo de calor de la fuente de calor mientras se minimiza el calentamiento del recinto. La tubería de conexión está opcionalmente doblada, para permitir que el disipador de calor sea desplazado del absorbedor de calor.

10 El conjunto de tubería de calor y un contenedor de fluido de trabajo (HFC-245fa) se enfrían en un refrigerador doméstico, a aproximadamente 4,4 °C (40 °F). El fluido líquido de trabajo refrigerado se carga en el conjunto de tubería de calor retirando el tapón de tubería del absorbedor de calor, y se vierte hasta que el nivel de líquido esté aproximadamente al mismo nivel que la parte superior de la pila de placa de microcanal. Después de cargar el fluido de trabajo, se reemplaza el tapón de tubería, sellando el sistema.

15 El conjunto de tubería de calor está orientado verticalmente, con el bloque de absorbedor de calor en la parte inferior y la sección de disipador de calor con aletas en la parte superior. El bloque de absorbedor de calor se coloca en contacto directo con el objeto caliente a enfriar, por ejemplo, una unidad de procesamiento central (CPU) de un ordenador, que genera calor durante su funcionamiento. La sección de disipador de calor con aletas está expuesta a aire a temperatura ambiente, que puede circular opcionalmente alrededor de las aletas por medio de un ventilador externo, para mejorar la tasa de eliminación de calor.

20 La conducción de calor desde el objeto caliente a través del bloque de transferencia de calor hace que el fluido de trabajo hierva. Los vapores se desplazan a través de la poción central de la tubería de conexión, y se enfrían y condensan por conducción con la sección de disipador de calor con aletas, y el calor es rechazado por convección al aire ambiente. El fluido condensado regresa por gravedad a lo largo de las paredes de la tubería de conexión al bloque de transferencia de calor, permitiendo que el ciclo se repita. Durante el funcionamiento, la temperatura del fluido de trabajo aumenta a un valor intermedio entre el de la fuente de calor y el del aire ambiente externo al disipador de calor.

25 En condiciones de estado estacionario (por ejemplo, asumiendo la generación de calor a una velocidad constante o potencia), la temperatura del fluido de trabajo se determina por la absorción de calor en equilibrio con el rechazo de calor, de acuerdo con las siguientes relaciones:

$$Q_{\text{absorbido}} = U_{\text{absorbedor}} \times A_{\text{absorbedor}} \times (T_{\text{caliente}} - T_{\text{fluido}})$$

$$Q_{\text{rechazado}} = U_{\text{disipador}} \times A_{\text{disipador}} \times (T_{\text{fluido}} - T_{\text{aire}})$$

$$T_{\text{fluido}} = \frac{(U_{\text{absorbedor}} \times A_{\text{absorbedor}} \times T_{\text{caliente}}) + (U_{\text{disipador}} \times A_{\text{disipador}} \times T_{\text{aire}})}{(U_{\text{absorbedor}} \times A_{\text{absorbedor}} + U_{\text{disipador}} \times A_{\text{disipador}})}$$

donde

40 Q = velocidad de transferencia de calor

U = coeficiente de transferencia de calor

A = área de transferencia de calor

45 T_{caliente} = temperatura de la fuente de calor

Ejemplo 2: sistema de tubería de calor, sin mecha, de dos tubos refrigerado por aire

50 Es construido un sistema de tubería de calor, que consta de un absorbedor de calor de tipo bloque de microcanales Atotech Ardex P, un disipador de calor de microcanal con aletas, dos tuberías de conexión y un fluido de trabajo. El disipador de calor de microcanal consistía en un bloque de microcanal Atotech Ardex P soldado a un conjunto de

5 aletas y ventiladores de refrigerador de CPU CompUSA Pentium de 4 tomas 478. El conjunto de tubería de calor consistía sustancialmente en el mismo equipo y construcción que los usados en el ejemplo 1, con las siguientes diferencias. El segundo orificio del absorbedor de calor estaba provisto de un conector en T macho de accesorio de tubo de 1/4" (6,4 mm), en lugar del tapón de tubería. El segundo orificio del disipador de calor estaba provisto de un accesorio de tubo de 1/4" (6,4 mm) de adaptador macho, en lugar del tapón de la tubería. Se usaron dos tuberías de conexión. La tubería de vapor era un tubo de PFA de 3/8" (9,5 mm) de diámetro, y la tubería de líquido era un tubo de PFA de 1/4" (6,4 mm). Los tubos de conexión se conectaron al absorbedor por medio de los accesorios de tubo en el absorbedor de calor y el disipador de calor. El fluido de trabajo se cargó por medio del orificio no usado en el conector en T conectado al absorbedor de calor. Después de cargar, el orificio fue tapado con un tapón de accesorio de tubo.

15 El conjunto de tubería de calor estaba orientado verticalmente, con el bloque de absorbedor de calor en la parte inferior y la sección de disipador de calor con aletas en la parte superior. El bloque de absorbedor de calor se colocó en contacto directo con el objeto caliente a enfriar. Un bloque de aluminio de 2-1/4 pulgadas cuadradas (1,6 cm²) x 1/2 pulgadas (1,3 cm) de grosor, provisto de un calentador de cartucho eléctrico incrustado en el medio del bloque y conectado a una fuente de energía Variac™, se usó para simular la unidad de procesamiento central (CPU) de un ordenador, que genera calor durante el funcionamiento. El bloque calentado estaba provisto de un termopar incrustado en el bloque, adyacente al calentador de cartucho. La sección de disipador de calor con aletas fue expuesta a aire a temperatura ambiente. (Téngase en cuenta que, aunque no se hace en este ejemplo, el aire puede circular opcionalmente alrededor de las aletas por medio de un ventilador externo, para mejorar la tasa de eliminación de calor).

25 La conducción de calor desde el objeto caliente a través del bloque de transferencia de calor provocó que el fluido de trabajo hirviera. Los vapores se desplazaron a través de la tubería de vapor de mayor diámetro, y se enfriaron y condensaron por conducción con la sección de disipador térmico con aletas, y el calor fue rechazado por convección al aire ambiente. El fluido condensado regresó por gravedad al bloque de transferencia de calor a través de la tubería de retorno de líquido de menor diámetro, permitiendo que el ciclo se repita. El flujo de fluido era visible en el tubo de PFA semitransparente. La temperatura y la presión del fluido de trabajo alcanzaron un estado estable, sustancialmente como se describe en el ejemplo 1. En la figura 9 se muestra un gráfico de la temperatura del bloque como una potencia del calentador del cartucho (potencia), en comparación con las temperaturas obtenidas usando un bloque no refrigerado, un bloque refrigerado por un refrigerador de CPU de "aleta-pasador" convencional y un bloque de refrigeración Ardex P vacío.

35 Como se puede ver a partir de los datos de la figura 9, el bloque básico sin refrigeración se hizo extremadamente caliente a los niveles de entrada de potencia más altos, y un refrigerador de CPU con aletas de pasador de la técnica anterior proporcionó cierto grado de refrigeración. Sin embargo, las dos tuberías de calor que usan absorbedores de calor de microcanal de acuerdo con la invención proporcionaron sustancialmente más refrigeración que el refrigerador de aletas de pasador. De hecho, los sistemas de microcanal proporcionaron una mejor refrigeración (temperatura de bloque más baja) con una entrada de potencia de 100 vatios que el refrigerador de aletas de pasador con solo 80 vatios. Para comparar, también se muestra una carrera usando una tubería de calor de microcanal sin ningún fluido de trabajo (etiquetado como "Bloque con Vacío Ardex P"), y esto proporcionó una refrigeración mínima como se esperaba.

45 Ejemplo 3: sistema de tubería de calor de un único tubo refrigerado por líquido

50 Se construye un sistema de tubería de calor, que consta de un absorbedor de calor de tipo bloque de microcanal, un disipador de calor de intercambiador de calor de microcanal refrigerado por agua, una tubería de conexión y un fluido de trabajo. El conjunto de tubería de calor consiste sustancialmente en el mismo equipo que el descrito en el ejemplo 2, con las siguientes diferencias. El disipador de calor es un intercambiador de calor de microcanal de 2 fluidos de flujo cruzado. El fluido de trabajo es el primer fluido y el segundo es el agua de refrigeración que fluye, de modo que el calor se elimina del sistema por transferencia de calor desde los vapores de fluido de trabajo en condensación, a través de las paredes del disipador de calor de microcanal, al agua de refrigeración.

