

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 092**

51 Int. Cl.:

F28D 15/02 (2006.01)

F28D 15/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2015 PCT/EP2015/070883**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2016 WO16119921**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2015 E 15766100 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 3250870**

54 Título: **Bucle difásico de refrigeración de evaporadores de satélite**

30 Prioridad:

27.01.2015 FR 1550591

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

07.02.2019

73 Titular/es:

EURO HEAT PIPES (100.0%)

24 rue de l'Industrie

1400 Nivelles, BE

72 Inventor/es:

DUPONT, VINCENT

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 699 092 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

Bucle difásico de refrigeración de evaporadores de satélite

5 **Sector de la técnica**

La invención se refiere a los sistemas de transferencia térmica y más particularmente a los bucles difásicos de refrigeración. Este tipo de sistemas se utiliza para refrigerar diversos aparatos y en particular para refrigerar uno o varios procesadores de una tarjeta electrónica.

10

Estado de la técnica

Se conoce en la técnica la utilización ventajosamente de la circulación de un fluido difásico con un evaporador y un condensador, permitiendo los cambios de fase transportar eficazmente el calor de un punto a otro; siendo generada la circulación del fluido de trabajo en el bucle por un efecto de termosifón o por una mecha porosa que asegura un bombeo capilar.

15

Es conocida la utilización de este género de sistemas para refrigerar tarjetas electrónicas, principalmente tarjetas de servidores de "data center".

20

En ciertas tarjetas electrónicas, se debe refrigerar no solo un único, sino varios procesadores o componentes electrónicos. En lugar de multiplicar los bucles difásicos, se han propuesto en el caso de dos procesadores disponer en serie dos evaporadores y dos condensadores, como en el documento US2012132402. Sin embargo, esta solución se adapta mal si las cargas térmicas no son homogéneas, y además el arranque puede plantear problemas, se constatan también inestabilidades en el funcionamiento de un bucle de ese tipo. Otra solución consiste en colocar varios evaporadores en una disposición "en paralelo" sobre un bucle difásico, como es conocido por el documento US2002/0007937, pero en una configuración de ese tipo, cada evaporador incrementará las pérdidas de carga en el bucle sin incrementar el efecto motor en el bucle y se produce una limitación de los rendimientos.

25

Es evidente por tanto una necesidad de proponer una solución más flexible que pueda ser conveniente para la refrigeración de uno o varios procesadores o componentes electrónicos disipadores.

30

Objeto de la invención

35 Con este fin, se propone un sistema de transferencia térmica que comprende:

- un circuito principal en bucle de fluido, estando desprovisto el circuito principal de medios de bombeo mecánico o capilar o gravitatorio, con una dirección de circulación de bucle del fluido,
- al menos un conjunto evaporador dispuesto en derivación del circuito principal con:
 - al menos una canalización de admisión, que extrae fluido líquido en el circuito principal,
 - un evaporador que incluye un elemento poroso de bombeo capilar acoplado a una fuente caliente a refrigerar,
 - al menos una canalización de salida que tiene una boquilla de eyección que inyecta fluido en fase principalmente de vapor en el circuito principal al menos según la dirección de circulación del bucle,
- al menos un intercambiador refrigerador, que comprende una parte del circuito principal en bucle y un intercambiador de calor acoplado a una fuente fría, para evacuar calorías.

40

45

Gracias a estas disposiciones, la inyección de vapor desde la canalización de salida del circuito principal provoca un efecto de arrastre por transferencia de cantidad de movimiento. El chorro de vapor forma un efecto motor para el circuito principal en bucle y se obtiene una circulación forzada del fluido de trabajo en el bucle principal.

50

En unos modos de realización del dispositivo según la invención, se puede recurrir eventualmente además a una y/o a otra de las disposiciones siguientes.

55

El fluido puede estar según un primer caso de aplicación en forma esencialmente difásica en el circuito principal en bucle, a saber bajo la forma de vapor y bajo la forma líquida, siendo en este caso el intercambiador refrigerador un conjunto condensador convencional. Así hay una nula necesidad de subenfriar a nivel del (de los) condensador(es); la ausencia de necesidad de subenfriamiento permite limitar e incluso disminuir el tamaño necesario del condensador o condensadores. Es bien conocido por la técnica anterior, que el líquido subenfriado es necesario para compensar el flujo térmico parásito a nivel del evaporador procedente de la mecha porosa, del ambiente, de eventuales fugas capilares, etc. Este primer caso de aplicación permite por tanto evitar esta restricción del subenfriamiento.

60

El fluido puede estar según un segundo caso de aplicación en forma esencialmente líquida en el circuito principal en bucle y el intercambiador refrigerador es entonces un intercambiador de subenfriamiento; lo que tiene como ventaja

65

- 5 minimizar las pérdidas de carga en el vapor de circulación de los fluidos a baja presión en el circuito principal en bucle; la condensación del vapor que sale del inyector se produce en la parte del circuito principal inmediatamente adyacente, aguas abajo del punto de inyección de vapor. El intercambiador de subenfriamiento asegura un subenfriamiento suficiente para que la fase líquida en el circuito principal permanezca líquida incluso en presencia de fugas térmicas parásitas. La ventaja de tener esencialmente líquido en el circuito principal es que el funcionamiento del sistema es muy poco afectado por aceleraciones súbitas, por ejemplo en un vehículo con direcciones cambiantes y una intensidad eminentemente variable y que permite utilizar fluidos a baja presión sin ocasionar pérdidas de carga excluyentes.
- 10 Se pueden disponer varios conjuntos evaporadores, cada uno dispuesto en derivación del circuito principal; se pueden refrigerar así dos o más de dos procesadores de una tarjeta electrónica, y/o una pluralidad de fuentes calientes disipadoras; se beneficia también de un efecto de adición del arrastre debido a las inyecciones de vapor de cada conjunto evaporador.
- 15 En el caso de que el sistema esté sometido a la aceleración de la gravedad, el circuito principal en bucle puede extenderse ventajosamente en un plano sustancialmente horizontal con relación a la gravedad; ventajosamente el fluido puede circular en el bucle principal sin utilizar el efecto de termosifón, obteniéndose el efecto motor en el circuito principal por inyecciones de vapor procedentes de evaporador(es).
- 20 El (o los) evaporador(es) se sitúa(n) más abajo del circuito principal; Ventajosamente se pueden obtener beneficios de un efecto de sifón local para la alimentación de líquido del conducto principal hacia el elemento poroso, y accesoriamente se favorece la elevación de burbujas de vapor y/o de gas no condensable hacia el conducto principal.
- 25 El (o los) evaporador(es) puede(n) situarse por encima del circuito principal de manera que se asegure una presencia mínima de vapor en contacto con el elemento poroso del evaporador durante la fase de arranque.
- 30 Puede preverse en uno o varios evaporadores una mecha secundaria interpuesta entre el elemento poroso (también llamada mecha primaria) y el conducto principal; esto permite una buena evacuación de las burbujas de vapor y/o de gases no condensables (NCG) por un enlace capilar, incluso en ausencia de gravedad, mientras se asegura el aprovisionamiento de líquido de la mecha primaria.
- 35 La boquilla de eyección puede disponerse en el conducto del circuito principal, a saber en el interior incluso de la canalización. Esto permite optimizar el efecto de arrastre y la transferencia de cantidad de movimiento.
- La boquilla de eyección puede disponerse de manera mural sobre la pared de la canalización principal. Ventajosamente, se puede utilizar entonces una pieza de conexión en forma de Y fácil de implementar desde el punto de vista de la estanquidad.
- 40 El sistema puede comprender además un depósito común ramificado en el bucle principal; se pueden controlar así las condiciones operativas del bucle controlando la temperatura de saturación T_{sat} , y esto proporciona por otro lado un papel de vaso de expansión, se puede evitar de ese modo prever una función de depósito en cada conjunto evaporador.
- 45 A la altura de uno de los conjuntos condensadores (o de subenfriamiento), el conducto principal puede comprender una parte encerrada por una pluralidad de subcanales dispuestos en paralelo, con el fin de limitar las pérdidas de carga hidráulica a través de esta parte que pertenece al conjunto condensador.
- 50 El sistema puede comprender además uno o varios puente(s) térmico(s) que conectan térmicamente el conducto principal con una o varias fuente(s) de calor anexa(s). Se pueden tratar así unas fuentes calientes auxiliares, como unas memorias, ciertamente menos disipadoras que los procesadores, pero que conviene igualmente refrigerar.

