

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 914**

51 Int. Cl.:

F28D 3/02 (2006.01)

F25B 39/02 (2006.01)

F28D 7/16 (2006.01)

F28F 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2013 E 13713659 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016 EP 2841864**

54 Título: **Intercambiador de calor**

30 Prioridad:

23.04.2012 US 201213453427

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

19.10.2016

73 Titular/es:

**DAIKIN APPLIED AMERICAS INC. (100.0%)
13600 Industrial Park Boulevard
Minneapolis, MN 55441, US**

72 Inventor/es:

**NUMATA, MITSUHARU y
KASAI, KAZUSHIGE**

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 586 914 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

Intercambiador de calor

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere de manera general a un intercambiador de calor adaptado para usarse en un sistema de compresión de vapor. Más específicamente, esta invención se refiere a un intercambiador de calor que tiene una disposición recomendada de un haz de tubos para impedir que la velocidad de flujo de vapor exceda un nivel recomendado. El documento WO 01/44730 A1 divulga un intercambiador de calor tal como se define en el preámbulo según la reivindicación 1.

Técnica anterior

La refrigeración por compresión de vapor ha sido el procedimiento usado más comúnmente para acondicionar el aire de grandes edificios o similares. Los sistemas de refrigeración por compresión de vapor convencionales están habitualmente dotados de un evaporador, que es un intercambiador de calor que permite que el refrigerante se evapore de líquido a gas mientras absorbe el calor de un líquido que va a enfriarse cuando pasa a través del evaporador. Un tipo de evaporador incluye un haz de tubos que tiene una pluralidad de tubos de transferencia de calor que se extienden en horizontal a través de los cuales circula el líquido que va a enfriarse, y el haz de tubos está alojado dentro de una carcasa cilíndrica. Hay varios procedimientos conocidos para evaporar el refrigerante en este tipo de evaporador. En un evaporador inundado, la carcasa se rellena con refrigerante líquido y los tubos de transferencia de calor están sumergidos en un baño de refrigerante líquido de modo que el refrigerante líquido hierve y/o se evapora como vapor. En un evaporador de película descendente, el refrigerante líquido se deposita sobre superficies externas de los tubos de transferencia de calor desde arriba de modo que se forma una capa o una película delgada del refrigerante líquido a lo largo de las superficies externas de los tubos de transferencia de calor. El calor de las paredes de los tubos de transferencia de calor se transfiere mediante convección y/o conducción a través de la película de líquido a la superficie de contacto de vapor-líquido en la que parte del refrigerante líquido se evapora, y por tanto, se elimina calor del agua que fluye dentro de los tubos de transferencia de calor. El refrigerante líquido que no se evapora desciende verticalmente del tubo de transferencia de calor en una posición superior hacia el tubo de transferencia de calor en una posición inferior debido a la fuerza de la gravedad. También existe un evaporador híbrido de película descendente, en el que el refrigerante líquido se deposita en las superficies externas de algunos de los tubos de transferencia de calor en el haz de tubos y los otros tubos de transferencia de calor en el haz de tubos están sumergidos en el refrigerante líquido que se ha recogido en la parte de fondo de la carcasa.

A pesar de que los evaporadores inundados muestran un alto rendimiento de transferencia de calor, los evaporadores inundados requieren una cantidad considerable de refrigerante porque los tubos de transferencia de calor están sumergidos en un baño del refrigerante líquido. Con el desarrollo reciente de refrigerante nuevo y de alto coste que tiene un potencial de calentamiento global mucho más bajo (tal como R1234ze o R1234yf), es deseable reducir la carga de refrigerante en el evaporador. La ventaja principal de los evaporadores de película descendente es que se puede reducir la carga de refrigerante a la vez que se garantiza un buen rendimiento de transferencia de calor. Por tanto, los evaporadores de película descendente tienen un potencial significativo para reemplazar a los evaporadores inundados en sistemas de refrigeración grandes. Sin embargo, hay varios desafíos técnicos asociados con el funcionamiento eficaz del evaporador de película descendente.

Uno de los desafíos es controlar el flujo de vapor dentro del haz de tubos de un evaporador de película descendente. En general, una parte del refrigerante líquido que se ha vaporizado se expande significativamente en volumen en todas las direcciones, causando un desplazamiento o flujo transversal por el refrigerante vaporizado en una dirección transversal. Este flujo transversal altera el flujo vertical del refrigerante líquido, lo que aumenta el riesgo de que los tubos inferiores reciban humectación insuficiente, causando una reducción significativa del rendimiento de transferencia de calor. Otro desafío es evitar que gotitas de líquido arrastradas se transporten del evaporador al compresor. El compresor puede resultar dañado si el refrigerante vaporizado contiene gotitas de líquido arrastradas.

La patente estadounidense n.º 6.293.112 divulga un evaporador de película descendente en el que los tubos del haz de tubos están dispuestos para formar trayectorias de vapor que se extienden en una dirección transversal para controlar la velocidad de flujo transversal del vapor de refrigerante creado en el interior del haz de tubos.

La patente estadounidense n.º 7.849.710 divulga un evaporador de película descendente que incluye una cubierta dispuesta sobre el haz de tubos. La cubierta hace que el flujo de vapor de refrigerante se mueva hacia abajo, evitando por tanto el flujo transversal del vapor de refrigerante dentro de la cubierta. Asimismo, el brusco cambio de dirección del flujo de vapor de refrigerante causado por la cubierta da como resultado la eliminación de una gran proporción de gotitas de líquido arrastradas del flujo de vapor de refrigerante.

Resumen de invención

Las trayectorias de vapor formadas en el haz de tubos del evaporador de película descendente divulgado en la

patente estadounidense n.º 5.839.294 son relativamente amplias, y por tanto, una distancia entre los tubos encima y debajo de la trayectoria de vapor es grande. Por tanto, puede que no se suministre apropiadamente el refrigerante líquido por gotitas de los tubos en una región por encima de la trayectoria de vapor a los tubos en una región por debajo de la trayectoria de vapor, causando que los tubos en la región inferior no se humedezcan. Por otro lado, el flujo de vapor creado por la cubierta que cubre el haz de tubos tal como divulga en la patente estadounidense n.º 7.849.710 causa una pérdida de presión en el evaporador de modo que se reducirá la temperatura de evaporación, degradando por tanto el rendimiento de transferencia de calor.

En vista de lo anterior, un objetivo de la presente invención es proporcionar un intercambiador de calor que tenga una disposición recomendada de un haz de tubos de modo que una velocidad de vapor no exceda una velocidad recomendada en ninguna ubicación dentro del haz de tubos.

Un intercambiador de calor según un aspecto de la presente invención está adaptado para usarse en un sistema de compresión de vapor, e incluye una carcasa, una parte de distribución y un haz de tubos. La carcasa tiene un eje central longitudinal que se extiende generalmente en paralelo a un plano horizontal. La parte de distribución está situada dentro de la carcasa, y configurada y dispuesta para distribuir un refrigerante. El haz de tubos incluye una pluralidad de tubos de transferencia de calor dispuestos dentro de la carcasa debajo de la parte de distribución de modo que el refrigerante descargado de la parte de distribución se suministra sobre el haz de tubos. Los tubos de transferencia de calor se extienden generalmente en paralelo al eje central longitudinal de la carcasa y están dispuestos en una pluralidad de columnas que se extienden paralelas entre sí cuando se observan a lo largo del eje central longitudinal de la carcasa. El haz de tubos tiene al menos una de una disposición en la que un paso vertical entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor en al menos una de las columnas es mayor en una región superior del haz de tubos que en una región inferior del haz de tubos, y una disposición en la que un paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas es mayor en una región externa del haz de tubos que en una región interna del haz de tubos.

Un intercambiador de calor según otro aspecto está adaptado para usarse en un sistema de compresión de vapor, e incluye una carcasa, una parte de distribución, y un haz de tubos. La carcasa tiene un eje central longitudinal que se extiende generalmente en paralelo a un plano horizontal. La parte de distribución está situada dentro de la carcasa, y configurada y dispuesta para distribuir un refrigerante. El haz de tubos incluye una pluralidad de tubos de transferencia de calor dispuestos dentro de la carcasa debajo de la parte de distribución de modo que el refrigerante descargado de la parte de distribución se suministra sobre el haz de tubos. Los tubos de transferencia de calor se extienden generalmente en paralelo al eje central longitudinal de la carcasa y están dispuestos en una pluralidad de columnas que se extienden paralelas entre sí cuando se observan a lo largo del eje central longitudinal de la carcasa. Variando al menos uno de un paso vertical entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor en cada una de las columnas de los tubos de transferencia de calor y un paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas de los tubos de transferencia de calor de modo que una velocidad de flujo de un vapor de refrigerante que fluye entre los tubos de transferencia de calor no excede una velocidad de flujo recomendada.

Estos y otros objetivos, características, aspectos y ventajas de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada, la cual, tomada junto con los dibujos adjuntos, divulga modos de realización preferidos.

Breve descripción de los dibujos

Haciendo ahora referencia a los dibujos adjuntos que forma parte de esta divulgación original:

La fig. 1 es una vista en perspectiva global simplificada de un sistema de compresión de vapor que incluye un intercambiador de calor según un primer modo de realización de la presente invención;

La fig. 2 es un diagrama de bloques que ilustra un circuito de refrigeración del sistema de compresión de vapor que incluye el intercambiador de calor según el primer modo de realización de la presente invención;

La fig. 3 es una vista en perspectiva simplificada del intercambiador de calor según el primer modo de realización de la presente invención;

La fig. 4 es una vista en perspectiva simplificada de una estructura interior del intercambiador de calor según el primer modo de realización de la presente invención;

La fig. 5 es una vista en despiece ordenado de la estructura interior del intercambiador de calor según el primer modo de realización de la presente invención;

La fig. 6 es una vista en sección transversal longitudinal simplificada del intercambiador de calor según el primer modo de realización de la presente invención según una línea de sección 6-6' en la fig. 3;

La fig. 7 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor según el primer modo de

realización de la presente invención según una línea de sección 7-7' en la fig. 3;

5 La fig. 8 incluye vistas en sección transversal esquemáticas ampliadas de tubos de transferencia de calor que ilustran un estado ideal del refrigerante líquido que desciende de un tubo a otro (diagrama (a)), y que ilustran un estado en el que el flujo vertical el refrigerante líquido que desciende de un tubo a otro se ve afectado por el flujo de vapor transversal (diagrama (b));

10 La fig. 9 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un primer ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el primer modo de realización de la presente invención;

La fig. 10 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un segundo ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el primer modo de realización de la presente invención;

15 La fig. 11 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un tercer ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el primer modo de realización de la presente invención;

20 La fig. 12 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un cuarto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el primer modo de realización de la presente invención;

La fig. 13 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un quinto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el primer modo de realización de la presente invención;

25 La fig. 14 es una vista en sección transversal simplificada de un intercambiador de calor según un segundo modo de realización de la presente invención;

La fig. 15 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un primer ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el segundo modo de realización de la presente invención;

30 La fig. 16 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un segundo ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el segundo modo de realización de la presente invención;

35 La fig. 17 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un tercer ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el segundo modo de realización de la presente invención;

La fig. 18 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un cuarto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el segundo modo de realización de la presente invención;

40 La fig. 19 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un quinto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el segundo modo de realización de la presente invención;

45 La fig. 20 es una vista en sección transversal simplificada de un intercambiador de calor según un tercer modo de realización de la presente invención;

La fig. 21 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un primer ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el tercer modo de realización de la presente invención;

50 La fig. 22 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un segundo ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el tercer modo de realización de la presente invención;

55 La fig. 23 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un tercer ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el tercer modo de realización de la presente invención;

La fig. 24 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un cuarto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el tercer modo de realización de la presente invención;

60 La fig. 25 es una vista en sección transversal simplificada del intercambiador de calor que ilustra un quinto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos según el tercer modo de realización de la presente invención;

La fig. 26 es una vista en sección transversal simplificada de un intercambiador de calor según un cuarto modo de realización de la presente invención; y

65 La fig. 27 es una vista en sección transversal longitudinal simplificada del intercambiador de calor según el cuarto modo de realización de la presente invención.

Descripción de modos de realización

5 Ahora se explicarán modos de realización seleccionados de la presente invención con referencia a los dibujos. Resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de la presente divulgación que las siguientes descripciones de los modos de realización de la presente invención se proporcionan con fines únicamente ilustrativos y no con el fin de limitar la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

10 Haciendo inicialmente referencia a las figs. 1 y 2, se explicará un sistema de compresión de vapor que incluye un intercambiador de calor según un primer modo de realización. Tal como se observa en la fig. 1, el sistema de compresión de vapor según el primer modo de realización es un enfriador que puede usarse en un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) para acondicionar el aire de grandes edificios y similares. El sistema de compresión de vapor del primer modo de realización está configurado y dispuesto para eliminar calor del líquido que va a enfriarse (por ejemplo, agua, etileno, etilenglicol, salmuera con cloruro de calcio, etc.) mediante un ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

15 Tal como muestran las figs. 1 y 2, el sistema de compresión de vapor incluye los cuatro componentes principales siguientes: un evaporador 1, un compresor 2, un condensador 3 y un dispositivo de expansión 4.

20 El evaporador 1 es un intercambiador de calor que elimina calor del líquido que va a enfriarse (en este ejemplo, agua) que pasa a través del evaporador 1 para bajar la temperatura del agua a medida que un refrigerante en circulación se evapora en el evaporador 1. El refrigerante que entra en el evaporador 1 está en un estado de dos fases gas/líquido. El refrigerante líquido se evapora como vapor de refrigerante en el evaporador 1 a medida que absorbe calor del agua.

25 El vapor de refrigerante a baja presión y a baja temperatura se descarga del evaporador 1 y entra en el compresor 2 mediante succión. En el compresor 2, el vapor de refrigerante se comprime para dar vapor a mayor presión y mayor temperatura. El compresor 2 puede ser cualquier tipo de compresor convencional, por ejemplo, compresor centrífugo, compresor de espiral, compresor alternante, compresor de tornillo, etc.

30 Después, el vapor de refrigerante a alta temperatura y a alta presión entra al condensador 3, que es otro intercambiador de calor que elimina calor del vapor de refrigerante causando que se condense de estado gaseoso a estado líquido. El condensador 3 puede ser un condensador de tipo enfriado por aire, de tipo enfriado por agua, o cualquier tipo de condensador adecuado. El calor aumenta la temperatura del agua o aire de enfriamiento que pasa a través del condensador 3, y el calor se expulsa al exterior del sistema al transportarse por el agua o aire de enfriamiento.