55 Ejemplo 4: sistema de tubería de calor de un único tubo refrigerado por aire, con mecha

60 Se construye un sistema de tubería de calor similar al del ejemplo 1, excepto que se inserta una banda anular de material de mecha poroso a lo largo de la pared interior de la tubería de conexión. En este ejemplo, el material de mecha es un rodillo anular de polvo de acero inoxidable de malla fina esférica de malla-35+ 65 sinterizada. El material de mecha hace que el fluido de trabajo condensado regrese al bloque de absorbedor de calor por acción capilar. Esto permite que la tubería de calor esté orientada horizontalmente o incluso con la sección de disipador de calor por debajo del bloque de absorbedor de calor, siempre que la fuerza capilar sea mayor que la fuerza de gravedad que actúa sobre el fluido de retorno.

65 Ejemplo 5: tubería de calor de doble tubo refrigerado por aire, con mecha en línea de retorno de líquido

Se construye un sistema de tubería de calor similar al del ejemplo 2, excepto que la tubería de retorno de líquido

está empaquetada con material de mecha poroso. En este ejemplo, el material de mecha es una trenza de fibra de vidrio. El material de mecha hace que el fluido de trabajo condensado regrese al bloque de absorbedor de calor por acción capilar. Esto permite que la tubería de calor esté orientada horizontalmente o incluso con la sección de disipador de calor por debajo del bloque de absorbedor de calor, siempre que la fuerza capilar sea mayor que la fuerza de gravedad que actúa sobre el fluido de retorno.

Ejemplo 6: refrigeración de un dispositivo microelectrónico por medio de una tubería de calor, rechazando el calor externamente al recinto y la habitación del dispositivo microelectrónico

10 Un sistema de tubería de calor similar al del ejemplo 4 se construye con el absorbedor de calor en contacto con la superficie de un microprocesador de ordenador (es decir, unidad de procesamiento central o CPU) para proporcionar un medio de refrigeración para eliminar el calor generado por la CPU, para prevenir el sobrecalentamiento. La tubería de conexión que lleva la mecha se dirige externamente al alojamiento del ordenador, y el disipador de calor con aletas se coloca en un conducto de aire, en el que el conducto de aire es suministrado con aire fresco sin aire acondicionado desde el exterior de la habitación o edificio que aloja el ordenador. Usando esta configuración, el aire calentado por el calor rechazado se dirige fuera de la habitación o del edificio que aloja el ordenador.

20 Esta disposición puede repetirse para múltiples dispositivos microelectrónicos, por ejemplo, otros procesadores de generación de calor (tales como unidades de procesamiento gráfico o GPU), "chips" de controlador, fuentes de alimentación y similares que están alojados en un recinto común, y/o múltiples dispositivos microelectrónicos encerrados por separado, con algunas o todas las tuberías de calor que rechazan su calor a un sistema común suministrado y ventilado externamente de conductos de aire.

25 Esta disposición contrasta con las prácticas convencionales, en la que el calor eliminado de los componentes del ordenador es rechazado dentro del recinto (por ejemplo, mediante combinaciones de aleta/ventilador montadas en la CPU, GPU y chips del controlador) y los ventiladores se usan para soplar aire a través del recinto, moviendo el calor hacia la habitación que aloja el ordenador, calentando el aire de la habitación. Esta disposición a menudo requiere que la habitación que aloja el ordenador tenga aire acondicionado para evitar que la temperatura del aire se eleve más allá de los límites aceptables. Se ha calculado que los requisitos de potencia asociados con el aire acondicionado de las habitaciones que alojan los ordenadores, por ejemplo, para centros de datos, son comparables con la energía consumida por los ordenadores. Por lo tanto, al transferir el calor a aire suministrado externamente y sin ventilación, sin aire acondicionado, los requisitos generales de potencia para el sistema informático y sus sistemas auxiliares se pueden reducir casi a la mitad. En otra realización, la refrigeración externa puede proporcionarse mediante un refrigerante líquido barato, por ejemplo, agua de refrigeración, en lugar de aire. En cualquier caso, el aire o el refrigerante líquido pueden fluir a una ubicación fuera de la habitación, lo que reduce la cantidad de calor añadido al ambiente de la habitación.

REIVINDICACIONES

1.- Una tubería de calor que comprende:

5 a) un absorbedor (101, 102, 103, 104, 116) de calor de microcanal que comprende al menos una capa (12) que define una pluralidad de microcanales (16, 38) que tienen una dimensión de sección transversal inferior a 1000 micras y que termina en un primer extremo del mismo en un colector (18) de lado frío y en un segundo extremo del mismo en un colector (20) de lado caliente, adaptados los microcanales (16, 38) para contener un fluido líquido (28) de trabajo que absorbe calor y forma un vapor (24) al fluir a través del primer extremo al segundo extremo,

10 b) un disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor para recibir y condensar el vapor (24) para reformar el fluido líquido (28) de trabajo y para descargar el fluido líquido (28) de trabajo, y

15 c) una o más tuberías (30, 32, 36, 40) que conectan de forma fluida el colector (20) de lado caliente del absorbedor (101, 102, 103, 104, 116) de calor al disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor y conectan de forma fluida el colector (18) de lado frío del absorbedor (101, 102, 103, 104, 116) de calor al disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor;

20 en la una o más tuberías (30, 32, 36, 40) están conectadas como para permitir el flujo simultáneo del vapor (24) desde el absorbedor (101, 102, 103, 104, 116) de calor al disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor y del fluido líquido (28) de trabajo desde el disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor al absorbedor (101, 102, 103, 104, 116) de calor cuando se aplica calor al absorbedor (101, 102, 103, 104, 116) de calor.

25 2.- La tubería de calor de la reivindicación 1, en la que al menos dicha capa (12) comprende un material que tiene una conductividad térmica mayor que 5 vatios/m ^{-°C}, y preferiblemente en la que la conductividad térmica es mayor de 170 vatios/m ^{-°C} y los microcanales (16, 38) tienen una dimensión de sección transversal mayor de menos de 250 micras.

30 3.- La tubería de calor de cualquier reivindicación previa, en la que el absorbedor (101, 102, 103, 104, 116) de calor de microcanal es un absorbedor (14) de calor de microcanal de flujo paralelo, o un absorbedor (15) de calor de microcanal de flujo cruzado.

4.- La tubería de calor de cualquier reivindicación previa, en la que el número de capas (12) es de 2 a 10.

35 5.- La tubería de calor de cualquier reivindicación previa, en la una o más tuberías (30, 32, 36, 40) comprenden una primera tubería (26) que conecta de forma fluida el colector (20) de lado caliente del absorbedor (101, 102, 103, 104, 116) de calor al disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor y una segunda tubería (30) que conecta de forma fluida el colector (18) de lado frío del absorbedor (101, 102, 103, 104, 116) de calor al disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor.

40 6.- La tubería de calor de cualquier reivindicación previa, en la una o más tuberías (30, 32, 36, 40) comprenden solo una única tubería, que preferiblemente comprende una mecha coaxial porosa o una banda anular de un material de mecha poroso.

45 7.- La tubería de calor de cualquier reivindicación previa, en la que el disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor es un disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor de microcanal.

50 8.- La tubería de calor de cualquier reivindicación previa, en la que los microcanales (16, 38) son canales substancialmente rectangulares, en la que la dimensión de sección transversal de los microcanales (16, 38) es una más corta de dos dimensiones de sección transversal para los microcanales (16, 38), y en la que las dimensiones de sección transversal más cortas están alineadas perpendiculares a la superficie de una fuente de calor.

55 9.- La tubería de calor de cualquier reivindicación previa, en la que el fluido (28) de trabajo es un fluorocarbono, un hidrofluorocarbono, un fluoroalqueno clorado, un hidrofluoroalqueno clorado o una mezcla de los mismos y más preferiblemente, donde el fluido (28) de trabajo es seleccionado del grupo que consiste en HFC-245fa, HFC-245ca, HFC-236ca, HFC-365mfc, HCFC 1233zd, HCFC 1233xf y mezclas de los mismos.

10.- La tubería de calor de cualquier reivindicación previa, en la que la tubería de calor es totalmente pasiva.

60 11.- La tubería de calor de cualquier reivindicación previa, en la que el fluido (28) de trabajo tiene un punto de ebullición normal en un intervalo de 10 °C a 45 °C, en la que el fluido (28) de trabajo es un pentafluoropropano, o un hexafluoropropano, o un pentafluorobutano, o en la que el fluido (28) de trabajo es un monocloro trifluoropropeno con bajo potencial de agotamiento del ozono y bajo potencial de calentamiento global.

65 12.- La tubería de calor de cualquier reivindicación previa para refrigerar un dispositivo electrónico alojado dentro de un recinto, en la que el absorbedor (101, 102, 103, 104, 116) de calor está instalado dentro del recinto y el disipador

(13, 105, 106, 152, 156) de calor está instalado fuera del recinto.