Descripción de las figuras

- 55 Otros aspectos, objetos y ventajas de la invención surgirán de la lectura de la descripción que sigue de un modo de realización de la invención, dado a título de ejemplo no limitativo. La invención se comprenderá igualmente mejor en relación con los dibujos adjuntos en los que:
- La figura 1 es un esquema de principio del sistema según un primer modo de realización de la invención, con además un único conjunto evaporador,
 - la figura 2 es un esquema de principio del sistema según la invención con varios conjuntos evaporadores,
 - la figura 3 es una vista en sección de un evaporador según una primera disposición,
 - la figura 4 es una vista en sección parcial más detallada del evaporador de la figura 3,
 - las figuras 5A y 5B son unas vistas en sección de la canalización de salida que forma inyector en el sitio en el que se vuelve a unir al circuito principal en bucle,
 - la figura 6 es una vista en sección del evaporador según una segunda disposición,

- la figura 7 es un esquema que ilustra la utilización del sistema de transferencia térmica según la invención en una tarjeta de servidor multiprocesador,
- la figura 8 muestra un ejemplo de configuración de la canalización principal a nivel de un condensador,
- la figura 9 es análoga a la figura 1 y presenta un segundo modo de realización que es de hecho una variante según la que el fluido está esencialmente en fase líquida en el bucle principal,
- la figura 10 es análoga a la figura 2 pero según el segundo modo de realización, a saber con el fluido esencialmente en fase líquida en el bucle principal,
- la figura 11 ilustra las ecuaciones de caudal másico,
- la figura 12 da un ejemplo de gráficos de resultados para diferentes fluidos.

Descripción detallada de la invención

En las diferentes figuras, las mismas referencias designan elementos idénticos o similares.

La figura 1 muestra un sistema de transferencia térmica 10 que utiliza un fluido de trabajo difásico 7 destinado a extraer calorías de una fuente caliente 9 y a evacuarlas a distancia de la fuente caliente. Más precisamente, el sistema de transferencia térmica 10 comprende un circuito principal 1 en bucle. El sistema de transferencia térmica 10 contiene en un volumen interior, aislado de manera estanca del ambiente exterior, una cantidad dada de fluido de trabajo 7.

En la presente descripción, se entiende por "circuito principal 1 en bucle" un conducto o una canalización 11 que se cierra en bucle sobre sí mismo formando así un circuito cerrado para el fluido de trabajo 7, se habla por tanto de "conducto principal" en oposición a las otras canalizaciones utilizadas para conectar los evaporadores dispuestos en paralelo. El circuito principal se llama también "bus térmico" y/o "colector térmico general".

Se entiende que el circuito principal no contiene generalmente ningún elemento de obstrucción que pueda impedir la libre circulación del fluido de trabajo, circulación que se produce en una dirección de circulación favorecida representada por la referencia F.

Según un primer modo de realización de la presente invención, el fluido de trabajo que circula en el circuito principal, comprende en general las dos fases es decir fase líquida y fase de vapor, sin por ello excluir que haya unos lugares en los que el fluido sea esencialmente líquido 7L y otros lugares en los que el fluido sea esencialmente vapor 7V.

Según un segundo modo de realización, que se describirá en detalle más adelante, el fluido de trabajo que circula en el circuito principal está esencialmente en fase líquida 7L.

Según la presente invención, el circuito principal está desprovisto en sí mismo de medios de bombeo mecánico o capilar o incluso gravitatorio. El circuito principal forma un bucle que puede tener una forma generalmente circular, rectangular, cuadrada o cualquier otra; igualmente, el circuito principal puede formarse en dos dimensiones (es decir esencialmente en plano) o puede formarse en tres dimensiones es decir no en plano. La sección de la canalización puede ser sustancialmente constante; sin embargo, no se excluye que la sección de la canalización pueda variar a lo largo del circuito principal.

Para extraer las calorías de la fuente de calor 9 se prevé un conjunto evaporador 2 dispuesto en derivación del circuito principal. Este conjunto evaporador 2 comprende:

- al menos una canalización de admisión 21, que extrae fluido líquido en el bucle principal,
- un evaporador 4 que incluye un elemento poroso 3 que forma bombeo capilar y acoplado a una fuente de calor a refrigerar,
- al menos una canalización de salida 22 que tiene al menos una boquilla de eyección que inyecta fluido en fase principalmente de vapor en el circuito principal según la dirección de circulación del bucle F.

Se remarca que la interfaz hidráulica del conjunto evaporador 2 con el circuito principal 1 se conecta por un lado a una conexión de extracción de fluido líquido y por otro lado a una salida de inyección de vapor. La inyección de vapor en el conducto principal puede ser mural como se ilustra en la figura 5B o dispuesta completamente en el interior de la sección del conducto principal como se ilustra en la figura 5A. La inyección de vapor se produce a velocidad elevada lo que provoca una transferencia de cantidad de movimiento al fluido de trabajo del entorno en la canalización principal, como se ilustra más en detalle más adelante.

En el ejemplo ilustrado, la canalización de admisión 21 es distinta de la canalización de salida 22, de ese modo el conjunto evaporador es análogo a un bucle llamado "CPL" (Capillary Pumped Loop) según una clasificación conocida para el experto en la materia. Sin embargo se observa que las canalizaciones de admisión 21 y de salida 22 podrían estar acopladas o contiguas. Igualmente, cada una de las canalizaciones de admisión 21 y de salida 22 podrían reducirse a un único paso sin que forzosamente haya un conducto tubular o equivalente; en la figura 3 se dibuja en trazos de puntos un caso de la figura en el que la canalización principal 1' es adyacente al evaporador y en el caso en el que la una y/o la otra de las canalizaciones de admisión 21 y de salida 22 podría reducirse a un único

paso.

El punto de extracción 25 de líquido por la canalización de admisión 21 se sitúa aguas arriba (con relación al sentido de circulación F) con respecto al punto de salida 26 de vapor en la canalización de salida en el conducto principal 11.

Además, el sistema comprende un conjunto condensador 5 que evacua las calorías transportadas por el conducto principal a distancia de la(s) fuente(s) caliente(s). El conjunto condensador 5 se forma por una parte del conducto principal en sí mismo y un intercambiador de calor acoplado a una fuente fría; voluntariamente este intercambiador de calor no se detalla aquí, puede ser de cualquier tipo conocido en la técnica, por ejemplo un intercambiador de aire con aletas, opcionalmente con una convección forzada con un ventilador, este puede ser también por ejemplo un intercambiador de líquido por ejemplo un intercambiador de flujos cruzados con otro líquido, por ejemplo agua.