35 El refrigerante líquido concentrado entra entonces a través del dispositivo de expansión 4 donde el refrigerante experimenta una reducción brusca de presión. El dispositivo de expansión 4 puede ser tan simple como una placa con orificios o tan complicado como una válvula de expansión térmica de modulación electrónica. La reducción brusca de presión da como resultado una evaporación parcial del refrigerante líquido, y por tanto, el refrigerante que entra en el evaporador 1 está en un estado de dos fases gas/líquido.

40 Algunos ejemplos de refrigerantes usados en el sistema de compresión de vapor son refrigerantes a base de hidrofluorocarbono (HFC), por ejemplo, R-410A, R-407C, y R-134a, hidrofluoro-olefina (HFO), refrigerante a base de HFC insaturado, por ejemplo, R-1234ze, y R-1234yf, refrigerantes naturales, por ejemplo, R-717 y R-718, o cualquier otro tipo de refrigerante adecuado.

45 El sistema de compresión de vapor incluye una unidad de control 5 que está acoplada de manera operativa a un mecanismo accionador del compresor 2 para controlar el funcionamiento del sistema de compresión de vapor.

50 Resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que puede usarse un compresor, condensador y dispositivo de expansión convencionales respectivamente como el compresor 2, el condensador 3 y el dispositivo de expansión 4 para llevar a cabo la presente invención. En otras palabras, el compresor 2, el condensador 3 y el dispositivo de expansión 4 son componentes convencionales que se conocen bien en la técnica. Dado que el compresor 2, el condensador 3 y el dispositivo de expansión 4 se conocen bien en la técnica, estas estructuras no se analizarán o ilustrarán en detalle en el presente documento. El sistema de compresión de vapor puede incluir una pluralidad de evaporadores 1, compresores 2 y/o condensadores 3.

55 Haciendo ahora referencia a las figs. 3 a 5, se explicará la estructura detallada del evaporador 1, que es el intercambiador de calor según el primer modo de realización. Tal como muestran las figs. 3 y 6, el evaporador 1 incluye una carcasa 10 que tiene una forma generalmente cilíndrica con un eje C central longitudinal (fig. 6) que se extiende generalmente en dirección horizontal. La carcasa 10 incluye un elemento de cabezal de conexión 13 que define una cámara de agua de entrada 13a y una cámara de agua de salida 13b, y un elemento de cabezal de retorno 14 que define una cámara de agua 14a. El elemento de cabezal de conexión 13 y el elemento de cabezal de

5 retorno 14 están acoplados de manera fija a los extremos longitudinales de un cuerpo cilíndrico de la carcasa 10. La cámara de agua de entrada 13a y la cámara de agua de salida 13b están divididas por un deflector de agua 13c. El elemento de cabezal de conexión 13 incluye una tubería de entrada de agua 15 a través de la cual entra agua en la carcasa 10 y una tubería de salida de agua 16 a través de la cual se descarga agua de la carcasa 10. Tal como muestran las figs. 3 y 6, la carcasa 10 incluye además una tubería de entrada de refrigerante 11 y una tubería de salida de refrigerante 12. La tubería de entrada de refrigerante 11 está en conexión de fluido con el dispositivo de expansión 4 mediante un conducto de suministro 6 (fig. 7) para introducir el refrigerante en dos fases en la carcasa 10. El dispositivo de expansión 4 puede acoplarse directamente a la tubería de entrada de refrigerante 11. El componente líquido en el refrigerante en dos fases hierve y/o se evapora en el evaporador 1 y experimenta un cambio de fase de líquido a vapor a medida que absorbe calor del agua que pasa a través del evaporador 1. El vapor de refrigerante se conduce desde la tubería de salida de refrigerante 12 al compresor 2 mediante succión.

15 La fig. 4 es una vista en perspectiva simplificada que ilustra una estructura interior alojada en la carcasa 10. La fig. 5 es una vista en despiece ordenado de la estructura interior mostrada en la fig. 4. Tal como muestran las figs. 4 y 5, el evaporador 1 incluye básicamente una parte de distribución 20, un haz de tubos 30, y una parte en depresión 40. El evaporador 1 preferiblemente incluye además un elemento deflector 50 tal como muestra la fig. 7 aunque la ilustración del elemento deflector 50 se omite en las figs. 4-6 por motivos de brevedad.

20 La parte de distribución 20 está configurada y dispuesta tanto para servir de separador de gas-líquido así como de distribuidor de refrigerante. Tal como muestra la fig. 5, la parte de distribución 20 incluye una parte de tubería de entrada 21, una primera parte de bandeja 22 y una pluralidad de segundas partes de bandeja 23.

25 Tal como muestra la fig. 6, la parte de tubería de entrada 21 se extiende generalmente en paralelo al eje C central longitudinal de la carcasa 10. La parte de tubería de entrada 21 está en conexión de fluido con la tubería de entrada de refrigerante 11 de la carcasa 10 de modo que el refrigerante en dos fases se introduce en la parte de tubería de entrada 21 mediante la tubería de entrada de refrigerante 11. La parte de tubería de entrada 21 incluye una pluralidad de aberturas 21a dispuestas a lo largo de la longitud longitudinal de la parte de tubería de entrada 21 para descargar el refrigerante en dos fases. Cuando el refrigerante en dos fases se descarga de las aberturas 21a de la parte de tubería de entrada 21, el componente líquido del refrigerante en dos fases descargado de las aberturas 21a de la parte de tubería de entrada 21 se recibe por la primera parte de bandeja 22. Por otro lado, el componente de vapor del refrigerante en dos fases fluye hacia arriba e impacta contra el elemento deflector 50 mostrado en la fig. 7, de modo que las gotitas de líquido arrastradas en el vapor se capturan por el elemento deflector 50. Las gotitas de líquido capturadas por el elemento deflector 50 se guían a lo largo de una superficie inclinada del elemento deflector 50 hacia la primera parte de bandeja 22. El elemento deflector 50 puede estar configurado como un elemento de placa, un tamiz de malla o similar. El componente de vapor fluye hacia abajo a lo largo del elemento deflector 50 y entonces cambia su dirección hacia arriba hacia la tubería de salida 12. El vapor de refrigerante se descarga hacia el compresor 2 mediante la tubería de salida 12.

40 Tal como muestran las figs. 5 y 6, la primera parte de bandeja 22 se extiende generalmente en paralelo al eje C central longitudinal de la carcasa 10. Tal como muestra la fig. 7, se dispone una superficie de fondo de la primera parte de bandeja 22 debajo de la parte de tubería de entrada 21 para recibir el refrigerante líquido descargado de las aberturas 21a de la parte de tubería de entrada 21. En el primer modo de realización, la parte de tubería de entrada 21 está dispuesta dentro de la primera parte de bandeja 22 de modo que no se forma ningún hueco vertical entre la superficie de fondo de la primera parte de bandeja 22 y la parte de tubería de entrada 21 tal como muestra la fig. 7. En otras palabras, en el primer modo de realización, la mayor parte de la parte de tubería de entrada 21 se solapa con la primera parte de bandeja 22 cuando se observa a lo largo de una dirección horizontal perpendicular al eje C central longitudinal de la carcasa 10 tal como muestra la fig. 6. Esta disposición es ventajosa porque puede reducirse un volumen global del refrigerante líquido acumulado en la primera parte de bandeja 22 a la vez que se mantiene un nivel (altura) relativamente alto del refrigerante líquido acumulado en la primera parte de bandeja 22. Alternativamente, la parte de tubería de entrada 21 y la primera parte de bandeja 22 pueden estar dispuestas de modo que se forma un hueco vertical mayor entre la superficie de fondo de la primera parte de bandeja 22 y la parte de tubería de entrada 21. Preferiblemente, la parte de tubería de entrada 21, la primera parte de bandeja 22 y el elemento deflector 50 se acoplan conjuntamente y se suspenden desde arriba en una parte superior de la carcasa 10 de manera adecuada.

55 Tal como muestran las figs. 5 y 7, la primera parte de bandeja 22 tiene una pluralidad de primeras aberturas de descarga 22a desde las que el refrigerante líquido acumulado en la misma se descarga hacia abajo. El refrigerante líquido descargado desde las primeras aberturas de descarga 22a de la primera parte de bandeja 22 se recibe por una de las segundas partes de bandeja 23 dispuestas debajo de la primera parte de bandeja 22.

60 Tal como muestran las figs. 5 y 6, la parte de distribución 20 del primer modo de realización incluye tres segundas partes de bandeja 23 idénticas. Las segundas partes de bandeja 23 están alineadas una junto a otra a lo largo del eje C central longitudinal de la carcasa 10. Tal como muestra la fig. 6, una longitud longitudinal global de las tres segundas partes de bandeja 23 es sustancialmente la misma que la longitud longitudinal de la primera parte de bandeja 22 tal como muestra la fig. 6. Se fija una anchura transversal de la segunda parte de bandeja 23 para ser mayor que la anchura transversal de la primera parte de bandeja 22 de modo que la segunda parte de bandeja 23 se

extiende sustancialmente sobre la anchura total del haz de tubos 30 tal como muestra la fig. 7. Las segundas partes de bandeja 23 están dispuestas de modo que el refrigerante líquido acumulado en las segundas partes de bandeja 23 no se comunica entre las segundas partes de bandeja 23. Tal como muestran las figs. 5 y 7, cada una de las segundas partes de bandeja 23 tiene una pluralidad de segundas aberturas de descarga 23a desde las que el refrigerante líquido se descarga hacia abajo hacia el haz de tubos 30.

Resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que la estructura y la configuración de la parte de distribución 20 no están limitadas a las descritas en el presente documento. Puede usarse cualquier estructura convencional para distribuir el refrigerante líquido hacia abajo sobre el haz de tubos 30 para llevar a cabo la presente invención. Por ejemplo, puede usarse un sistema de distribución convencional que usa tubos rociadores de árboles y similares como la parte de distribución 20. En otras palabras, puede usarse cualquier sistema de distribución convencional que sea compatible con un evaporador de tipo de película descendente como la parte de distribución 20 para llevar a cabo la presente invención.

El haz de tubos 30 se dispone debajo de la parte de distribución 20 de modo que el refrigerante líquido descargado de la parte de distribución 20 se suministra sobre el haz de tubos 30. El haz de tubos 30 incluye una pluralidad de tubos de transferencia de calor 31 que se extienden generalmente en paralelo al eje C central longitudinal de la carcasa 10 tal como muestra la fig. 6. Los tubos de transferencia de calor 31 están hechos de materiales que tienen alta conductividad térmica, tales como metal, y preferiblemente dotados de ranuras internas y externas para promover de manera adicional el intercambio de calor entre el refrigerante y el agua que fluye dentro de los tubos de transferencia de calor 31. Dichos tubos de transferencia de calor que incluyen las ranuras internas y externas se conocen bien en la técnica. Por ejemplo, pueden usarse los tubos Thermoexel-E de Hitachi Cable Ltd. como tubos de transferencia de calor 31 de este modo de realización. Tal como muestra la fig. 5, los tubos de transferencia de calor 31 se soportan en una pluralidad de placas de soporte 32 que se extienden en vertical, que están acopladas de manera fija a la carcasa 10. En el primer modo de realización, el haz de tubos 30 se dispone para formar un sistema de dos pases, en el que los tubos de transferencia de calor 31 se dividen en un grupo de línea de suministro dispuesto en una región inferior del haz de tubos 30, y un grupo de línea de retorno dispuesto en una región superior del haz de tubos 30. Tal como muestra la fig. 6, los extremos de entrada de los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de suministro están en conexión de fluido con la tubería de entrada de agua 15 mediante la cámara de agua de entrada 13a del elemento de cabezal de conexión 13 de modo que el agua que entra en el evaporador 1 se distribuye a los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de suministro. Los extremos de salida de los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de suministro y los extremos de entrada de los tubos de transferencia de calor 31 de los tubos de línea de retorno están en comunicación de fluido con una cámara de agua 14a del elemento de cabezal de retorno 14. Por tanto, el agua que fluye dentro de los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de suministro se descarga en la cámara de agua 14a, y se redistribuye a los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de retorno. Los extremos de salida de los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de retorno están en comunicación de fluido con la tubería de salida de agua 16 mediante la cámara de agua de salida 13b del elemento de cabezal de conexión 13. Por tanto, el agua que fluye dentro de los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de retorno sale del evaporador 1 a través de la tubería de salida de agua 16. En un evaporador de dos pases típico, la temperatura del agua que entra en la tubería de entrada de agua 15 puede ser de aproximadamente 54 grados F (aproximadamente 12°C), y el agua se enfría hasta aproximadamente 44 grados F (aproximadamente 7°C) cuando sale de la tubería de salida de agua 16. A pesar de que, en este modo de realización, el evaporador 1 se dispone para formar un sistema de dos pases en el que el agua entra y sale por el mismo lado del evaporador 1, resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que puede usarse otro sistema convencional tal como un sistema de un pase o de tres pases. Además, en el sistema de dos pases, el grupo de línea de retorno puede disponerse debajo o junto al grupo de línea de suministro en lugar de en la disposición ilustrada en el presente documento.

La geometría detallada del haz de tubos del evaporador 1 según el primer modo de realización se explicará en referencia a la fig. 7. La fig. 7 es una vista en sección transversal simplificada del evaporador 1 según una línea de sección 7-7' en la fig. 3.

Tal como se describió anteriormente, el refrigerante en un estado de dos fases se suministra a través del conducto de suministro 6 a la parte de tubería de entrada 21 de la parte de distribución 20 mediante la tubería de entrada 11. En la fig. 7, se ilustra esquemáticamente el flujo de refrigerante en el circuito de refrigeración, y la tubería de entrada 11 se omite por motivos de brevedad. El componente de vapor del refrigerante suministrado a la parte de distribución 20 se separa del componente líquido en la primera sección de bandeja 22 de la parte de distribución 20 y sale del evaporador 1 a través de la tubería de salida 12. Por otro lado, el componente líquido del refrigerante en dos fases se acumula en la primera parte de bandeja 22 y después en las segundas partes de bandeja 23, y se descarga de las aberturas de descarga 23a de la segunda parte de bandeja 23 hacia abajo hacia el haz de tubos 30.