5 13.- La tubería de calor de la reivindicación 12, en la que el disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor está instalado fuera de una habitación que aloja el recinto de dispositivo electrónico o en un conducto de refrigeración que fluye a una ubicación fuera de la habitación, en la que el medio de refrigeración que fluye por el conducto es aire o agua.

10 14.- La tubería de calor de cualquier reivindicación previa para refrigerar un dispositivo fotovoltaico (114) o captador solar, en la que el absorbedor (101, 102, 103, 104, 116) de calor de microcanal está instalado en contacto directo con una porción no iluminada del dispositivo fotovoltaico (114) o captador solar, y el disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor está instalado a una distancia suficientemente retirada del dispositivo fotovoltaico o captador solar para permitir que el disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor rechace el calor al aire ambiente.

15 15.- La tubería de calor de la reivindicación 14, en la que el dispositivo fotovoltaico (114) o captador solar tiene un diseño en el que la intensidad de luz (y carga de calor concomitante) se amplifica por medios de concentración.

16.- La tubería de calor de cualquiera de las reivindicaciones 14-15, en la que el disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor está provisto de medios para convertir el calor residual en electricidad adicional.

20 17.- La tubería de calor de la reivindicación 16, en la que los medios para convertir el calor residual en electricidad adicional comprenden uno o una pluralidad de generadores termoeléctricos, que pueden ser, pero no están restringidos a, dispositivos de tipo efecto Seebeck, o en la que los medios para convertir el calor residual a electricidad comprenden:

25 i) un circuito secundario de un fluido (28) de trabajo, que puede o no ser diferente del fluido (28) de trabajo del sistema primario de absorbedor de calor, y

ii) el fluido (28) de trabajo es vaporizado y presurizado por el calor residual desde el sistema primario de absorbedor de calor, y

30 iii) el vapor (24) de fluido de trabajo secundario presurizado pasa a través de un turbogenerador, y

iv) el vapor (24) de fluido de trabajo secundario que sale del turbogenerador es condensado por el disipador (13, 105, 106, 152, 156) de calor.

35 18.- La tubería de calor de cualquiera de las reivindicaciones 14-17, que comprende además células solares fotovoltaicas (114) que responden a la radiación solar concentrada, que comprende además otros primeros intercambiadores de calor acoplados térmicamente a las células fotovoltaicas adicionales (114), y que comprende además conductos adicionales (117) conectados hidráulicamente entre los primeros intercambiadores de calor adicionales y el segundo intercambiador de calor, o que comprende además un conducto (118) de retorno conectado
40 hidráulicamente entre el primer intercambiador de calor y el segundo intercambiador de calor para proporcionar fluido de retorno desde el segundo intercambiador de calor al primer intercambiador de calor.

19.- Un método de refrigeración, que comprende:

45 hacer que un fluido líquido (28) de trabajo fluya por una pluralidad de microcanales (16, 38) que tienen una dimensión de sección transversal al centro del canal que es aproximadamente igual o menor que el grosor de capa límite térmica para el fluido (28) de trabajo,

50 hacer que al menos parte del fluido (28) de trabajo forme un vapor (24) y absorba calor en una primera ubicación,

recibir y condensar el vapor (24) de fluido de trabajo para descargar calor desde el fluido y en una segunda ubicación y reformar y reformar el fluido de trabajo de líquido, y

55 devolver continuamente el fluido (28) de trabajo condensado desde la segunda ubicación a la primera ubicación.

20.- Un sistema de tubería de calor que comprende un fluido (28) de trabajo dentro de una tubería de calor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, en el que el fluido (28) de trabajo es un hidrofluorocarbono o un hidrofluoroalqueno clorado que tiene un punto de ebullición normal en un intervalo de 10 °C a 80 °C.