En un ejemplo típico de tarjetas de servidor, se evacúan gracias al circuito principal las calorías formadas en los procesadores, a distancia de la tarjeta del servidor, en un circuito de circulación de agua convencional (figura 7).

La cantidad de fluido de trabajo en el interior del sistema de transferencia térmica es constante porque el sistema presenta una estanquidad global con respecto al ambiente. En función del volumen disponible en el circuito y los evaporadores, así como de la cantidad de relleno inicial, el régimen de circulación difásica en la canalización principal puede ser o bien estratificado, o bien anular, laminar o turbulento, con unas bolsas de vapor de tamaño más o menos grande. El régimen de circulación de diseño de la zona de inyección se elegirá de manera que se obtenga al efecto de arrastre más eficaz posible minimizando las pérdidas por viscosidad para los intervalos de temperatura y de potencia de diseño.

En particular, según el primer modo de realización, el conducto principal puede ser, en ciertas partes, una sección tal que las fases de vapor y líquido se separen, se estratifiquen, naturalmente o bien por la acción de la gravedad o bien por la acción de una fuerza centrífuga o de cualquier otro dispositivo de separación que se implemente en función de las condiciones del ambiente bajo gravedad o en ingravidez y en función de las características de la circulación. El interés de esta separación de las fases es permitir comunicar grandes caudales de volumen de vapor, a gran velocidad de vapor, con relación a la reducida velocidad de volumen de líquido tal como se requiere generalmente en los sistemas de transporte difásico. Esta separación de las fases permite disminuir de manera apreciable la pérdida de carga del conducto principal. La relación teórica de velocidad de vapor / velocidad de líquido es proporcional a la relación de densidad entre la del líquido y la del vapor. Se comprende la ventaja que aporta esta separación de las fases sabiendo que la relación de densidad para los fluidos a altas presiones puede ser de 10 mientras que para los fluidos a baja presión puede elevarse a 100 incluso a 1000. En los bucles difásicos, es frecuentemente la pérdida de carga de vapor la que es predominante. Los inyectores se dispondrán preferentemente en la fase de vapor, la que por efecto directo o de arrastre comunica una parte de la cantidad de movimiento a la fase líquida. La canalización difásica podría tener cualquier forma para permitir esta separación de las fases. Desde una forma de ovoide que permitiría al vapor localizarse preferentemente en la parte ampliada del alto de la canalización y la parte líquida en la parte estrechada de la parte baja de la canalización. La canalización principal podría también componerse de varias partes en paralelo. Una canalización de vapor y otra de líquido. En este caso particular, las pérdidas de carga del vapor ejercerían un efecto de bombeo sobre secciones de línea dispuestas en paralelo al conducto principal. Disponiéndose la o las líneas secundarias paralelas, de baja velocidad de circulación, para ser ocupadas preferentemente por líquido mientras se permite el arrastre de eventuales burbujas de vapor.

Como se ilustra en un caso más completo en la figura 2, el sistema de transferencia térmica permite evacuar las calorías de varias fuentes calientes 9 por medio de varios conjuntos evaporadores respectivos 2, 2', idénticos o simplemente similares en el principio. Se observa que estos conjuntos evaporadores se disponen todos en derivación del conducto principal, en unas posiciones diferentes sucesivas a lo largo de este circuito principal. Ventajosamente, gracias a esta configuración, se obtiene una adición de los efectos de arrastre por las inyecciones de vapor rápidas, que se disponen en serie a lo largo del circuito principal (a la inversa de la configuración de los evaporadores dispuestos en paralelo de la técnica anterior).

Además, se comprueba que, gracias a esta invención, se pueden utilizar como fluido de trabajo unos fluidos dieléctricos convencionales de tipo refrigerante que permiten así sustituir los fluidos clásicos de la técnica anterior, utilizados en los bucles difásicos, que son o bien inflamables o bien peligrosos para el medioambiente. En efecto el reducido calor latente de estos fluidos es una ventaja para alcanzar una velocidad de fase de vapor grande a la altura del eyector que puede combinarse con la posibilidad de utilizar varios eyectores sobre un mismo evaporador. Es posible así utilizar una variedad mayor de fluidos difásicos, en un intervalo dado de temperaturas de operación prescritas.

Se pueden prever así varios conjuntos evaporadores 4 en el circuito principal; en un ejemplo, se puede tener alternativamente un evaporador seguido por un condensador y así sucesivamente, y por supuesto se deduce de la figura 2 que el número de condensadores puede ser cualquiera con respecto al número de evaporadores. Igualmente, el orden y la posición relativa de los diferentes evaporadores y condensadores, así como el espacio que

los separa, pueden ser cualesquiera.

Como se ilustra en la figura 3, el evaporador 4 comprende una placa caliente 40 que recibe calorías de la fuente caliente 9 y en la que se han practicado unas ranuras 31 o canales de vapor que facilitan la evacuación del vapor 7V que se forma en este lugar por vaporización.

El elemento poroso 3, también llamado mecha primaria, se encuentra en contacto con la placa caliente 40 (lado de ranuras). Proporciona un efecto de bombeo como es conocido en la técnica, debido al rellenado de los intersticios de la estructura porosa 3 por fluido en fase líquida. El elemento poroso 3 puede fabricarse en inoxidable, en níquel, cerámica o incluso en cobre (véase más adelante).

En la zona de llegada de líquido 30, el fluido en fase líquida proviene de la canalización de admisión 21; una razón conocida en la técnica es impedir que un atasco de la fase de vapor y de gas no condensado bloquee la admisión de líquido, y agote así el aprovisionamiento en fase líquida de la zona de vaporización y no ralentice el bombeo capilar. En efecto, pueden formarse burbujas de vapor en la zona de llegada de líquido o bien debido a una mala estanquidad capilar o bien debido a un flujo térmico parásito (calentamiento "parásito" del lado de líquido). De ese modo el flujo parásito puede considerarse como una fuente de calor anexa que requiere en los dispositivos conocidos por el experto en la materia un caudal de líquido subenfriado para evitar la desactivación o la elevación de temperatura de saturación. En consecuencia en los dispositivos conocidos, se produce la degradación de la conductancia global del dispositivo. En la presente invención el vapor y / o el gas no condensable se evacúan naturalmente al circuito principal a través del núcleo de vapor del enlace capilar secundario sin tener necesidad de subenfriamiento. La conductancia global del dispositivo se mantiene gracias a la presente invención incluso cuando el evaporador incluye fugas parásitas o de gas no condensable. El sistema se hace más robusto que los dispositivos capilares (CPL y LHP) conocidos para el experto en la materia.

En la técnica conocida, se trata al máximo de impedir que las burbujas de vapor se formen en el lado de admisión del elemento poroso con el fin de evitar la ruptura de la alimentación líquida de la mecha principal del evaporador por la formación de un atasco de vapor; pero en este caso, teniendo en cuenta la configuración con el circuito principal en bucle, se puede tolerar la formación de tales burbujas de vapor y de gas no condensable, con la condición de que puedan "remontar la corriente" de la canalización de admisión 21 para volverse hacia el conducto principal 11.

Con este fin se puede utilizar la gravedad si reina en el lugar de aplicación, formando un sifón en local en el que las burbujas de gas se elevan y el líquido desciende, como se ilustra en la figura 3.