Los tubos de transferencia de calor 31 del haz de tubos 30 están configurados y dispuestos para realizar la evaporación de la película descendente del refrigerante líquido distribuido desde la parte de distribución 20. Más específicamente, los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestos de modo que el refrigerante líquido descargado de la parte de distribución 20 forma una capa (o una película) a lo largo de una pared externa de cada uno de los tubos de transferencia de calor 31, donde el refrigerante líquido se evapora como vapor de refrigerante a

medida que absorbe calor del agua que fluye dentro los tubos de transferencia de calor 31. Tal como muestra la fig. 7, los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestos en una pluralidad de columnas verticales que se extienden paralelas entre sí cuando se observan en una dirección paralela al eje C central longitudinal de la carcasa 10 (tal como muestra la fig. 7). Por tanto, el refrigerante desciende hacia abajo desde un tubo de transferencia de calor hasta otro debido a la fuerza de la gravedad en cada una de las columnas de los tubos de transferencia de calor 31. Las columnas de los tubos de transferencia de calor 31 se disponen con respecto a las segundas aberturas de descarga 23a de la segunda parte de bandeja 23 de modo que el refrigerante líquido descargado de las segundas aberturas de descarga 23a se deposita sobre el más superior de los tubos de transferencia de calor 31 en cada una de las columnas. En el primer modo de realización, las columnas de los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestas en un patrón escalonado tal como muestra la fig. 7. En el primer modo de realización, un paso vertical entre dos tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor 31 es sustancialmente constante. Asimismo, un paso horizontal entre dos columnas adyacentes de las columnas de los tubos de transferencia de calor 31 es sustancialmente constante.

Una parte del refrigerante líquido que se ha vaporizado se expande significativamente en volumen en todas las direcciones, causando un desplazamiento o flujo transversal por el refrigerante vaporizado en una dirección transversal. Se ha descubierto que la velocidad de vapor de este flujo transversal es más alta en una región superior y una región externa de un haz de tubos cuando tanto un paso vertical como un paso horizontal entre tubos de transferencia de calor del haz de tubos son sustancialmente constantes. Si dicha velocidad de vapor local dentro del haz de tubos se vuelve demasiado alta, particularmente en una dirección transversal del haz de tubos, puede producirse una alteración de la película de refrigerante líquido que se desarrolla alrededor tubos individuales. La fig. 8 incluye vistas en sección transversal esquemáticas ampliadas de los tubos de transferencia de calor que ilustran un estado ideal del refrigerante líquido que desciende de un tubo a otro (diagrama (a)), y que ilustran un estado en el que el flujo vertical del refrigerante líquido que desciende de un tubo a otro se ve afectado por el flujo de vapor transversal (diagrama (b)). Tal como muestra el diagrama (b), la alteración de la película de refrigerante líquido puede conducir a la formación de zonas secas, lo que degrada el rendimiento global de transferencia de calor del evaporador de película descendente. Además, el flujo de vapor a alta velocidad en la región superior del haz de tubos causa que las gotitas de líquido se arrastren en el vapor tal como muestra el diagrama (b), y las gotitas de líquido arrastradas se transportarán al compresor 2. La influencia de un fenómeno de este tipo es aún mayor en un evaporador a gran escala.

Por consiguiente, el haz de tubos 30 del primer modo de realización tiene una disposición recomendada para suprimir la formación de flujo de vapor a alta velocidad en el haz de tubos 30. En el primer modo de realización, se fija un paso vertical entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor 31 en cada una de las columnas para ser mayor en una región superior del haz de tubos 30 que en una región inferior del haz de tubos 30.

Más específicamente, tal como muestra la fig. 7, el paso vertical ($V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$) aumenta gradualmente de un paso vertical mínimo V_n entre el más inferior y el segundo más inferior de los tubos de transferencia de calor 31 hasta un paso vertical máximo V_1 entre el segundo más superior y el más superior de los tubos de transferencia de calor 31. El paso vertical máximo V_1 se fija para ser una distancia que garantiza un goteo fiable del refrigerante líquido del más superior de los tubos de transferencia de calor 31 al segundo más superior de los tubos de transferencia de calor 31. Por ejemplo, cuando un paso vertical mínimo V_n es de aproximadamente 3,5 mm, un paso vertical máximo V_1 es preferiblemente de aproximadamente 8 mm.

Mediante el aumento del paso vertical en una región superior del haz de tubos 30, puede aumentarse el área de sección transversal de canales a través de los cuales pasa el flujo transversal. Por tanto, un aumento de la velocidad de vapor en la región superior del haz de tubos 30 puede suprimirse con una estructura simple. Por consiguiente, con la disposición del haz de tubos 30 según el primer modo de realización, la velocidad de vapor en el haz de tubos 30 no excede una velocidad máxima recomendada (por ejemplo, aproximadamente de 0,7 m/s a 1,0 m/s) en ninguna ubicación del haz de tubos 30. Por tanto, puede eliminarse la alteración de flujo vertical del refrigerante líquido debido a un flujo transversal a alta velocidad, evitando por tanto la formación de zonas secas en los tubos de transferencia de calor 31. Además, dado que la velocidad del flujo de vapor puede suprimirse según el primer modo de realización, también puede reducirse la aparición de las gotitas de líquido arrastradas.

La disposición del haz de tubos 30 no está limitada a las ilustradas en la fig. 7. Resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones en el presente documento sin alejarse del alcance de la invención. Se explicarán varios ejemplos modificados en referencia a las figs. 9 a 13.

La fig. 9 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 1A que ilustra un primer ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 30A según el primer modo de realización. El evaporador 1A es básicamente el mismo que el evaporador 1 ilustrado en las figs. 2 a 7 excepto por la geometría del haz de tubos 30A. Más específicamente, en este ejemplo modificado, los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestos de modo que un paso vertical entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor 31 en cada una de las columnas en la región inferior del haz de tubos 30A es un primer paso vertical V_S , y un paso vertical entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor 31 en cada una de las columnas en la región superior del haz de

tubos 30A es un segundo paso vertical VL que es mayor que el primer paso vertical VS. Con este ejemplo modificado, pueden obtenerse efectos similares a los comentados anteriormente con una estructura aún más simple.

5 La fig. 10 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 1B que ilustra un segundo ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 30B según el primer modo de realización. El evaporador 1B es básicamente el mismo que el evaporador 1A mostrado en la fig. 12 excepto por la geometría del haz de tubos 30B. Más específicamente, en este ejemplo modificado, los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestos de modo que el paso vertical (V1, V2, V3, ...) entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor 31 en cada una de las columnas dispuestas en la región superior del haz de tubos aumenta gradualmente a medida que avanza hacia arriba, mientras que se fija el paso vertical en la región inferior a un paso (VS) constante, que es más pequeño que los pasos verticales en la región superior. Con este ejemplo modificado, también pueden obtenerse efectos similares a los comentados anteriormente con una estructura aún más simple.

15 La fig. 11 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 1C que ilustra un tercer ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 30C según el primer modo de realización. El evaporador 1C es básicamente el mismo que el evaporador 1A mostrado en la fig. 7 excepto por el hecho de que un hueco G está formado entre la región superior del haz de tubos 30C y la región inferior del haz de tubos 30C tal como muestra la fig. 11.

20 La fig. 12 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 1D que ilustra un cuarto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 30D según el primer modo de realización. El evaporador 1C es básicamente el mismo que el evaporador 1A mostrado en la fig. 9 excepto por el hecho de que un hueco G está formado entre la región superior del haz de tubos 30D y la región inferior del haz de tubos 30D tal como muestra la fig. 12.

25 La fig. 13 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 1E que ilustra un quinto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 30E según el primer modo de realización. El evaporador 1E es básicamente el mismo que el evaporador 1B mostrado en la fig. 10 excepto por el hecho de que el hueco G está formado entre la región superior del haz de tubos 30E y la región inferior del haz de tubos 30E tal como muestra la fig. 13.

30 En los ejemplos mostrados en las figs. 11 a 13, el vapor de refrigerante formado en la región inferior del haz de tubos 30C, 30D o 30E, fluye transversalmente en el hueco G hacia fuera del haz de tubos 30C, 30D o 30E. Por tanto, la velocidad de vapor en la región superior del haz de tubos 30C, 30D o 30E puede reducirse adicionalmente.

35 Segundo modo de realización

Haciendo ahora referencia a las figs. 14 a 19, ahora se explicará un evaporador 101 según un segundo modo de realización. En vista de las similitudes entre los modos de realización primero y segundo, las partes del segundo modo de realización que son idénticas a las partes del primer modo de realización tendrán los mismos números de referencia que las partes del primer modo de realización. Además, las descripciones de las partes del segundo modo de realización que son idénticas a las partes del primer modo de realización pueden omitirse por motivos de brevedad.

45 El evaporador 101 según el segundo modo de realización es básicamente el mismo que el evaporador 1 del primer modo de realización ilustrado en las figs. 2 a 7 excepto por la geometría de un haz de tubos 130. En el segundo modo de realización, los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestos de modo que un paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas es mayor en una región externa del haz de tubos 130 que en una región interna del haz de tubos 130.

50 Más específicamente, en el ejemplo mostrado en la fig. 14, el paso horizontal (H1, H2,... Hn) entre columnas adyacentes de las columnas de los tubos de transferencia de calor 31 aumenta gradualmente de un paso horizontal mínimo Hn en la región interna a un paso horizontal máximo H1 en la región externa del haz de tubos 130. Dado que el paso horizontal se amplía en la región externa del haz de tubos 130, se hace que el flujo de vapor fluya hacia arriba (verticalmente) en la región externa del haz de tubos 130. Como resultado, puede suprimirse la velocidad de vapor del flujo transversal de modo que la velocidad de vapor no excede una velocidad máxima recomendada en ninguna ubicación.

60 La disposición del haz de tubos 130 no se limita a las ilustradas en la fig. 14. Resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones en el presente documento sin alejarse del alcance de la invención. Se explicarán varios ejemplos modificados en referencia a las figs. 15 a 19.

65 La fig. 15 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 101A que ilustra un primer ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 130A según el segundo modo de realización. El evaporador 101A es básicamente el mismo que el evaporador 101 ilustrado en la fig. 14 excepto por la geometría del haz de

tubos 130A. Más específicamente, los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestos de modo que un paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas en la región interna del haz de tubos 130A es un primer paso horizontal HS, y el paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas en la región externa del haz de tubos 130A es un segundo paso horizontal HL que es mayor que el primer paso horizontal HS. Con este ejemplo modificado, pueden obtenerse efectos similares a los comentados anteriormente con una estructura aún más simple.

La fig. 16 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 101B que ilustra un segundo ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 130B según el segundo modo de realización. El evaporador 101B es básicamente el mismo que el evaporador 101A mostrado en la fig. 15 excepto por la geometría del haz de tubos 130B. Más específicamente, los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestos de modo que el paso horizontal (H1, H2,...) entre columnas adyacentes de las columnas en la región externa del haz de tubos 130B aumenta gradualmente hacia fuera del haz de tubos 130B, mientras que se fija el paso horizontal en la región externa a un paso (HS) constante, que es más pequeño que los pasos horizontales en la región externa. Con este ejemplo modificado, también pueden obtenerse efectos similares a los comentados anteriormente con una estructura aún más simple.

La fig. 17 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 101C que ilustra un tercer ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 130C según el segundo modo de realización. El evaporador 101C es básicamente el mismo que el evaporador 101A mostrado en la fig. 14 excepto por el hecho de que un hueco G está formado entre la región superior del haz de tubos 130C y la región inferior del haz de tubos 130C tal como muestra la fig. 17.

La fig. 18 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 101D que ilustra un cuarto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 130D según el segundo modo de realización. El evaporador 101D es básicamente el mismo que el evaporador 101A mostrado en la fig. 15 excepto por el hecho de que un hueco G está formado entre la región superior del haz de tubos 130D y la región inferior del haz de tubos 130D tal como muestra la fig. 18.

La fig. 19 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 101E que ilustra un quinto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 130E según el segundo modo de realización. El evaporador 101E es básicamente el mismo que el evaporador 101B mostrado en la fig. 16 excepto por el hecho de que un hueco G está formado entre la región superior del haz de tubos 130E y la región inferior del haz de tubos 130E tal como muestra la fig. 19.

En los ejemplos mostrados en las figs. 17 a 19, el vapor de refrigerante formado en la región inferior del haz de tubos 130C, 130D o 130E fluye transversalmente en el hueco G hacia fuera del haz de tubos 130C, 130D o 130E. Por tanto, la velocidad de vapor en la región superior del haz de tubos 130C, 130D o 130E puede reducirse adicionalmente.

Tercer modo de realización

Haciendo ahora referencia a las figs. 20 a 25, ahora se explicará un evaporador 201 según un tercer modo de realización. En vista de las similitudes entre los modos de realización primero, segundo y tercero, las partes del tercer modo de realización que son idénticas a las partes de los modos de realización primero o segundo tendrán los mismos números de referencia que las partes de los modos de realización primero o segundo. Además, las descripciones de las partes del tercer modo de realización que son idénticas a las partes de los modos de realización primera o segunda pueden omitirse por motivos de brevedad.

El evaporador 201 según el segundo modo de realización es básicamente el mismo que el evaporador 1 del primer modo de realización ilustrado en las figs. 2 a 7 excepto por la geometría de un haz de tubos 230. En el tercer modo de realización, un paso vertical entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor 31 en cada una de las columnas se fija para ser mayor en una región superior del haz de tubos 230 que en una región inferior del haz de tubos 230. Adicionalmente, un paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas se fija para ser mayor en una región externa del haz de tubos 230 que en una región interna del haz de tubos 230.