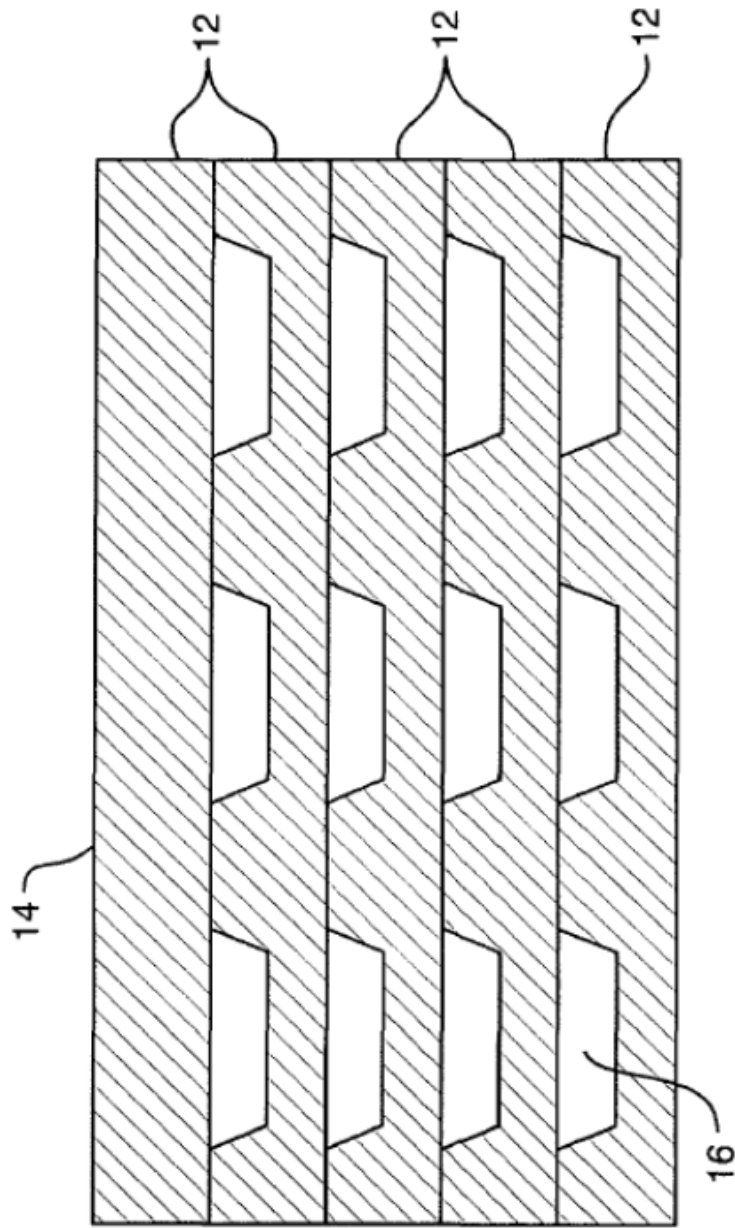


FIG. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

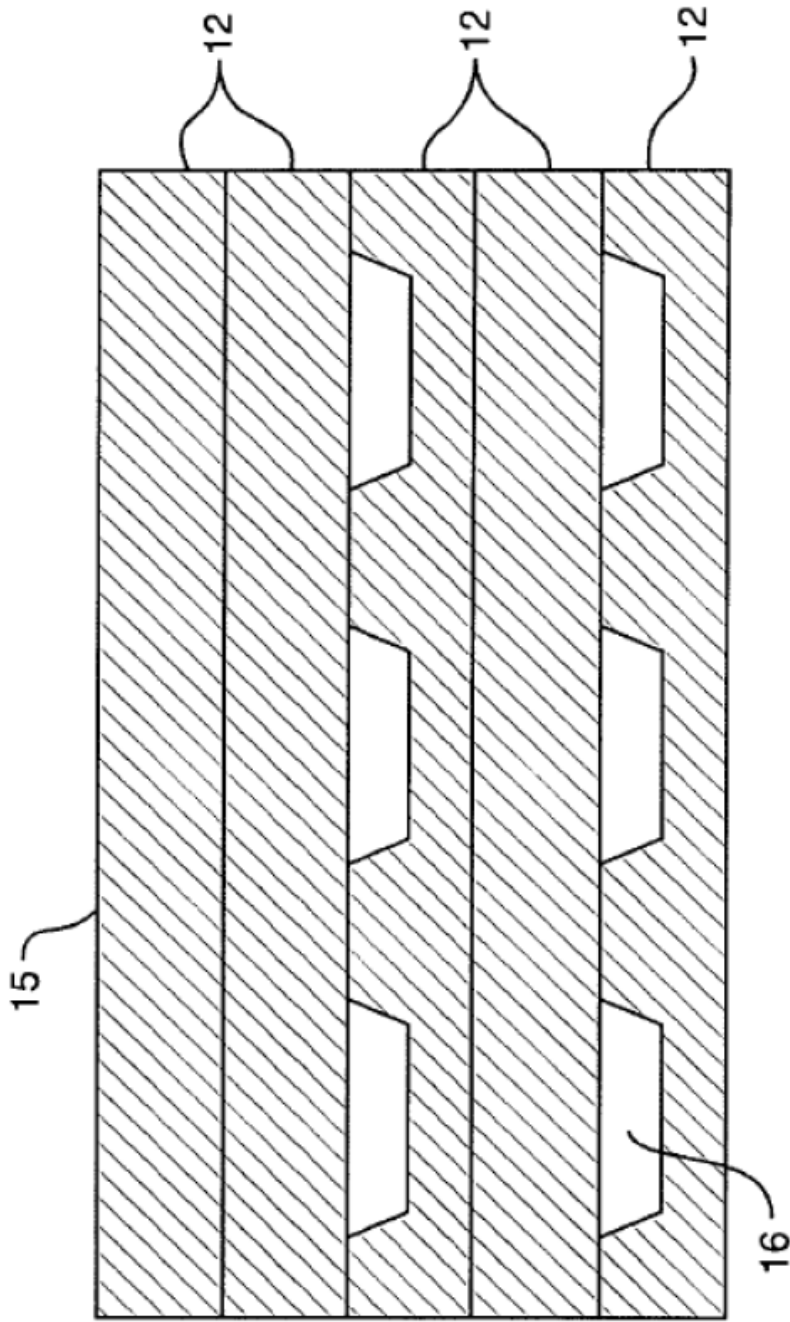


FIG. 2A
(TÉCNICA ANTERIOR)

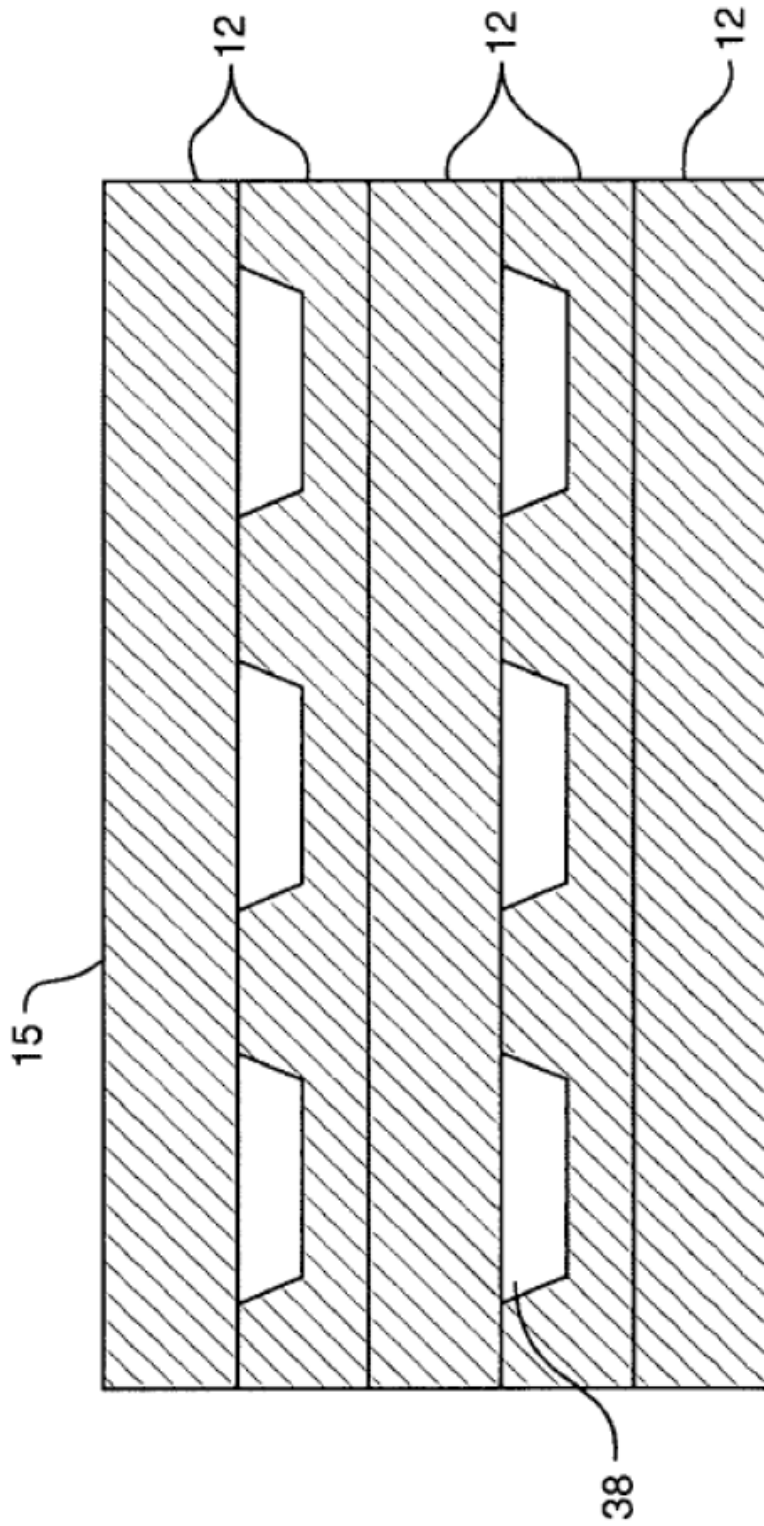


FIG. 2B
(TÉCNICA ANTERIOR)