Se puede prever también, además o alternativamente, una mecha secundaria 32, opcional, que se encuentra en el lado opuesto a la mecha primaria con relación a la placa caliente 40. Esta mecha secundaria 32 se extiende en el cuerpo del evaporador, y puede extenderse igualmente en la canalización de admisión 21 al menos en parte; de hecho, la mecha secundaria 32 se interpone entre la mecha primaria 3 y el conducto 11 del circuito principal.

Esta mecha secundaria 32 forma un canal para evacuar las eventuales burbujas de gas que se formarían en este lugar es decir el mal lado de la mecha primaria 3; así se evita que el eventual atasco de vapor impida la alimentación continua de fluido líquido desde el conducto principal hasta la mecha primaria 3 del evaporador 4.

La mecha secundaria 32 puede formarse con un enrejado metálico como se ilustra en la figura 4. Se forman, en las esquinas o en unas intersecciones de los hilos de malla de la mecha secundaria, unos meniscos 39 de líquido que aseguran una buena alimentación de líquido de la mecha primaria.

Como se tolera la formación de burbujas de vapor en el lado de admisión (líquido) del elemento poroso, ventajosamente no es necesario prever una estanquidad capilar perfecta para separar los espacios de un lado y otro del elemento poroso 3. En consecuencia, pueden disminuirse las restricciones de fabricación y el coste del evaporador.

Un flujo de calor parásito, cualquiera que sea la orientación del evaporador, puede compensarse por la gestión de la evacuación de las burbujas de vapor formadas en el lado de admisión del elemento poroso y esto sin tener necesidad de un caudal de líquido subenfriado.

Igualmente, durante las fases de arranque, no hay necesidad de presurizar el circuito principal porque incluso si se forman burbujas de vapor en el evaporador del lado malo del elemento poroso, estas burbujas se llevan de vuelta hacia el circuito principal, y posteriormente se condensan en el circuito principal.

En la configuración ilustrada en la figura 3, la placa caliente 40 se encuentra por encima de la fuente caliente 9 a refrigerar, el elemento poroso 3 se encuentra por encima de la placa caliente 40, y la zona de llegada del líquido 30 que contiene la mecha secundaria opcional se encuentra por encima del elemento poroso 3.

En la figura 6, según otra disposición del evaporador globalmente invertida con relación a la figura 4, el evaporador comprende la placa caliente 40 que recibe unas calorías dispuesta sobre encima, con las ranuras 31 dispuestas por

debajo en contacto con el elemento poroso 3 y posteriormente aún por debajo la mecha secundaria 32.

La llegada de líquido hacia el elemento poroso se referencia por las flechas 38a, 38b, mientras que la evacuación de eventuales burbujas de vapor y/o de gas no condensable se une a la bolsa de vapor 12 según las flechas de referencia 37b, 37a.

Como se ha expuesto anteriormente, y contrariamente a las disposiciones de la técnica anterior, el flujo térmico parásito se tolera por el sistema y no tiene consecuencias sobre sus rendimientos. Ventajosamente, como se ha ilustrado, la orientación del evaporador con relación a la gravedad puede ser cualquiera, debido a la presencia de la mecha secundaria 32 que asegura la alimentación de líquido por bombeo capilar y accesoriamente el escape de vapor (véase anteriormente). Igualmente, la ausencia de impacto de las características de conductividad térmica sobre el flujo parásito de la mecha porosa 3 permite utilizar cobre (desaconsejado en la técnica anterior por demasiado buen conductor térmico) como elemento poroso lo que mejora grandemente los rendimientos de la zona de vaporización.

Ventajosamente según la presente invención, las posiciones relativas del conjunto evaporador 2 y de la canalización principal 11 pueden ser tales que, como se ilustra en la figura 6, en el momento del arranque, las ranuras del evaporador no están rellenas de líquido. Entonces, el arranque se facilita por la presencia de vapor en las ranuras. La mecha secundaria contribuye por su parte a la buena alimentación de líquido de la zona de llegada de líquido y al retorno de las burbujas de vapor hacia el conducto principal.

La invención aquí presentada puede utilizarse en situación de microgravedad es decir en el espacio, pero también desde luego en situación de gravedad (aplicación terrestre). La invención puede utilizarse por supuesto a bordo de dispositivos de transporte (por carretera, ferroviaria, aérea,...) que sufran aceleraciones en una o varias direcciones, permitiendo la mecha secundaria 32 gestionar la alimentación del fluido de líquido y el retorno de eventuales burbujas de vapor.

Como se ilustra en la figura 5B, la canalización de salida puede conectarse mediante una forma de conector en Y referenciado 63; como se ilustra en la figura 5A, la canalización de salida puede conectarse con una llegada perpendicular 61 y un codo 62.

Se remarca que para obtener el efecto de arrastre buscado, es suficiente que la dirección de inyección de vapor G tenga una componente principal según la dirección de la circunferencia F, incluso aunque incluya también otra componente, radial, como en el caso de la figura 5B.

La inyección de vapor se realiza por medio de una boquilla de eyección 60, que puede presentar una forma cilíndrica o una forma cónica.

El inyector 60 en la salida del evaporador podría estar ventajosamente constituido por un orificio de sección autoajustable que permita a la vez desarrollar un máximo de cantidad de movimiento durante las reducidas velocidades, reducidas cargas térmicas, del evaporador mientras se limita su pérdida de carga por debajo de la presión de bombeo capilar del evaporador para grandes caudales. Este autoajuste puede obtenerse útilmente por el efecto de resorte de una lámina de cierre del inyector, por la dilatación térmica de una lámina, o cualquier otro dispositivo que produzca el mismo efecto.

Se pueden tener así varias boquillas de inyección. En una variante, no representada en las figuras, las boquillas de inyección pueden formarse por los extremos de las ranuras 31 colectoras de vapor del evaporador, que desembocan en oblicuo directamente en el conductor principal; se podría tener así tantas boquillas de inyección como ranuras 31 colectoras.

En una configuración particular, se puede prever un depósito 6 (véase la figura 2) conectado para fluidos al conducto principal; este depósito opcional sirve de vaso de expansión para el excedente de fluido de trabajo en función de la temperatura de operación; este depósito sirve igualmente para poder controlar activamente llegado el caso la temperatura de saturación T_{sat} que prevalece en la interfaz vapor-líquido en este depósito, y que influye en consecuencia en la temperatura y presión de equilibrio en el conjunto del sistema.

Para las fuentes calientes auxiliares 98 de menor potencia, en lugar de la adición de un evaporador capilar, se tiene también la posibilidad de formar un puente térmico 8, mediante una pieza de buen coeficiente de conducción térmica, un puente térmico clásico o por un caloducto clásico. Las calorías se transfieren hacia el fluido de trabajo 7 principalmente por ebullición con convención a la altura del contacto entre el puente térmico 8 y la canalización principal 11; esta ebullición con convención funciona con un buen coeficiente de intercambio térmico.

La figura 7 ilustra la utilización de un sistema de transferencia térmica tal como se ha explicado anteriormente en el caso de su aplicación a la tarjeta de servidor 90 multiprocesador, que comprende varios procesadores 9 a refrigerar por el evaporador capilar y opcionalmente también unos componentes secundarios como memorias 98 a refrigerar mediante puente térmico 8.