Más específicamente, en el ejemplo mostrado en la fig. 14, los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestos de modo que un paso vertical entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor 31 en cada una de las columnas en la región inferior del haz de tubos 230 es un primer paso vertical VS, y un paso vertical entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor 31 en cada una de las columnas en la región superior del haz de tubos 230 es un segundo paso vertical VL que es mayor que el primer paso vertical VS. Adicionalmente, los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestos de modo que un paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas en la región interna del haz de tubos 230 es un primer paso horizontal HS, y el paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas en la región externa del haz de tubos 230 es un segundo paso horizontal HL que es mayor que el primer paso horizontal HS. Mediante el aumento del paso vertical en una región superior del haz de tubos 230, puede aumentarse el área de sección transversal de canales a través de los que pasa el flujo transversal. Por tanto, un aumento de la velocidad de vapor en la región superior del haz de tubos 30 puede

suprimirse con una estructura simple. Además, dado que el paso horizontal se amplía en la región externa del haz de tubos 230, se hace que el flujo de vapor fluya hacia arriba (verticalmente) en la región externa del haz de tubos 230. Como resultado, puede suprimirse la velocidad de vapor del flujo transversal de modo que la velocidad de vapor no excede una velocidad máxima recomendada en ninguna ubicación. Por consiguiente, con la disposición del haz de tubos 230 según el primer modo de realización, la velocidad de vapor en el haz de tubos 230 no excede una velocidad máxima recomendada en ninguna ubicación del haz de tubos 230. Por tanto, puede eliminarse la alteración de flujo vertical del refrigerante líquido debido a flujo transversal a alta velocidad, evitando por tanto la formación de zonas secas en los tubos de transferencia de calor 31. Además, dado que la velocidad del flujo de vapor puede suprimirse según el primer modo de realización, también puede reducirse la aparición de las gotitas de líquido arrastradas.

La disposición del haz de tubos 230 no se limita a las ilustradas en la fig. 20. Resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones en el presente documento sin alejarse del alcance de la invención. Se explicarán varios ejemplos modificados en referencia a las figs. 21 a 25.

La fig. 21 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 201A que ilustra un primer ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 230A según el tercer modo de realización. El evaporador 201A es básicamente el mismo que el evaporador 201 ilustrado en la fig. 20 excepto por la geometría del haz de tubos 230A. Más específicamente, en este ejemplo modificado, los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestos de modo que el paso vertical (V1, V2, V3, ...) entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor 31 en cada una de las columnas dispuestas en la región superior del haz de tubos 230A aumenta gradualmente a medida que avanza hacia arriba, mientras que se fija el paso vertical en la región inferior del haz de tubos 230A a un paso (VS) constante, que es más pequeño que los pasos verticales en la región superior. Además, los tubos de transferencia de calor 31 están dispuestos de modo que el paso horizontal (H1, H2,...) entre columnas adyacentes de las columnas en la región externa del haz de tubos 230A aumenta gradualmente hacia fuera del haz de tubos 230A, mientras que se fija el paso horizontal en la región externa a un paso (HS) constante, que es más pequeño que los pasos horizontales en la región externa. Con este ejemplo modificado, pueden obtenerse efectos similares a los comentados anteriormente con una estructura aún más simple.

La fig. 22 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 201B que ilustra un segundo ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 230B según el tercer modo de realización. El evaporador 201B es básicamente el mismo que el evaporador 201A mostrado en la fig. 21 excepto por el hecho de que algunos de los tubos de transferencia de calor 31 se eliminan en la región superior externa en el haz de tubos 230B para formar espacios S tal como muestra la fig. 22. En este ejemplo, los espacios S se forman entre la parte de distribución 20 y el haz de tubos 230B. Dado que el tamaño y la posición de las aberturas de descarga (en este ejemplo, las aberturas de descarga 23a de la segunda parte de bandeja 23) son fijos, el refrigerante líquido puede depositarse de manera fiable sobre los tubos de transferencia de calor más superiores aun cuando se forman los espacios S entre los mismos.

Con la disposición mostrada en la fig. 22, se forma un canal de vapor aún más ancho en la región superior externa en el haz de tubos 230B. Por tanto, el aumento de la velocidad de vapor en la región superior del haz de tubos 30 puede suprimirse aún más con una estructura simple. Además, dado que el arrastre de gotitas de líquido por el vapor se produce con mayor probabilidad en la región superior externa del haz de tubos 230B, también puede reducirse la aparición de las gotitas de líquido arrastradas con el ejemplo mostrado en la fig. 22.

La fig. 23 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 201C que ilustra un cuarto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 230C según el tercer modo de realización. El evaporador 201C es básicamente el mismo que el evaporador 201 mostrado en la fig. 20 excepto por el hecho de que un hueco G está formado entre los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de suministro del haz de tubos 230C y los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de retorno del haz de tubos 230C tal como muestra la fig. 23. El hueco G se forma en una posición que se corresponde con el deflector de agua 13c del elemento de cabezal de conexión 13, y se extiende longitudinalmente por la totalidad el evaporador 201C.

La fig. 24 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 201D que ilustra un quinto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 230D según el tercer modo de realización. El evaporador 201D es básicamente el mismo que el evaporador 201A mostrado en la fig. 21 excepto por el hecho de que un hueco G está formado entre la región superior del haz de tubos 230D y la región inferior del haz de tubos 230E tal como muestra la fig. 24.

La fig. 25 es una vista en sección transversal simplificada de un evaporador 201E que ilustra un quinto ejemplo modificado para una disposición de un haz de tubos 230E según el tercer modo de realización. El evaporador 201E es básicamente el mismo que el evaporador 201B mostrado en la fig. 22 excepto por el hecho de que un hueco G está formado entre la región superior del haz de tubos 230E y la región inferior del haz de tubos 230E tal como muestra la fig. 25.

En los ejemplos mostrados en las figs. 17 a 19, el vapor de refrigerante formado en la región inferior del haz de tubos 230C, 230D o 230E fluye transversalmente en el hueco G hacia fuera del haz de tubos 230C, 230D o 230E. Por tanto, la velocidad de vapor en la región superior del haz de tubos 230C, 230D o 230E puede reducirse adicionalmente.

5

Cuarto modo de realización

Haciendo ahora referencia a las figs. 26 y 27, ahora se explicará un evaporador 301 según un cuarto modo de realización. En vista de las similitudes entre los modos de realización primero a cuarto, las partes del cuarto modo de realización que son idénticas a las partes de los modos de realización primero, segundo o tercero tendrán los mismos números de referencia que las partes de los modos de realización primero, segundo o tercero. Además, las descripciones de las partes del cuarto modo de realización que son idénticas a las partes de los modos de realización primero, segundo o tercero pueden omitirse por motivos de brevedad.

En el evaporador 301 del cuarto modo de realización, se proporciona una parte de bandeja intermedia 60 entre los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de suministro y los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de retorno. La parte de bandeja intermedia 60 incluye una pluralidad de aberturas de descarga 60a a través de las cuales el refrigerante líquido se descarga hacia abajo.

Tal como se comentó anteriormente, el evaporador 301 incorpora un sistema de dos pases en el que el agua, en primer lugar, fluye dentro de los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de suministro, que se dispone en una región inferior del haz de tubos 330, y después se dirige para fluir dentro de los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de retorno, que se dispone en una región superior del haz de tubos 330. Por tanto, el agua que fluye dentro los tubos de transferencia de calor 31 en el grupo de línea de suministro cerca de la cámara de agua de entrada 13a tiene la temperatura más alta, y por tanto, se requiere una cantidad mayor de transferencia de calor. Por ejemplo, tal como muestra la fig. 27, la temperatura del agua que fluye dentro los tubos de transferencia de calor 31 cerca de la cámara de agua de entrada 13a es la más alta. Por tanto, se requiere una cantidad mayor de transferencia de calor en los tubos de transferencia de calor 31 cerca de la cámara de agua de entrada 13a. Una vez que se seca esta región de los tubos de transferencia de calor 31 debido a una distribución desigual del refrigerante desde la parte de distribución 20, se fuerza al evaporador 301 a realizar transferencia de calor usando áreas de superficie limitadas de los tubos de transferencia de calor 31 que no se han secado, y el evaporador 301 se mantiene en equilibrio con la presión en ese momento. En tal caso, con el fin de volver a humedecer las partes secas de los tubos de transferencia de calor 31, se requerirá más carga de refrigerante que la cantidad normalizada (por ejemplo, el doble).

Por tanto, en el cuarto modo de realización, la parte de bandeja intermedia 60 se dispone en una ubicación por encima de los tubos de transferencia de calor 31 lo que requiere una cantidad mayor de transferencia de calor. El refrigerante líquido que desciende desde arriba se recibe en la parte de bandeja intermedia 60, y se redistribuye uniformemente hacia los tubos de transferencia de calor 31, lo que requiere una cantidad mayor de transferencia de calor. Por consiguiente, se impide que estas partes de los tubos de transferencia de calor 31 se sequen, y la transferencia de calor puede realizarse de manera eficaz usando sustancialmente todas las áreas de superficie de las paredes externas de los tubos de transferencia de calor 31.

Cuando la parte de bandeja intermedia 60 se usa como en el cuarto modo de realización, es preferible fijar un paso vertical VM entre los tubos de transferencia de calor 31 en la región inferior del haz de tubos 330 para que sea ligeramente mayor que el paso vertical VS usado en los modos de realización anteriores en las que no se proporciona ninguna parte de bandeja intermedia. Más específicamente, la parte de bandeja intermedia 60 bloquea parcialmente las trayectorias de flujo para el vapor generado en la región inferior del haz de tubos 330. Por tanto, se fija preferiblemente el paso vertical VM para ser mayor que el paso vertical mínimo para permitir que el vapor fluya hacia fuera y para impedir que la velocidad de flujo exceda un nivel recomendado en la región inferior del haz de tubos 330. El paso vertical VM en la región inferior del haz de tubos 330 puede ser igual a o más pequeño que el paso vertical VL en la región superior del haz de tubos 330. Cuando la parte de bandeja intermedia 60 se dispone solamente en una parte de la longitud longitudinal del haz de tubos 330 tal como muestra la fig. 27, el vapor generado en la parte debajo de la parte de bandeja intermedia 60 puede asimismo fluir a lo largo de la dirección longitudinal y salir del haz de tubos 330. Por tanto, en tal caso, puede fijarse el paso vertical VM en la región inferior para ser aproximadamente la mitad del paso vertical VL en la región superior.

A pesar de que, en el cuarto modo de realización, la parte de bandeja intermedia 60 se proporciona solamente de manera parcial con respecto a la dirección longitudinal del haz de tubos 330 tal como muestra la fig. 25, pueden proporcionarse la parte de bandeja intermedia 60 o una pluralidad de partes de bandeja intermedias 60 para extenderse sustancialmente por toda la longitud longitudinal del haz de tubos 330.

De manera similar al primer modo de realización, las disposiciones para un haz de tubos 330 y la parte en depresión 40 en el cuarto modo de realización no están limitadas a las ilustradas en la fig. 26. Resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones en el presente documento sin alejarse del alcance de la invención. Por ejemplo, la parte de bandeja intermedia 60 puede

65

combinarse con cualquiera de las disposiciones mostradas en las figs. 9-24.

Interpretación general de los términos

5 Para comprender el alcance de la presente invención, el término “que comprende” y sus derivados, tal como se usan en el presente documento, se pretende que sean términos abiertos que especifican la presencia de las características, elementos, componentes, grupos, número enteros, y/o etapas expuestos, pero no excluyen la presencia de otras características, elementos, componentes, grupos, número enteros y/o etapas no expuestos. Lo anterior se aplica asimismo a palabras que tienen significados similares tales como los términos “que incluye”, “que tiene” y sus derivados. Asimismo, los términos “parte”, “sección”, o “elemento” cuando se usan en singular pueden tener el doble significado de una única parte o de una pluralidad de partes. Tal como se usa en el presente documento para describir los modos de realización anteriores, los siguientes términos de dirección “superior”, “inferior”, “encima”, “hacia abajo”, “vertical”, “horizontal”, “debajo” y “transversal” así como cualquier otro término de dirección similar se refieren a las direcciones de un evaporador cuando un eje central longitudinal del mismo está orientado de manera sustancialmente horizontal tal como muestran las figs. 6 y 7. Por consiguiente, estos términos, tal como se usan para describir la presente invención deben interpretarse con referencia a un evaporador tal como se usa en la posición normal de funcionamiento. Finalmente, términos de grado tales como “sustancialmente”, “aproximadamente” y “alrededor de” tal como se usan en el presente documento significan una cantidad razonable de desviación del término modificado de modo que el resultado final no cambie significativamente.

10

15

20

25 Aunque solo se han elegido modos de realización seleccionados para ilustrar la presente invención, resultará evidente para los expertos en la técnica a partir de esta divulgación que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones en el presente documento sin alejarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, puede cambiarse el tamaño, forma, ubicación u orientación de los diversos componentes según se necesite y/o se desee. Los componentes que se han mostrado directamente conectados o en contacto entre sí pueden tener estructuras intermedias dispuestas entre ellos. Las funciones de un elemento se pueden llevar a cabo por dos, y viceversa.

REIVINDICACIONES

1. Intercambiador de calor (1) adaptado para usarse en un sistema de compresión de vapor, que comprende:
 - 5 una carcasa (10) con un eje central longitudinal que se extiende generalmente en paralelo a un plano horizontal;
 - una parte de distribución (21, 22) dispuesta dentro de la carcasa, y configurada y dispuesta para distribuir un refrigerante; y
 - 10 un haz de tubos (30) que incluye una pluralidad de tubos de transferencia de calor (31) dispuestos dentro de la carcasa (10) debajo de la parte de distribución (21, 22) de modo que el refrigerante descargado de la parte de distribución se suministra sobre el haz de tubos (30), extendiéndose los tubos de transferencia de calor (31) generalmente en paralelo al eje central longitudinal de la carcasa y dispuestos en una pluralidad
 - 15 de columnas que se extienden paralelas entre sí cuando se observan a lo largo del eje central longitudinal de la carcasa, caracterizado porque el haz de tubos tiene al menos una de
 - una disposición en la que un paso vertical (Vi) entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor (31) en al menos una de las columnas es mayor en una región superior del haz de tubos que en una
 - 20 región inferior del haz de tubos, y
 - una disposición en la que un paso horizontal (Hi) entre columnas adyacentes de las columnas es mayor en una región externa del haz de tubos que en una región interna del haz de tubos.
- 25 2. El intercambiador de calor según la reivindicación 1, en el que el paso vertical (Vi) entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor en la al menos una de las columnas aumenta gradualmente desde la parte inferior hasta la región superior del haz de tubos.
- 30 3. El intercambiador de calor según la reivindicación 1, en el que el paso vertical (Vi) entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor en la al menos una de las columnas dispuesta en la región inferior del haz de tubos es un primer paso vertical (VS), y el paso vertical (VL) entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor en la al menos una de las columnas dispuesta en la región superior del haz de tubos es un segundo paso vertical que es mayor que el primer paso vertical.
- 35 4. El intercambiador de calor según la reivindicación 1, en el que el paso vertical (VS) entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor en la al menos una de las columnas dispuesta en la región inferior del haz de tubos es constante, y el paso vertical (VL) entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor en la al menos una de las columnas dispuesta en la región superior del haz de tubos aumenta gradualmente en una dirección desde la parte inferior hasta la región superior del haz de tubos.
- 40 5. El intercambiador de calor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el paso vertical entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor (31) dispuestos en cada de las columnas es mayor en la región superior del haz de tubos que en la región inferior del haz de tubos.
- 45 6. El intercambiador de calor según la reivindicación 1, en el que el paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas aumenta gradualmente desde la región interna hasta la región externa del haz de tubos (30).
- 50 7. El intercambiador de calor según la reivindicación 1, en el que el paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas dispuestas en la región interna del haz de tubos es un primer paso horizontal, y el paso horizontal entre las columnas dispuestas en la parte externa del haz de tubos (30) es un segundo paso horizontal que es mayor que el primer paso horizontal.
- 55 8. El intercambiador de calor según la reivindicación 1, en el que el paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas dispuestas en la región interna del haz de tubos es constante, y el paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas dispuestas en la parte externa del haz de tubos (30) aumenta gradualmente en una dirección desde la región interna hasta la región externa del haz de tubos.
- 60 9. El intercambiador de calor según la reivindicación 1, en el que el haz de tubos (30) tiene
 - tanto la disposición en la que el paso vertical entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor en la al menos una de las columnas es mayor en la región superior del haz de tubos que en la región inferior del haz de tubos,
 - 65 como la disposición en la que el paso horizontal entre columnas adyacentes de las columnas es mayor en

la región externa del haz de tubos que en la región interna del haz de tubos.