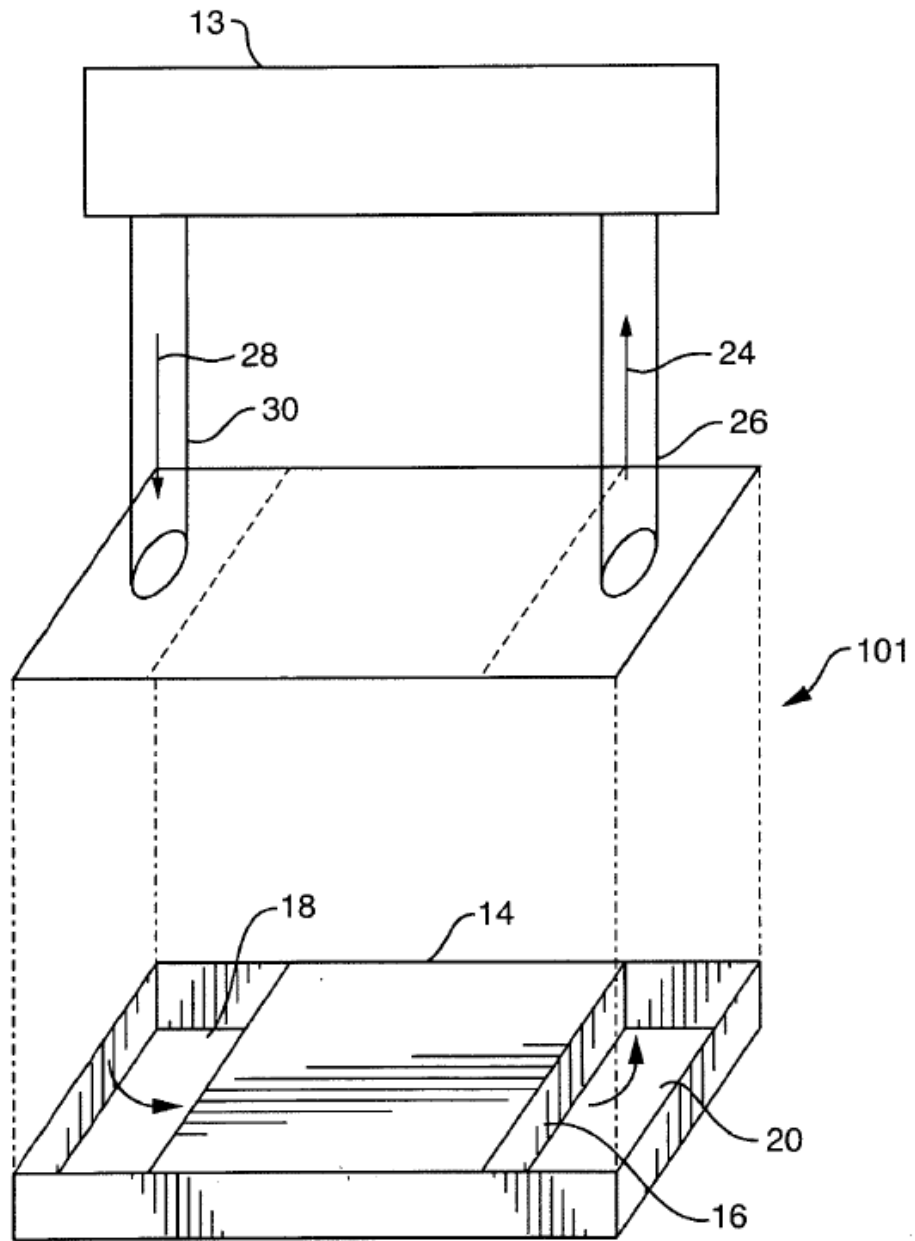


FIG. 3

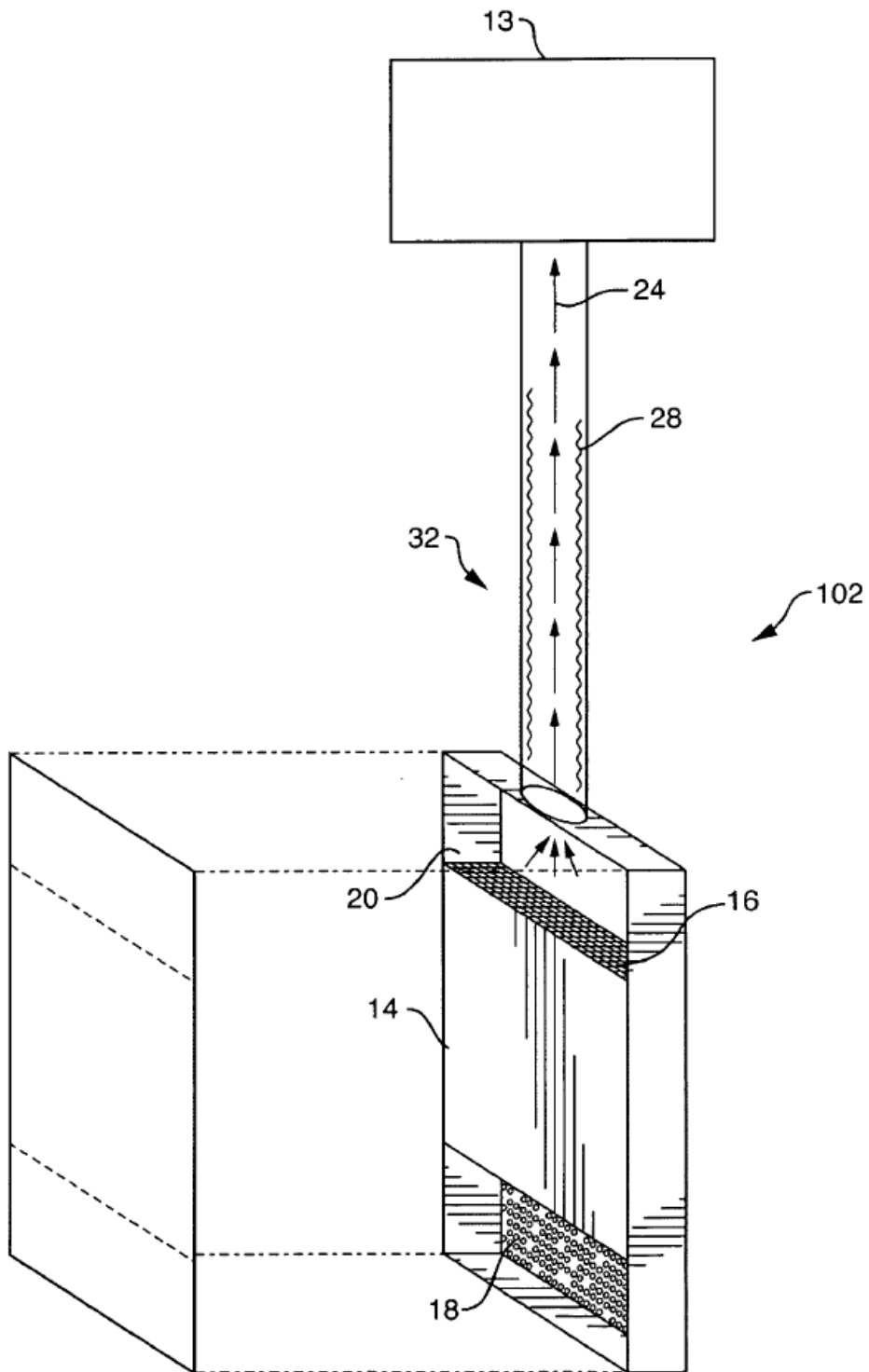


FIG. 4

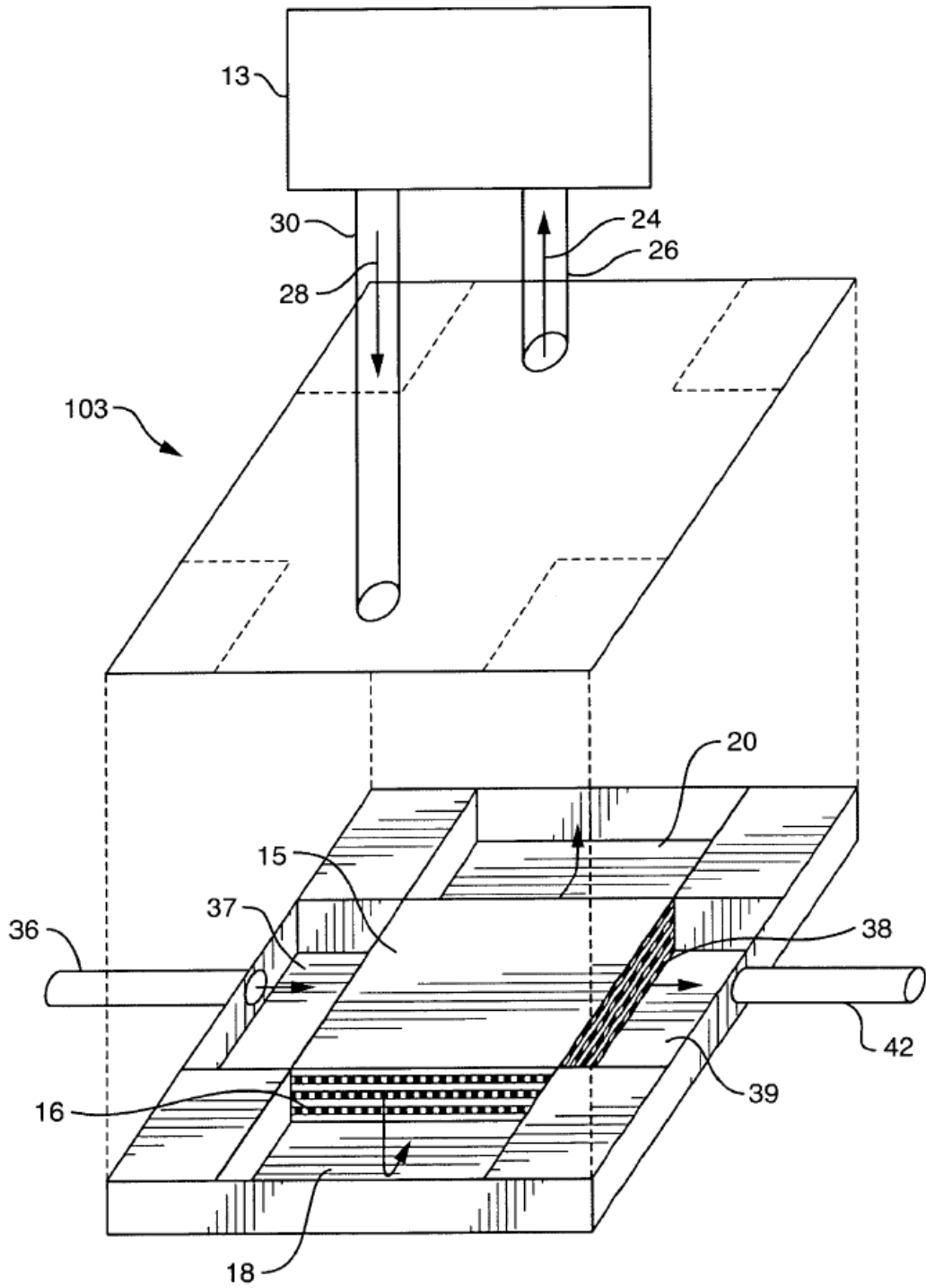