5 Como se ilustra en la figura 7, cada procesador 9 tiene superpuesto un conjunto evaporador 2, 2A, 2B, 2C, el circuito principal 11 se extiende a lo largo de la tarjeta 90 y pasa en la proximidad de cada uno de los evaporadores, o bien sobre el lateral, o bien por encima. Por otro lado, unos puentes térmicos unen térmicamente los chips de memoria 98 al circuito principal 11. Por otro lado, se dispone un condensador 5 en un extremo de la tarjeta 90 y permite el intercambio térmico entre el fluido de trabajo 7 del circuito principal y un circuito de agua general 95 común por ejemplo para varias tarjetas del servidor.

10 Sin embargo, es necesario observar que la invención puede aplicarse en un sistema de cualquier tipo, electrónico u otro, fijo o móvil, en todos los campos técnicos.

15 Ventajosamente según la presente invención, se propone un sistema modular es decir un circuito principal que puede normalizarse sobre el que pueden llegar a insertarse en paralelo un número variable de evaporadores según la configuración de la tarjeta del servidor a tratar. Como se ilustra principalmente en las figuras 1 y 2, se puede añadir o retirar un conjunto evaporador sin cambiar la concepción y el diseño del resto del sistema.

20 Según las posibles implementaciones, la dimensión transversal del conducto principal puede ir de 2 mm a 25 mm y su sección puede ir de 3 mm² a 10 cm²; la dimensión transversal de la boquilla de inyección puede ser de la misma dimensión, de una dimensión menor, o de dimensión significativamente más pequeña. La relación entre la sección de la boquilla y la sección del conducto principal puede ir de 1 a 1/30.

Según posibles implementaciones, la velocidad de circulación difásica en el conducto general puede ir de 1 m/s a 100 m/s.

25 Según posibles implementaciones, el fluido utilizado puede ser metanol, etanol, acetona, R245fa, HFE-7200, R134A, o sus equivalentes.

30 La figura 8 ilustra una parte del circuito principal 11 que pertenece a un conjunto condensador 5; en esta parte, la canalización principal se subdivide en varios subcanales 50, lo que permite incrementar los intercambios térmicos limitando las pérdidas de carga hidráulicas a través de esta zona. La distribución de la circulación difásica procedente del conducto principal se realiza mediante un distribuidor 51 según el estado de la técnica de manera que se asegure el reparto más homogéneo posible de la fase líquida y de vapor en cada una de las ramas 50 (título de vapor).

35 Segundo modo de realización

Las figuras 9 y 10 ilustran un segundo modo de realización de la presente invención, en el que el fluido que circula en el bucle principal está en general subenfriado con relación a la temperatura de condensación T_{sat} , en consecuencia el fluido está esencialmente en fase líquida excepto en las zonas de salida de las boquillas de eyección 22, 26.

40 La disposición y el funcionamiento del conjunto evaporador 2 y del evaporador 4 en sí mismo es similar o idéntico a lo que se ha descrito para el primer modo, y no se repetirá por tanto aquí. Solo se presentarán a continuación las características que difieren del primer modo de realización.

45 En lugar del conjunto condensador convencional del primer modo, el intercambiador refrigerador del sistema que evacúa las calorías al exterior, referenciado en este caso como 5' es un dispositivo intercambiador de tipo "Sub Cooler" (es decir un intercambiador de subenfriamiento) que subenfriará el líquido 7L-SC por debajo de la temperatura de condensación T_{sat} .

50 El cambio de estado de la fase de vapor hacia la fase líquida se produce en una parte 15 del conducto del circuito principal justamente aguas abajo de la boquilla de eyección que forma la salida del evaporador 4.

55 Esta condensación se produce en contacto del líquido subenfriado que llega con el flujo aguas arriba debido a la circulación F, y también potencialmente con el contacto de la pared de canalización que por sí misma está a una temperatura próxima a $T_{condSAL}$ correspondiente a la del líquido subenfriado 7L-SC.

60 El vapor se propulsa en la forma de chorro a la salida de la boquilla de eyección, en ciertos casos por ejemplo en la forma de burbujas de vapor que se propulsan en régimen turbulento; y el tamaño y el número de las burbujas disminuyen a medida que se aleja de la boquilla de eyección, debido al proceso de condensación.

En consecuencia, es la parte del conducto de referencia 15 la que hace las veces de condensador ("zona de condensación") en este sistema.

65 En la figura 9, se ilustra una configuración con un único conjunto evaporador 2 y un único intercambiador subenfriador 5'.

En la figura 10, se ilustra una configuración con cuatro conjuntos evaporadores 2, 2' y dos intercambiadores subenfriadores 5', siendo los otros elementos similares a lo que ya se ha descrito para la figura 2. Se remarca una zona de condensación 15 aguas abajo de cada salida de vapor procedente de un conjunto evaporador.

Con referencia a la figura 11, se estudian las velocidades máscas para la configuración con un conjunto evaporador en un intercambiador subenfriador, en régimen establecido.

Se escribe principalmente para el caudal máscico de vapor en la salida del evaporador $\dot{m}_{vap} = \frac{Q_{vap}}{\Delta h_{LV}}$ o escrito de otra manera: $\frac{dm_{vap}}{dt} = Q_{vap} / \Delta h_{LV}$ siendo \dot{m}_{vap} el caudal máscico de vapor que sale del conjunto evaporador, Q_{vap} la potencia vaporizada y Δh_{LV} el calor latente de vaporización.

Se define el caudal máscico en el circuito principal:

$$\dot{m}_{total} = \dot{m}_{vap} + \dot{m}_{ad} = \gamma \dot{m}_{vap}$$

Se define el caudal máscico en el intercambiador refrigerador: $\dot{m}_{cond} = \dot{m}_{total} / n_{tubo}$, siendo n_{tubo} el número de flujos paralelos.

Se define el caudal máscico en paralelo del evaporador:

$$\dot{m}_{ad} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \dot{m}_{total}$$

Se remarca que el coeficiente γ caracteriza el efecto de amplificación máscica proporcionado por la eyección a gran velocidad en el circuito principal.

El caudal máscico en el circuito principal es γ veces mayor que el caudal máscico en el evaporador.

Se pueden escribir entonces las ecuaciones siguientes que conducen a expresar el coeficiente γ en función del subenfriamiento

$$Q_{cnt} = Q_{sal} = \dot{m}_{vap} \Delta h_{LV}, \text{ (en un caso ideal sin flujo térmico parásito)}$$

(en un caso ideal sin flujo térmico parásito) $Q_{sub} = \gamma \dot{m}_{vap} C_{pL} (T_{sat} - T_{condSAL})$, expresando Q_{sub} la potencia evacuada en el intercambiador subenfriador 5'.

$$\Delta T_{sub} = T_{sat} - T_{condSAL}$$

Entonces se escribe:
$$\gamma = \frac{\Delta h_{LV}}{C_{pL} \cdot \Delta T_{sub}}$$

En la figura 12, se presentan resultados que permiten caracterizar la relación entre la necesidad de subenfriamiento ΔT_{sub} y el coeficiente γ . Se dan unas curvas para el fluido agua (referencia WF1), para WF2 el metanol, para WF3 la acetona, para WF4 el HFE200 y para WF5 el R245fa.

Se ve que el coeficiente γ varía entre 5 y 50 para ciertos fluidos, entre 10 y 50 para otros. De manera apreciable se constata que según la invención es más interesante utilizar unos fluidos de reducido calor latente de vaporización no solamente para disminuir la necesidad de subenfriamiento sino igualmente para generar un mayor efecto de bombeo por los inyectores.