- 5
- 10.
- El intercambiador de calor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que una distancia vertical entre la parte de distribución y el haz de tubos (30) es mayor en la región externa del haz de tubos que en la región interna del haz de tubos.
- 10
- 11.
- El intercambiador de calor según la reivindicación 7, en el que la distancia vertical entre la parte de distribución y el haz de tubos (30) aumenta gradualmente desde la región interna hasta la región externa del haz de tubos.
- 15
- 12.
- El intercambiador de calor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que un hueco (G) vertical está formado entre la parte superior y la región inferior del haz de tubos (30) siendo el hueco vertical mayor que el paso vertical entre tubos adyacentes de los tubos de transferencia de calor en la al menos una de las columnas dispuesta en la región superior del haz de tubos.
- 13.
- El intercambiador de calor según la reivindicación 12, que comprende además una sección de distribución intermedia (60) dispuesta en el hueco (G) vertical entre la parte superior y la región inferior del haz de tubos.

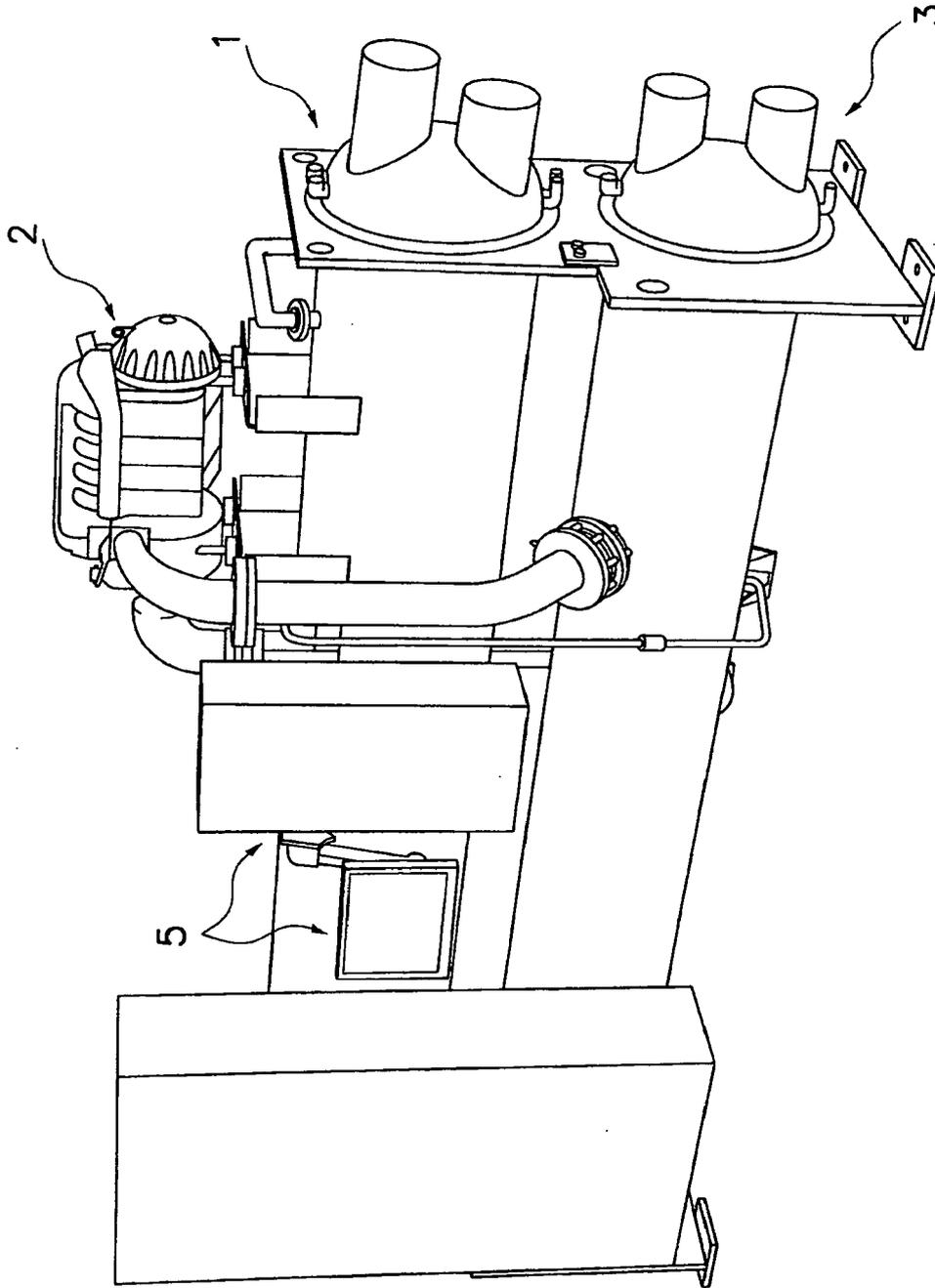


FIG. 1

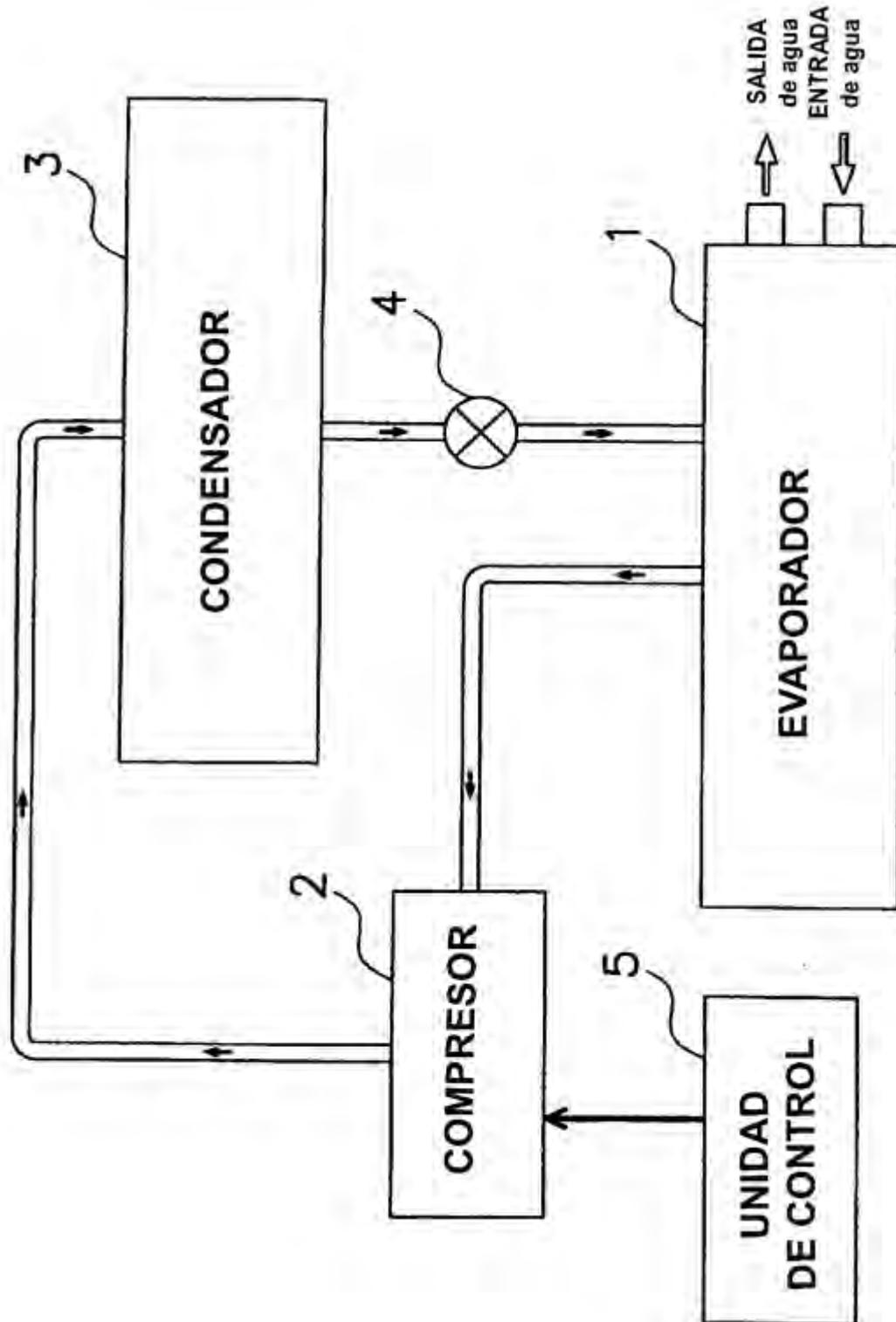


FIG. 2

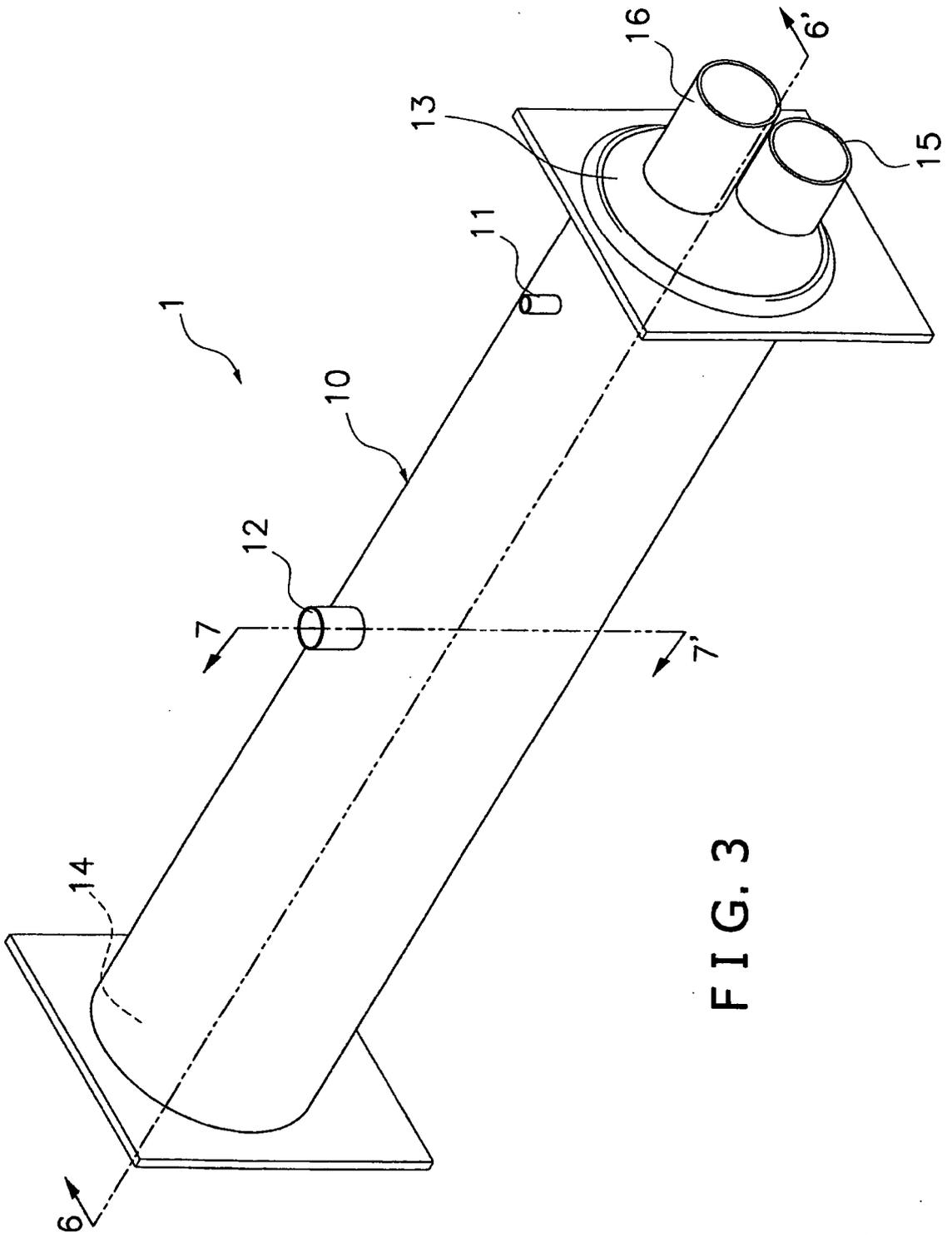


FIG. 3

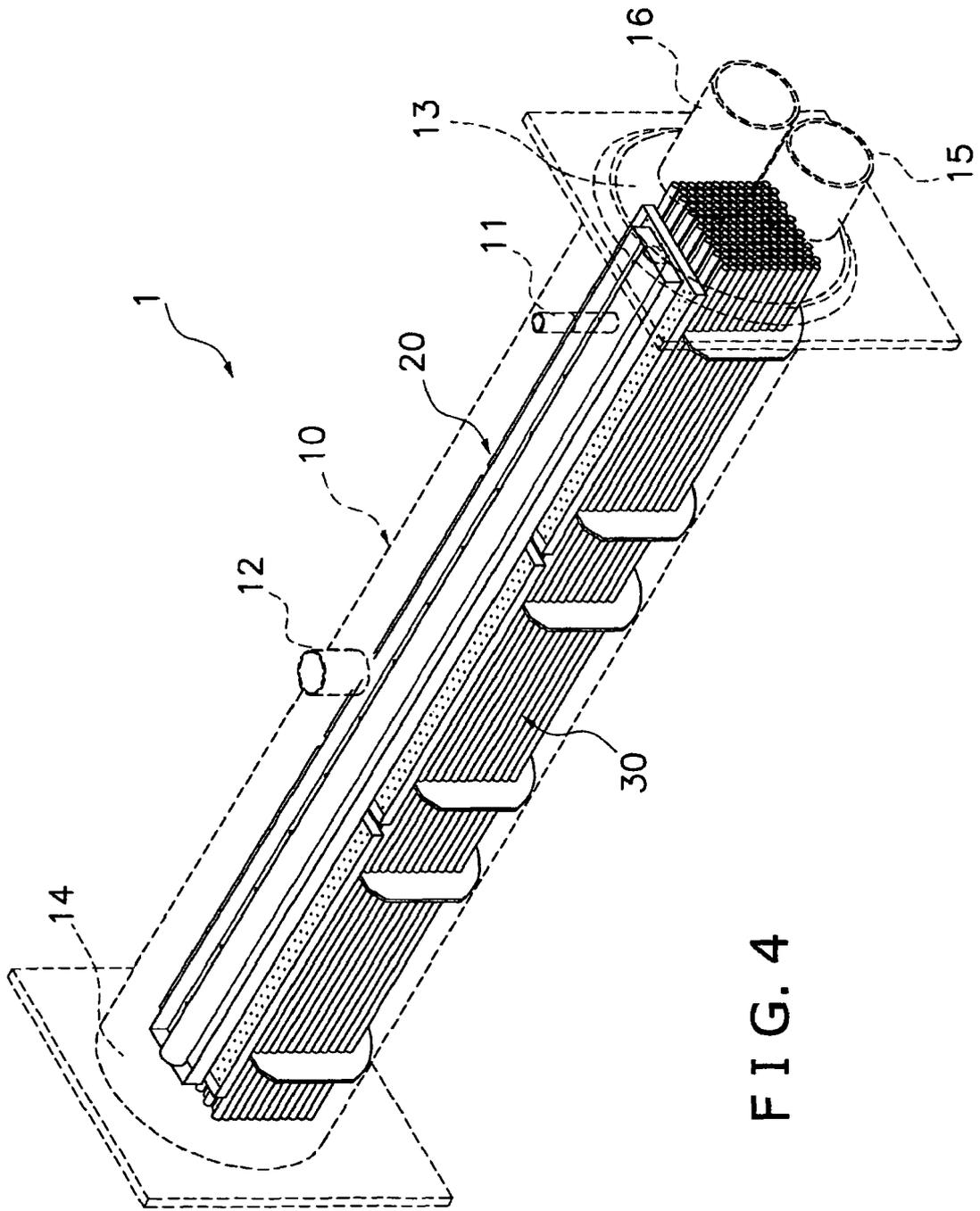


FIG. 4

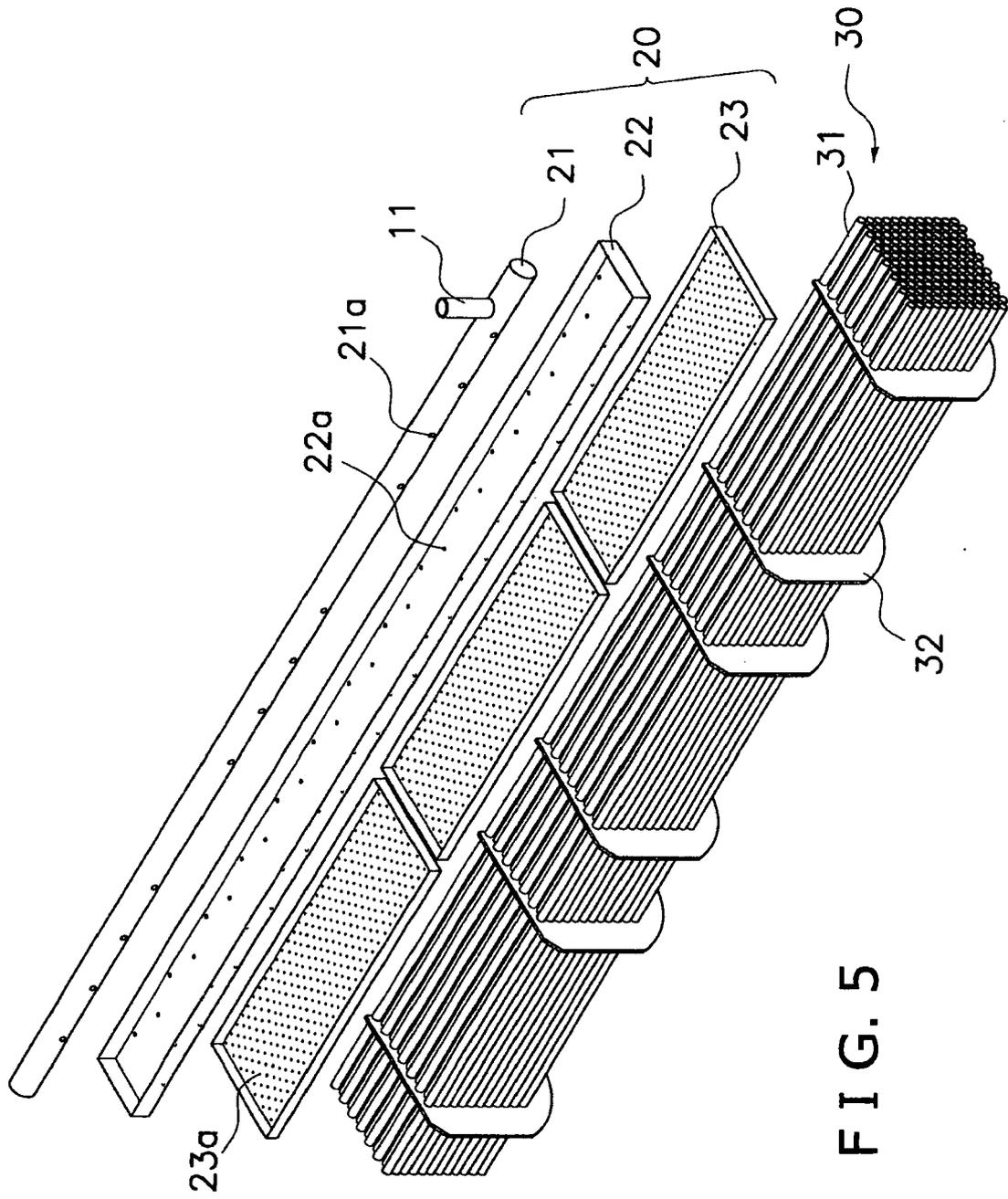


FIG. 5

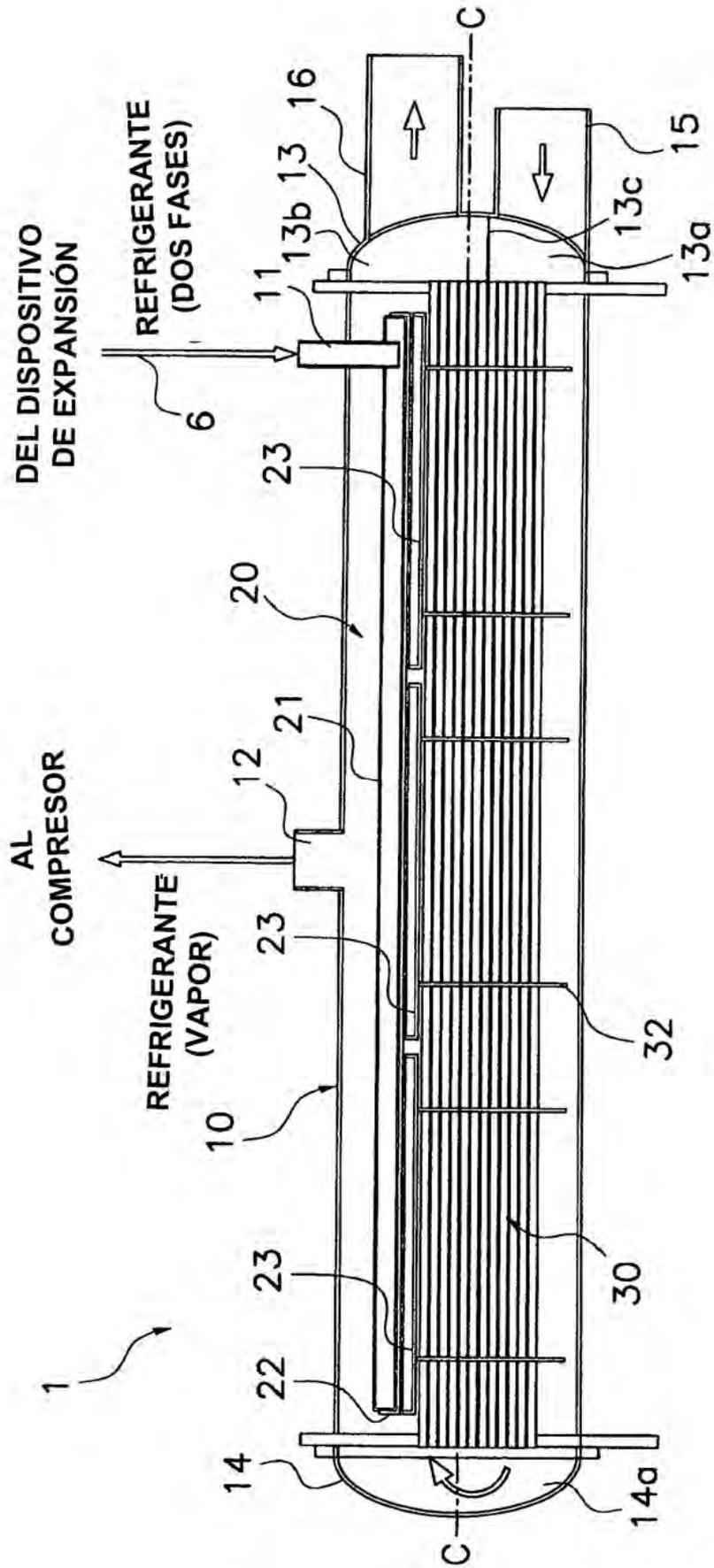