FIG. 5

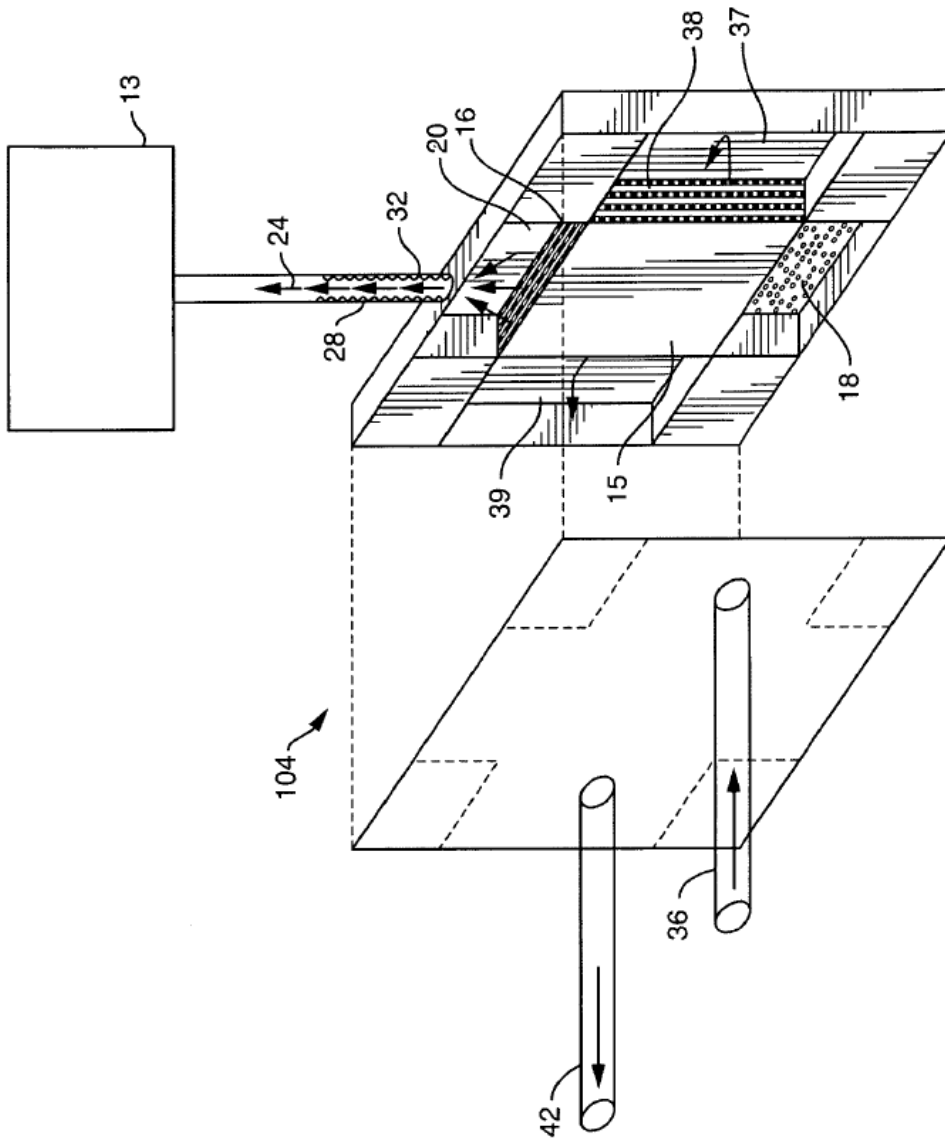


FIG. 6

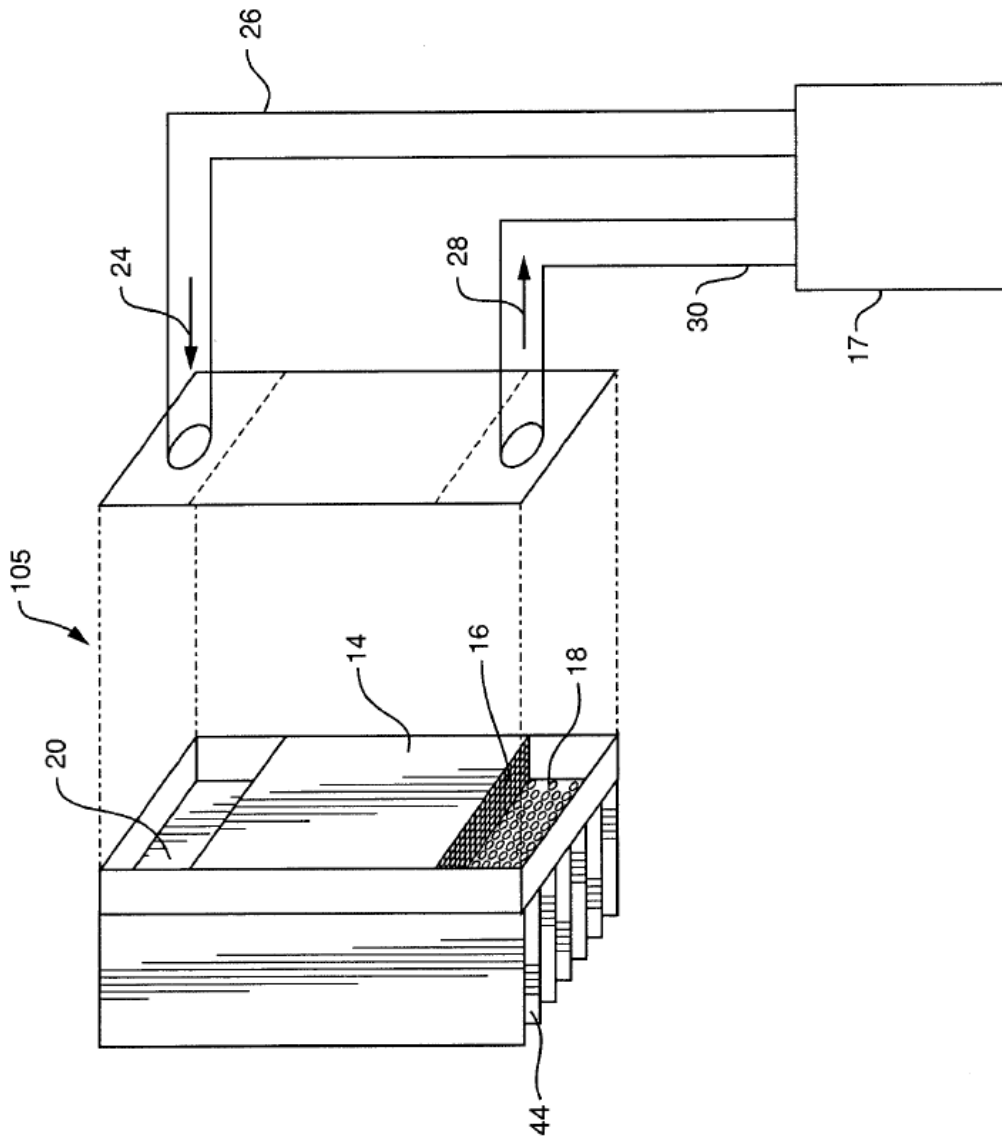


FIG. 7

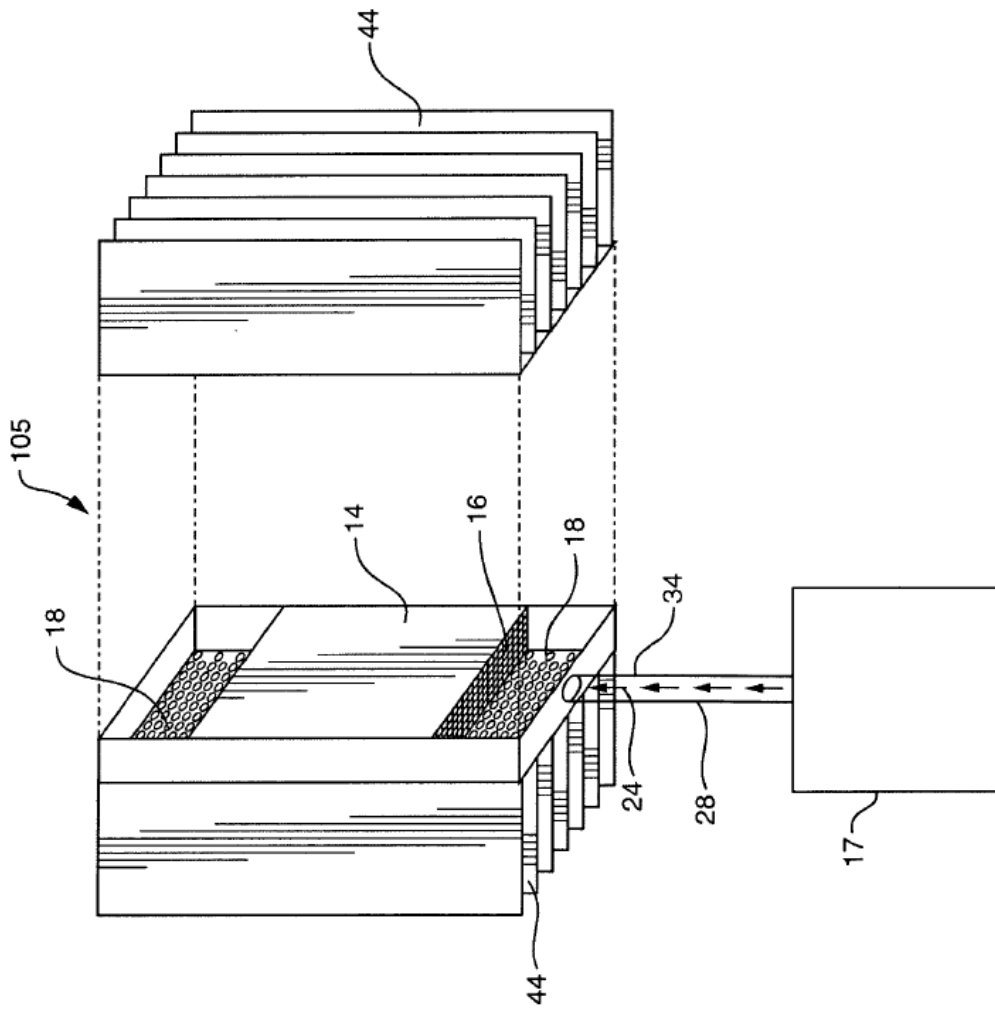