Una ventaja importante conferida por la presencia de líquido preponderante en el conjunto del circuito principal en bucle es el comportamiento del sistema sometido a un régimen de aceleración(es), principalmente variables. Este es el caso si el sistema se integra a bordo de un vehículo terrestre, marítimo o aéreo, como un material de transporte urbano, metro o tranvía, un material de transporte aéreo de tipo avión o dron. En efecto, a la inversa, si una parte del circuito principal comprende una parte grande en fase gaseosa como es el caso los bucles capilares actualmente conocidos por el experto en la materia, entonces los efectos de la presión hidrostática bajo aceleración súbita tiene tendencia a desplazar la fase líquida más densa en la dirección de la aceleración, lo que puede convertirse en contrario al sentido de circulación normal del fluido de trabajo en el bucle. Este género de perturbaciones se elimina si todo el bucle contiene mayoritariamente líquido.

La noción de aceleración hace referencia igualmente a la aceleración de la gravedad es decir a la posición relativa

del intercambiador de calor con relación al evaporador. Esta posición tiene un impacto limitado sobre los rendimientos del sistema cuando el circuito principal está ocupado principalmente por líquido.

5 Es necesario remarcar que, en lo que se refiere al primer modo de realización, se puede definir también un coeficiente γ que varía entre 5 y 50, preferentemente entre 10 y 25, y generalmente inferior al del segundo modo de realización.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de transferencia térmica (10) que comprende:

- 5 - un circuito principal (1) en bucle de fluido, con una dirección de circulación (F) del bucle de fluido,
- al menos un intercambiador refrigerador (5; 5'), que comprende una parte del circuito principal en bucle y un intercambiador de calor acoplado a una fuente fría, para evacuar calorías,
- al menos un conjunto evaporador (2) con
- 10 - al menos una canalización de admisión (21), que extrae fluido líquido en el circuito principal,
- un evaporador (4) que incluye un elemento poroso (3) de bombeo capilar acoplado a una fuente caliente a refrigerar,

15 y **caracterizado por que** el circuito principal está desprovisto de medios de bombeo mecánico o capilar o gravitatorio, y **por que** el conjunto evaporador se dispone en derivación del circuito principal y comprende al menos una canalización de salida (22) que tiene una boquilla de inyección que inyecta fluido en fase principalmente de vapor en el circuito principal al menos según la dirección de circulación del bucle.

20 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el fluido está en la forma esencialmente difásica en el circuito principal (1) en bucle, a saber en forma de vapor y en forma de líquido, y siendo entonces el intercambiador refrigerador un conjunto condensador convencional (5).

25 3. Sistema según la reivindicación 1, en el que el fluido está en forma esencialmente líquida en el circuito principal (1) en bucle y siendo entonces el intercambiador refrigerador un intercambiador de subenfriamiento (5').

4. Sistema según la reivindicación 3, en el que el cambio de estado de la fase de vapor hacia la fase líquida se produce en una parte (15) de un conducto del circuito principal hasta aguas abajo de la boquilla de eyección.

30 5. Sistema según una de las reivindicaciones 1-4, en el que se encuentran varios conjuntos evaporadores (2, 2') dispuestos en derivación del circuito principal.

6. Sistema según una de las reivindicaciones 1-5, sometido a la gravedad terrestre, en el que el circuito principal (1) en bucle se extiende en un plano sustancialmente horizontal con relación a la gravedad.

35 7. Sistema según la reivindicación 6, en el que el (o los) evaporador(es) se posiciona(n) más abajo del circuito principal.

40 8. Sistema según la reivindicación 6, en el que el (o los) evaporador(es) se posiciona(n) por encima del circuito principal.

9. Sistema según una de las reivindicaciones 1-8, en el que se prevé en uno o varios de los evaporadores una mecha secundaria (32) interpuesta entre el elemento poroso y el conducto del circuito principal.

45 10. Sistema según una de las reivindicaciones 1-9, en el que la boquilla de eyección (60) se dispone en el interior del conducto de circuito principal.

11. Sistema según una de las reivindicaciones 1-9, en el que la boquilla de eyección (60) se dispone de manera mural sobre la pared del conducto del circuito principal.

50 12. Sistema según una de las reivindicaciones 1-11, que incluye además un depósito (6) común ramificado sobre el circuito principal.

55 13. Sistema según una de las reivindicaciones 1-12, en el que, a la altura de uno de los intercambiadores refrigeradores (5; 5'), el conducto del circuito principal comprende una parte cerrada por una pluralidad de subcanales (50) dispuestos en paralelo.

14. Sistema según una de las reivindicaciones 1-13, que incluye además uno o varios puente(s) térmico(s) (8) que conecta(n) térmicamente el conducto del circuito principal con una o varias fuente(s) de calor anexa(s) (98).

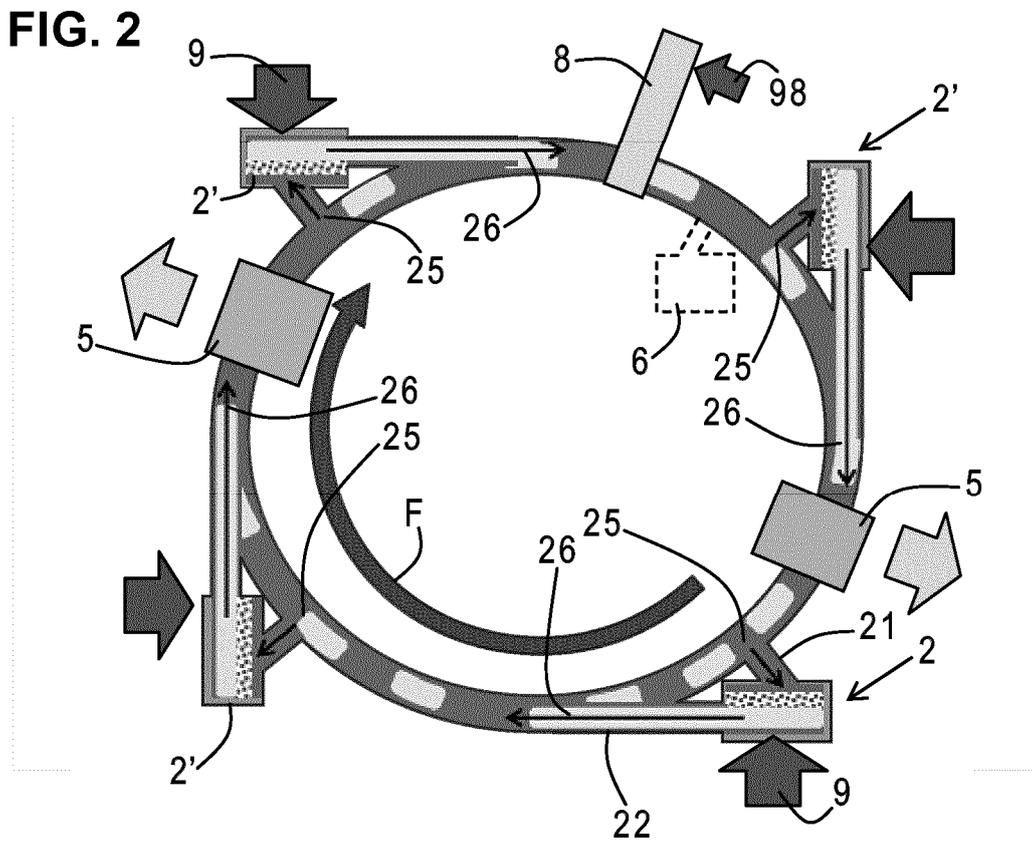
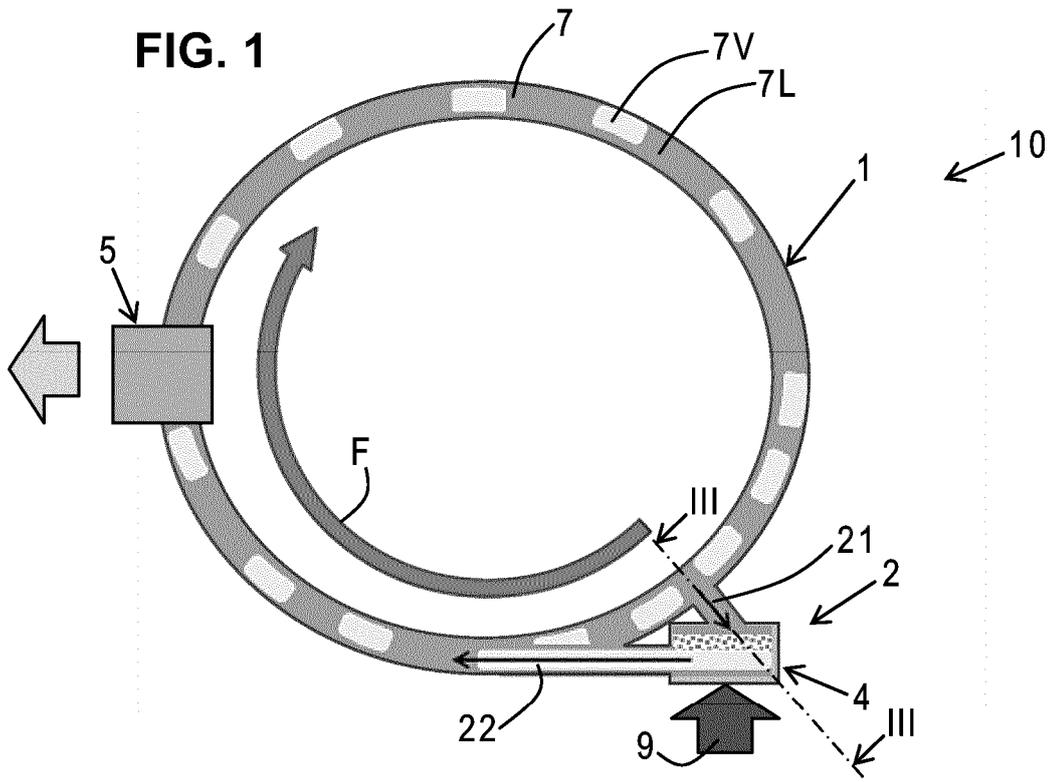