FIG. 8

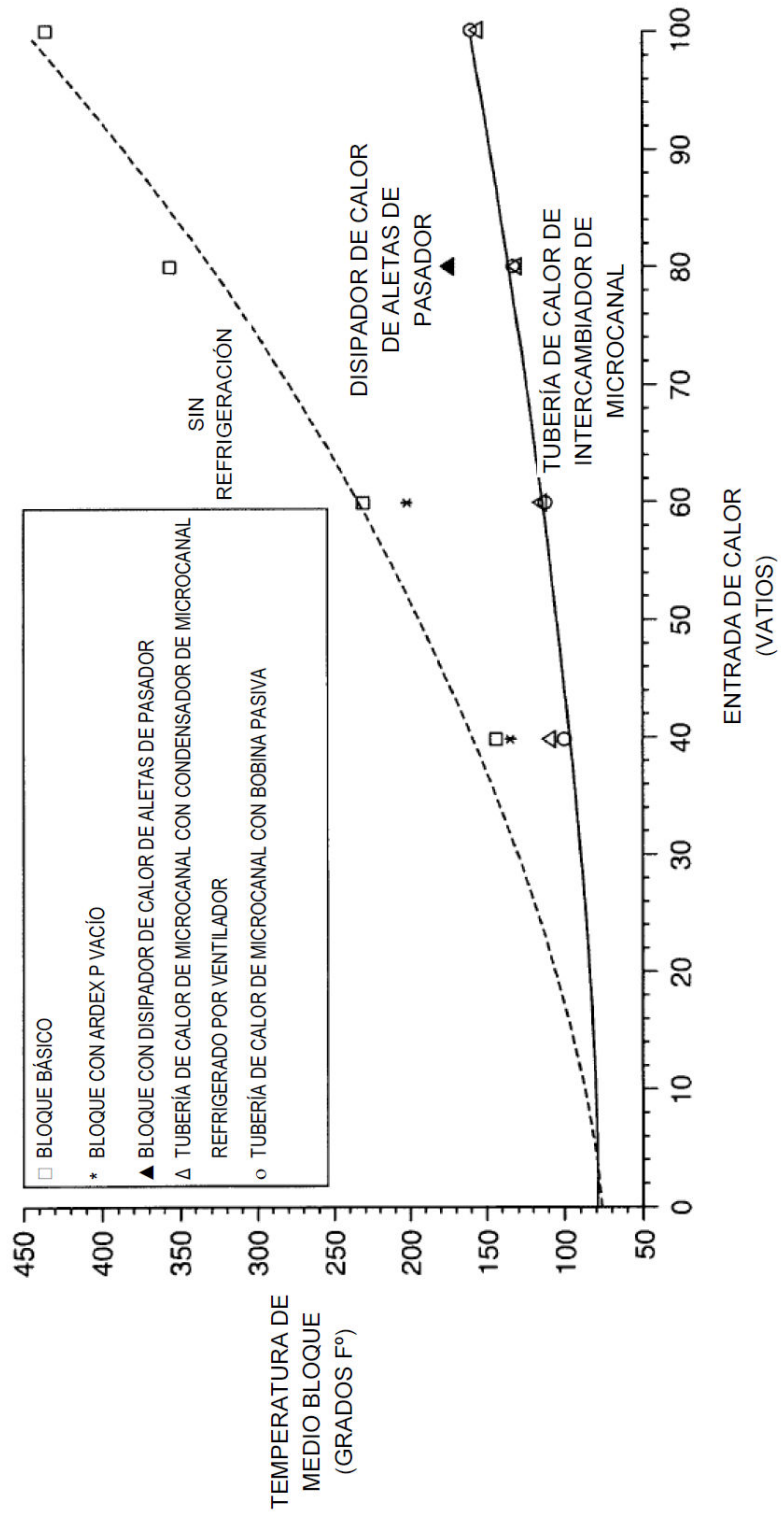


FIG. 9

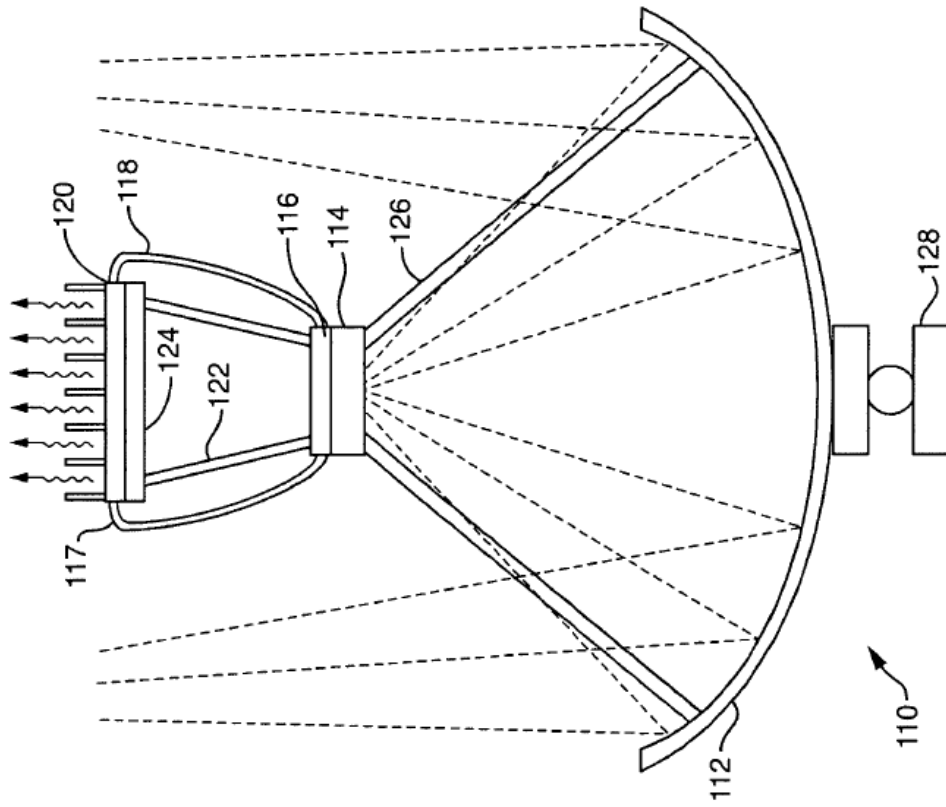


FIG. 10

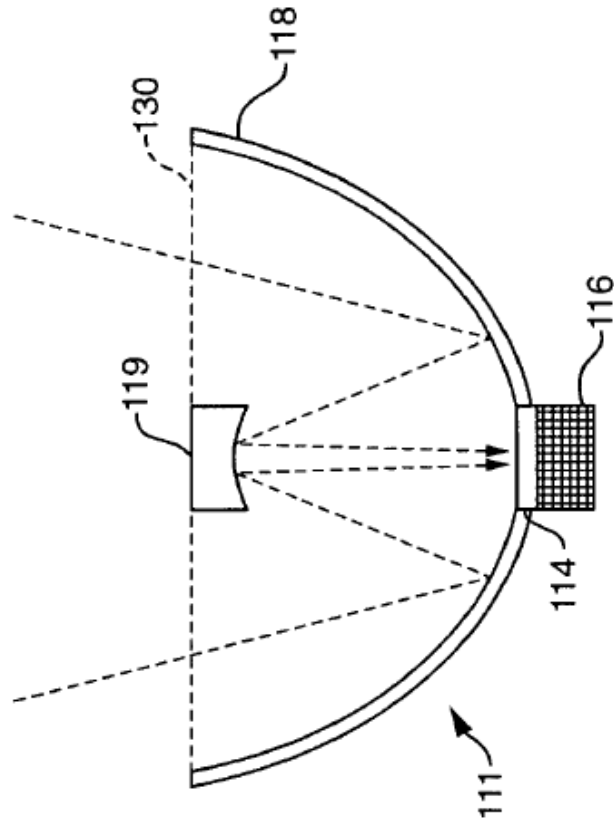


FIG. 11

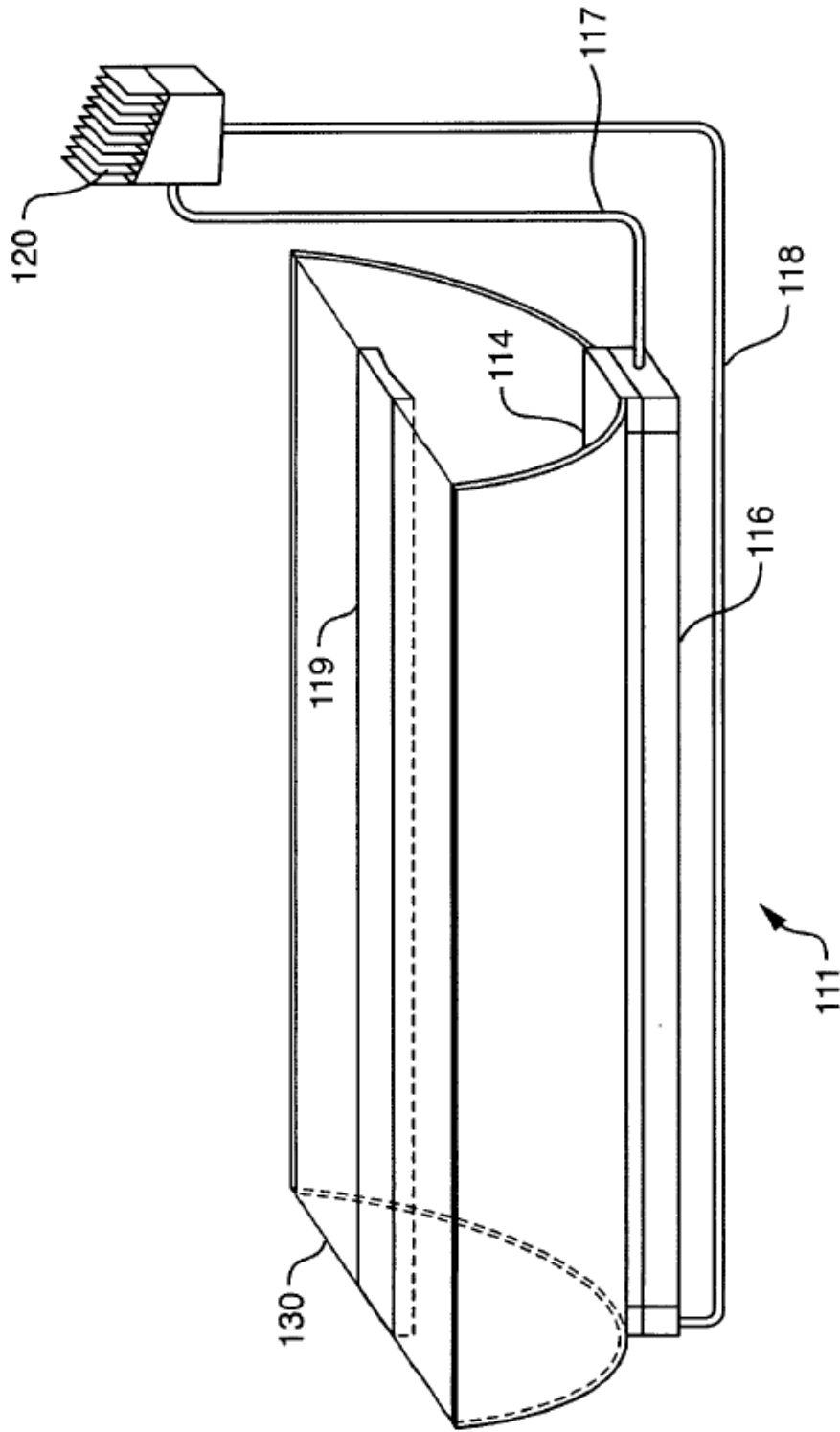


FIG. 12

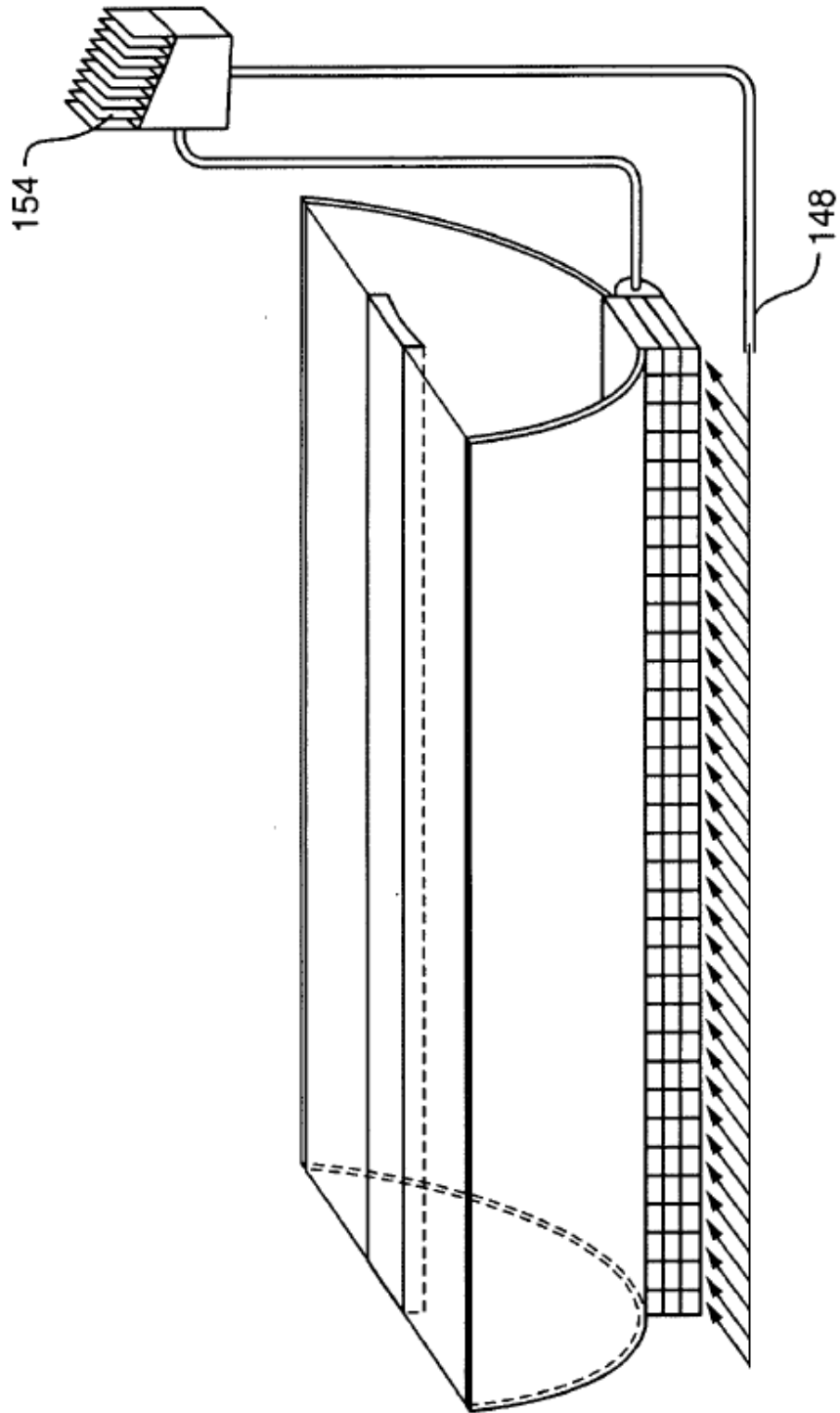


FIG. 14