FIG. 3

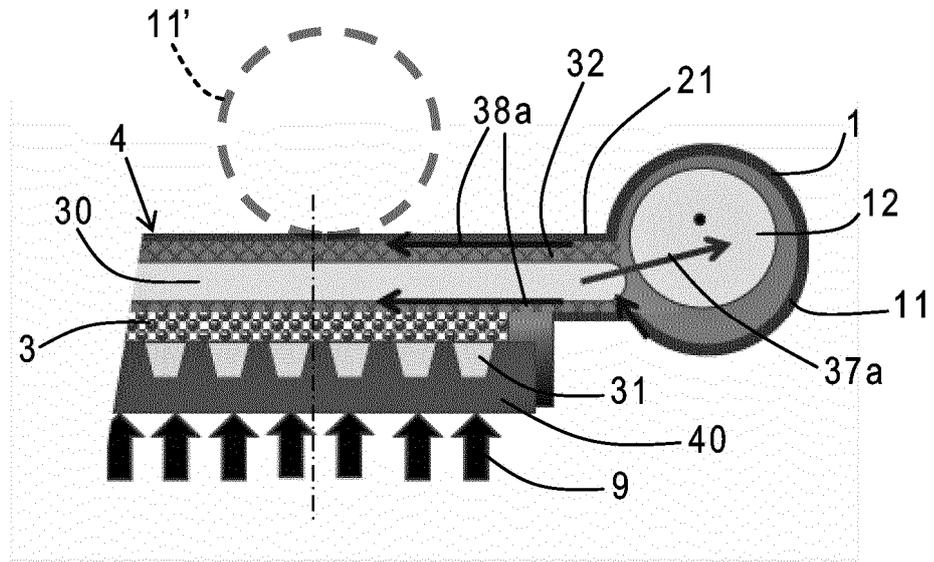


FIG. 4

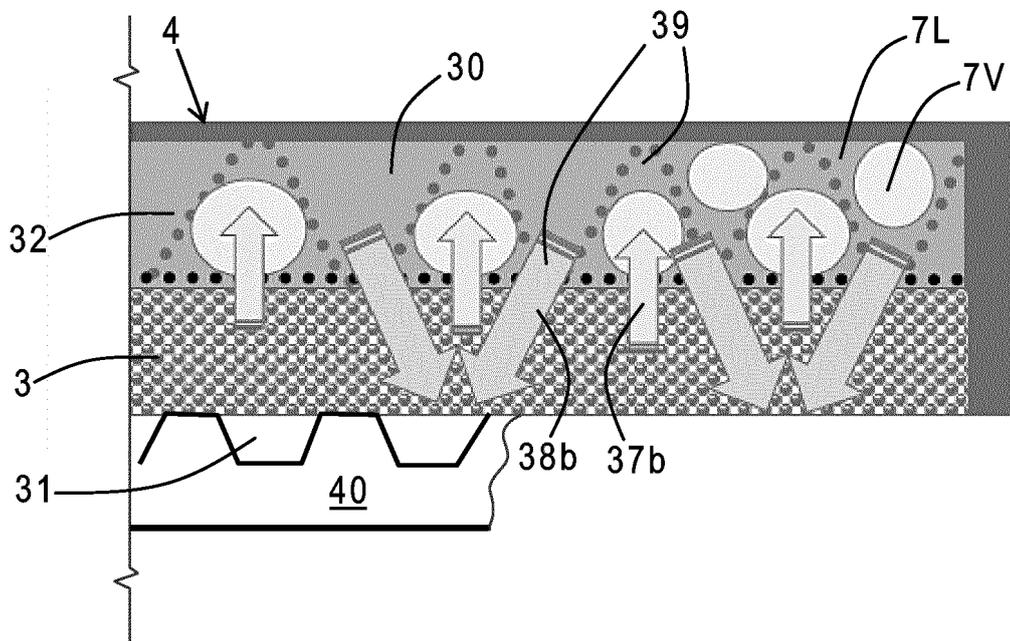


FIG. 5A

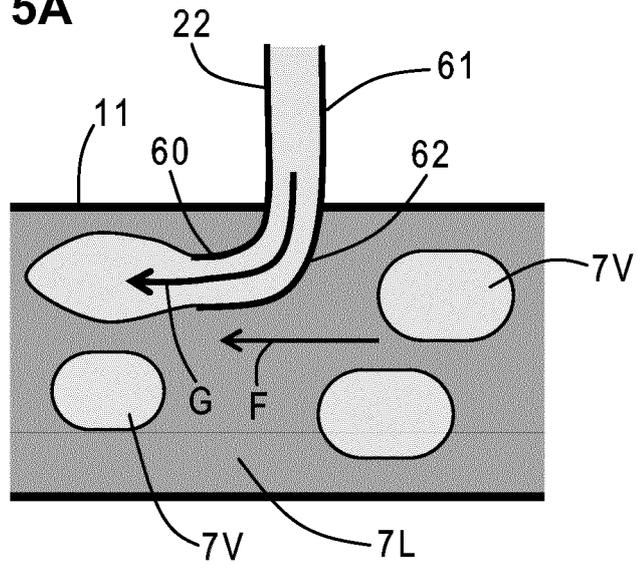


FIG. 5B

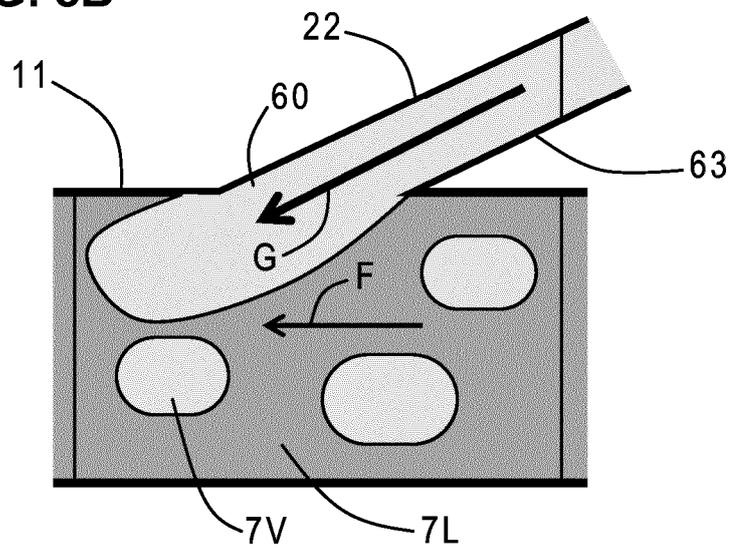


FIG. 6

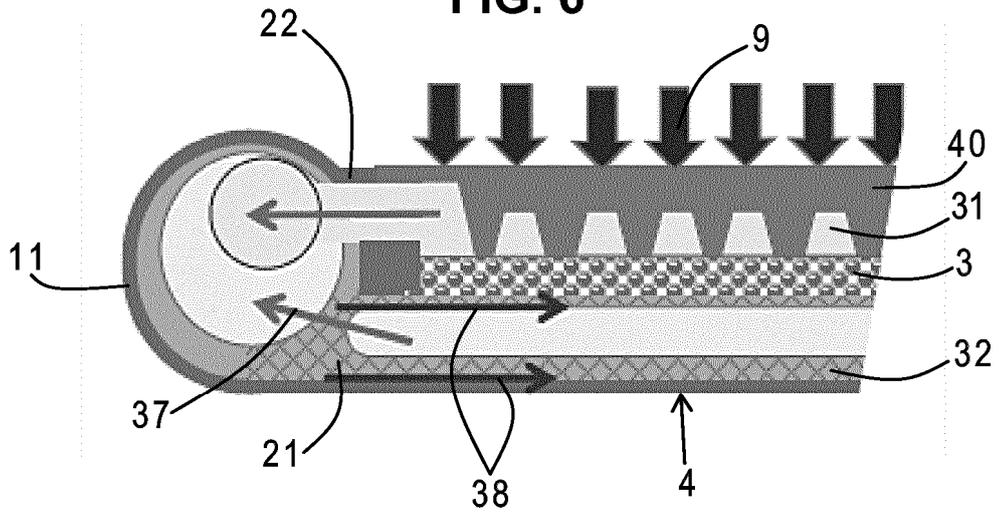


FIG. 7

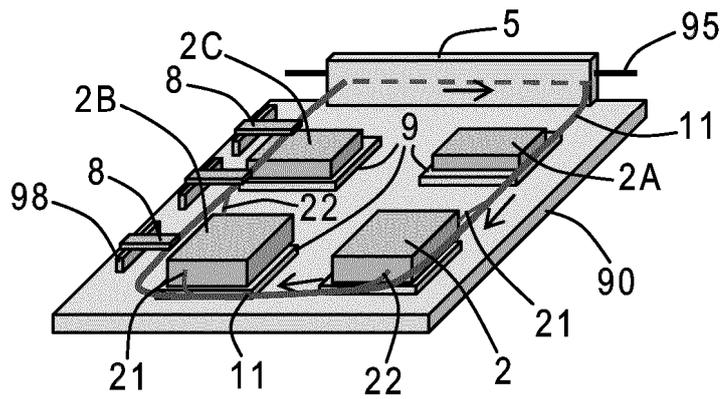


FIG. 8

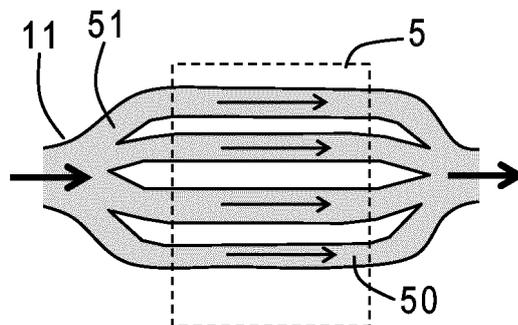


FIG. 11

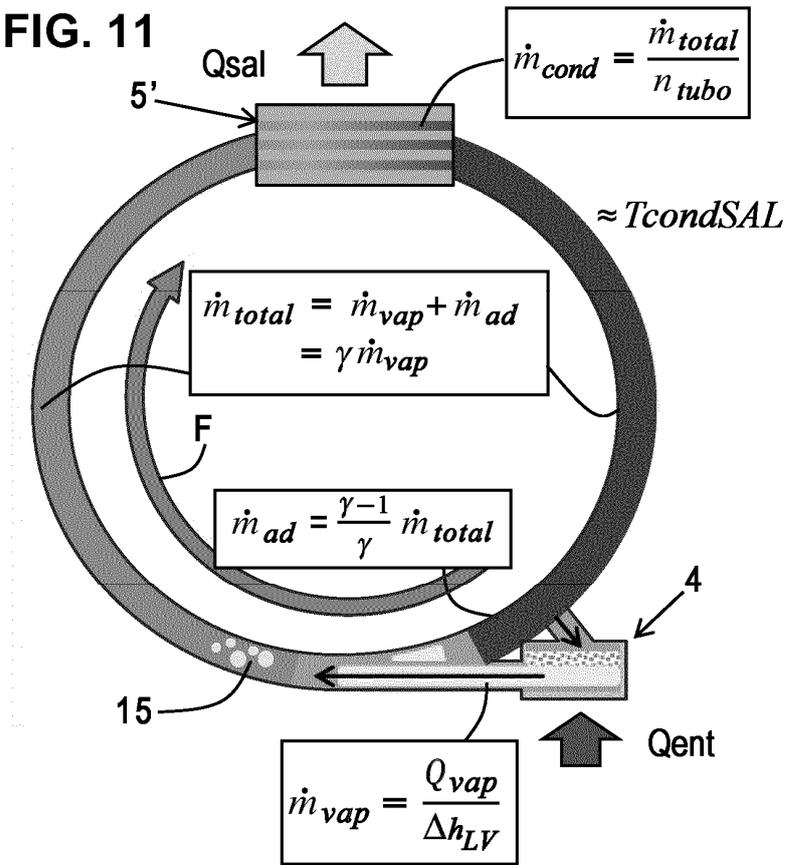


FIG. 12