FIG. 6

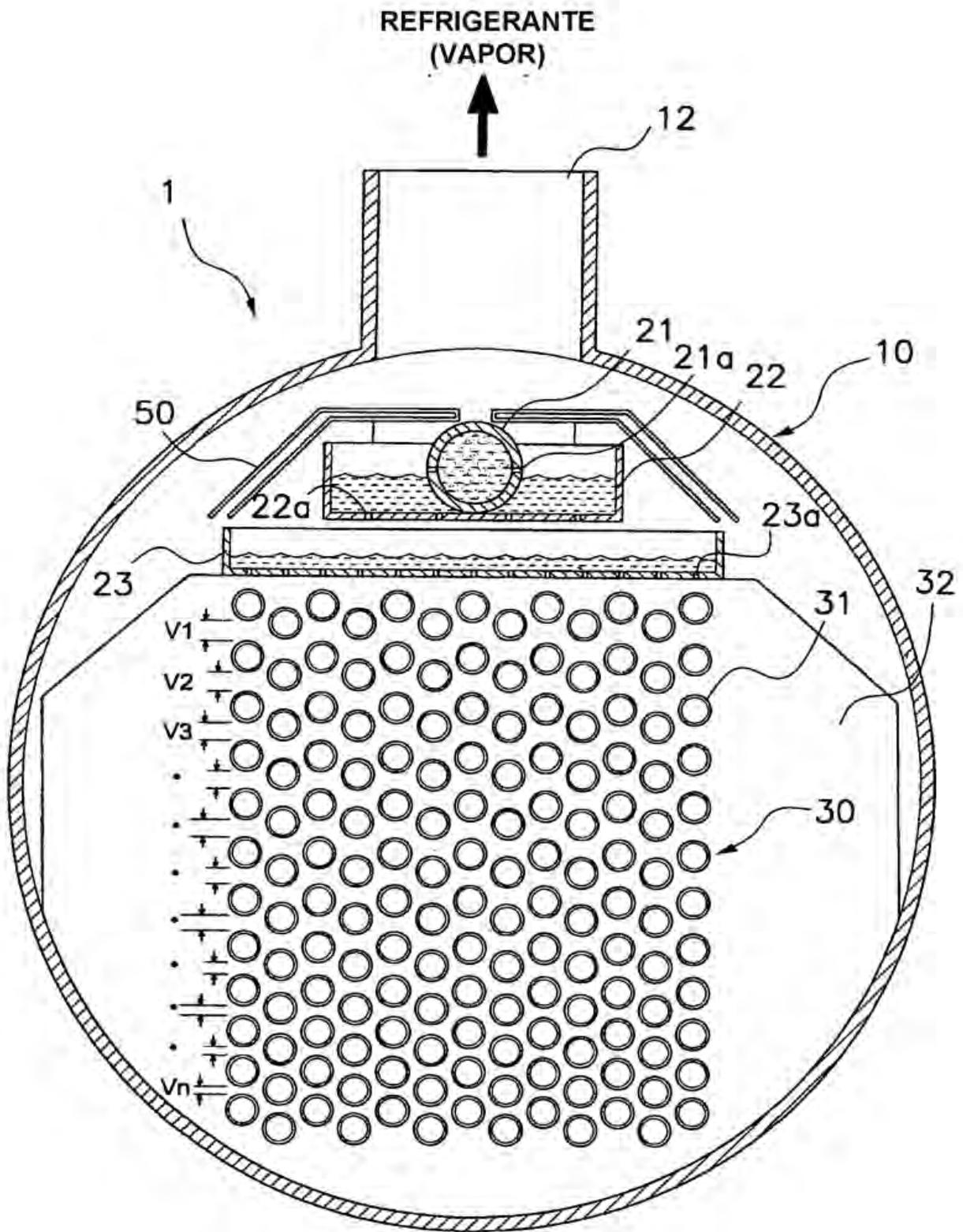


FIG. 7

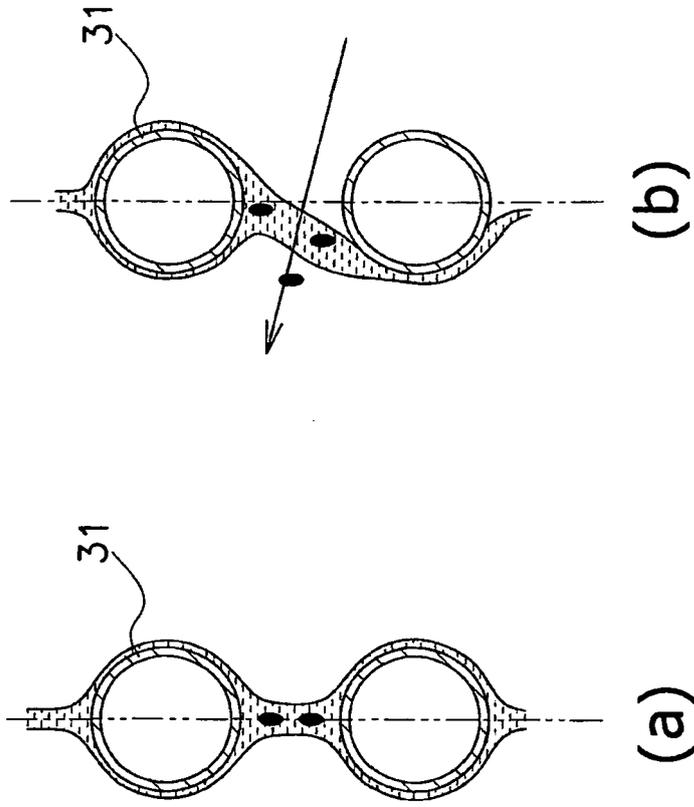


FIG. 8

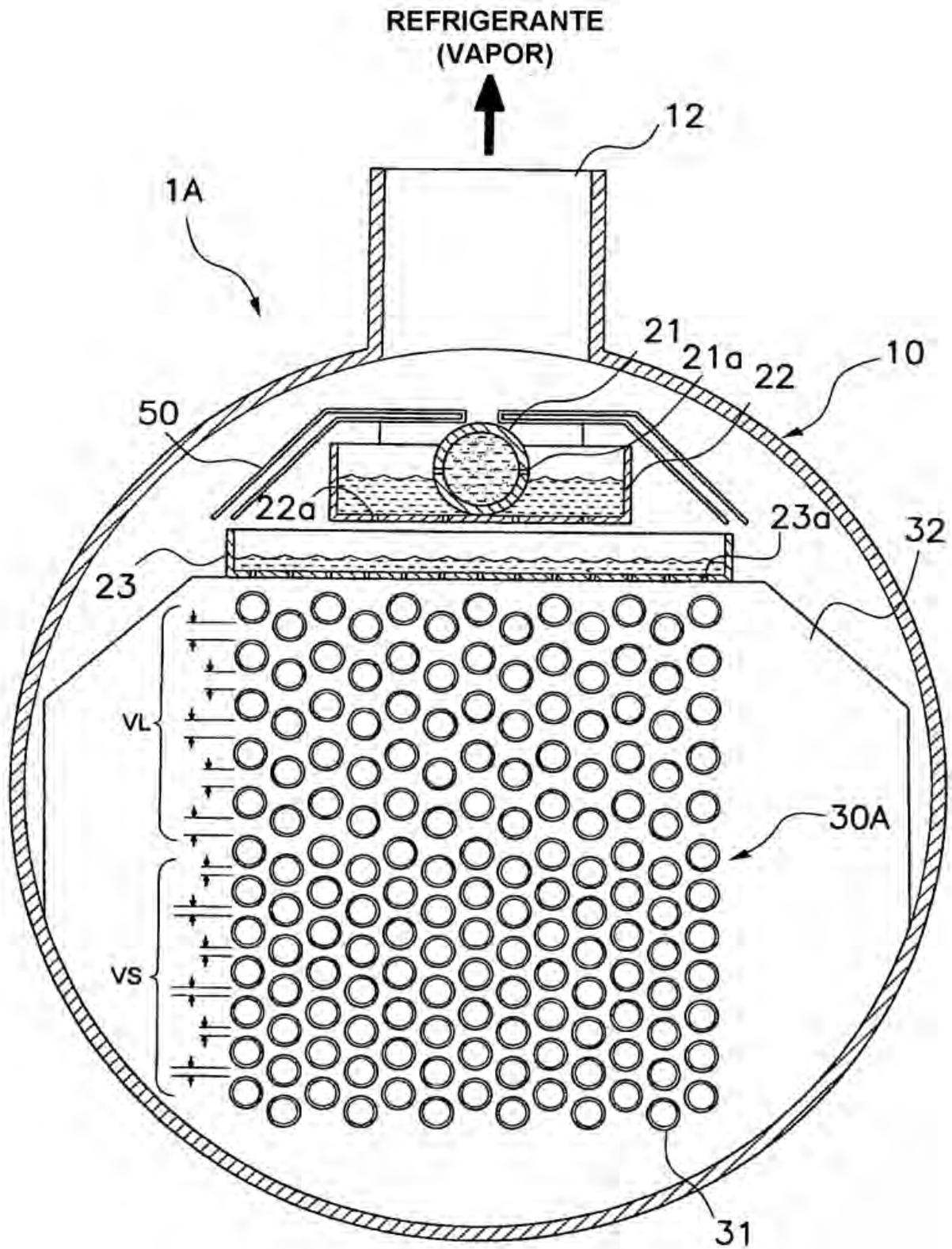


FIG. 9

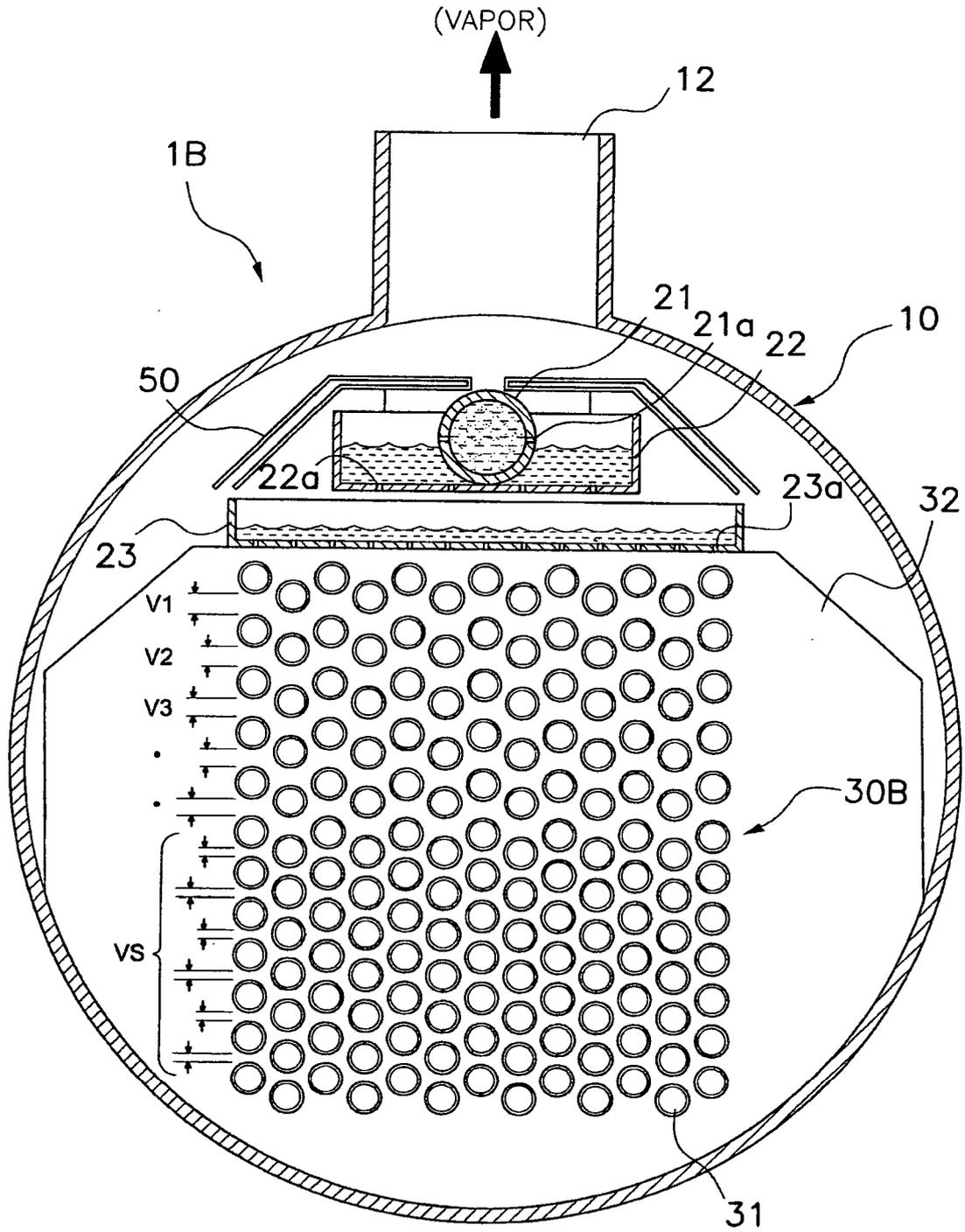


FIG. 10

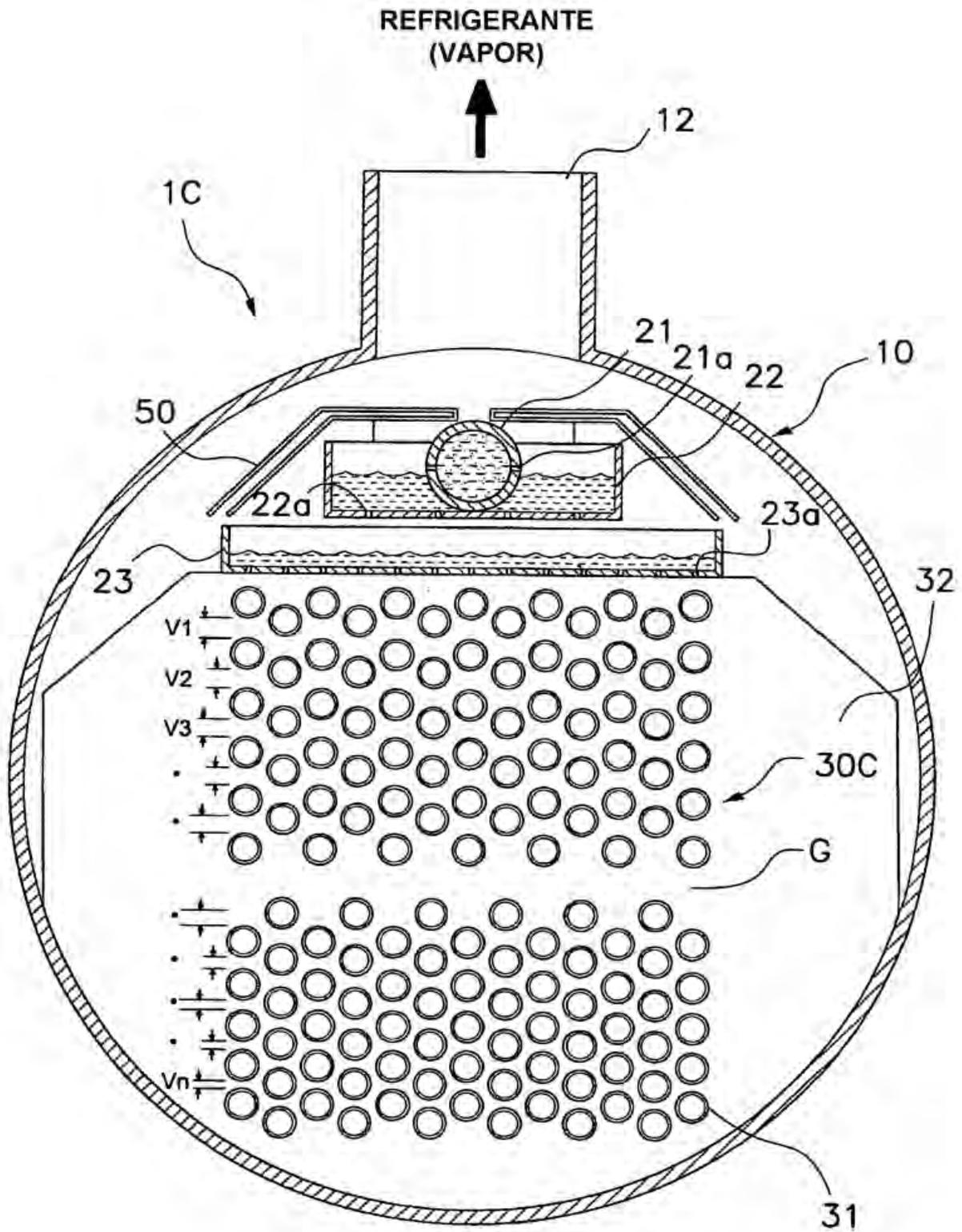


FIG. 11

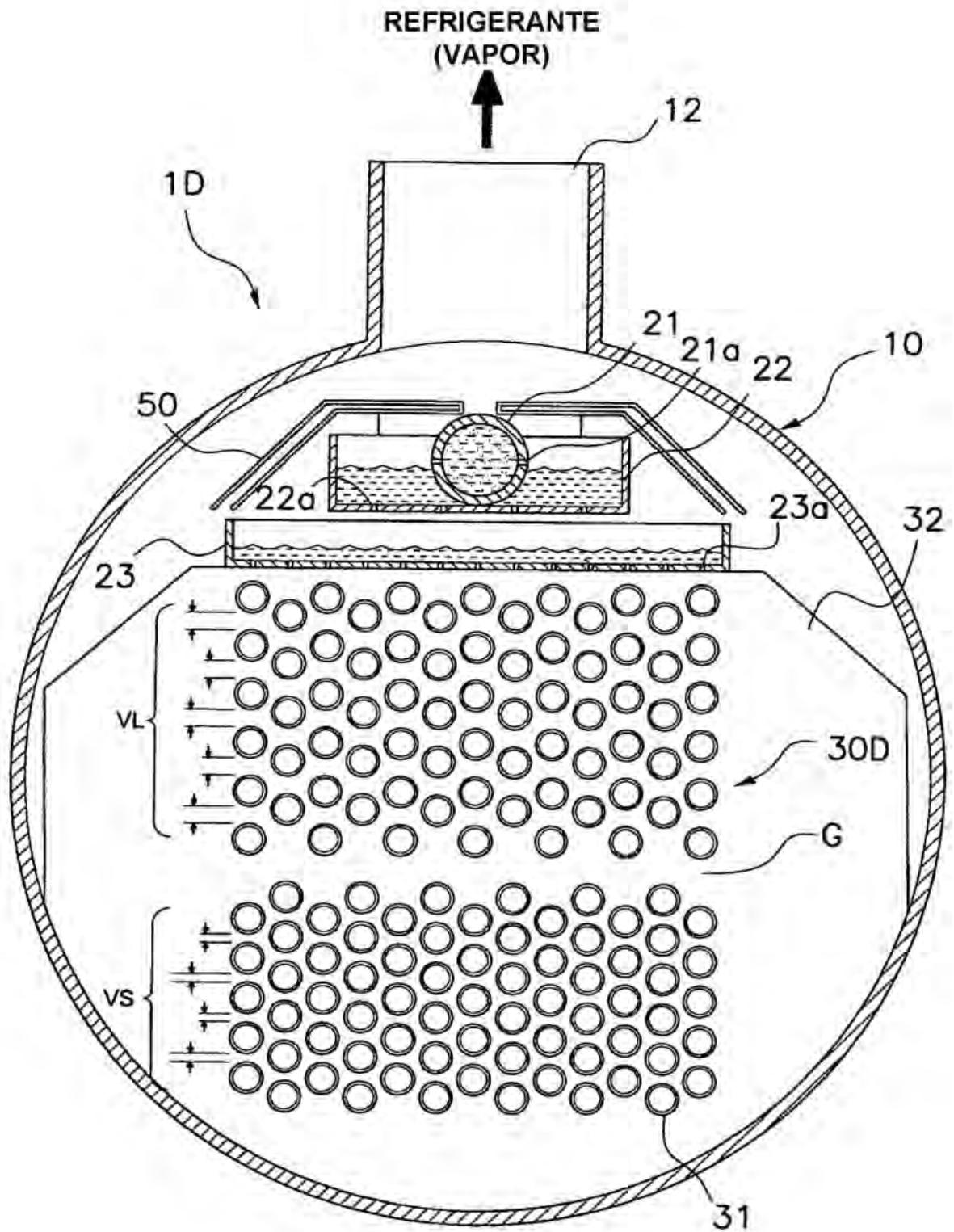


FIG. 12

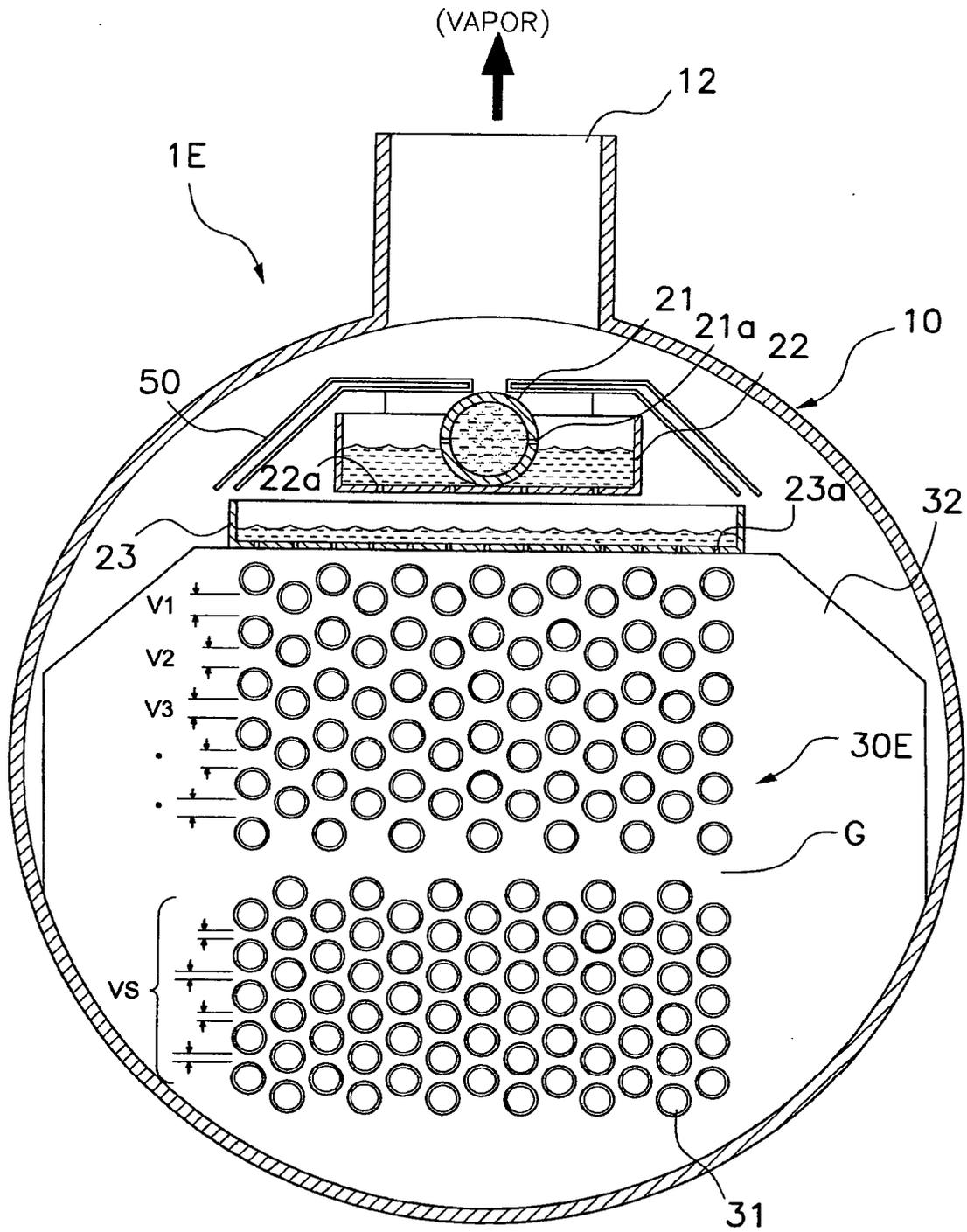


FIG. 13

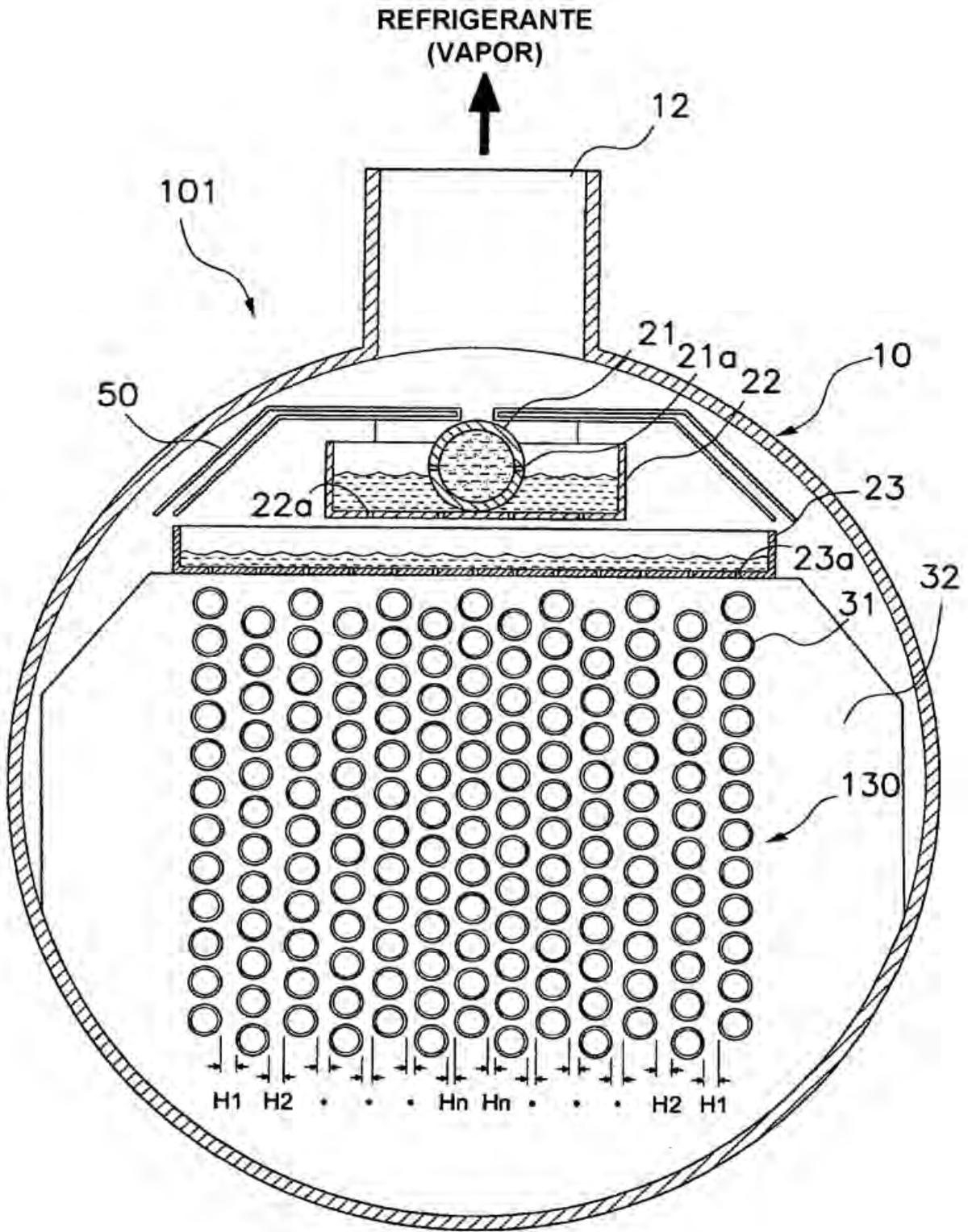


FIG. 14

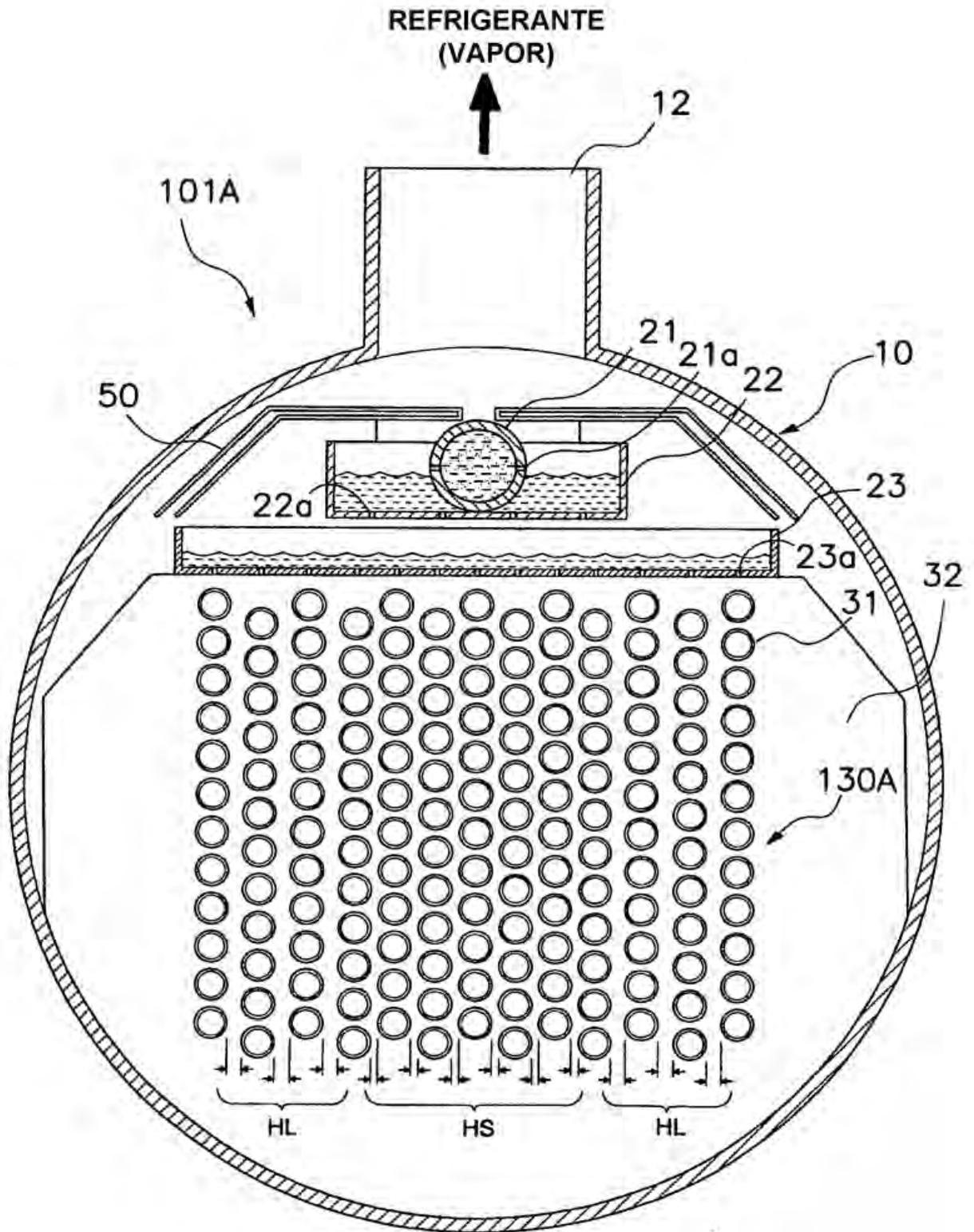


FIG. 15

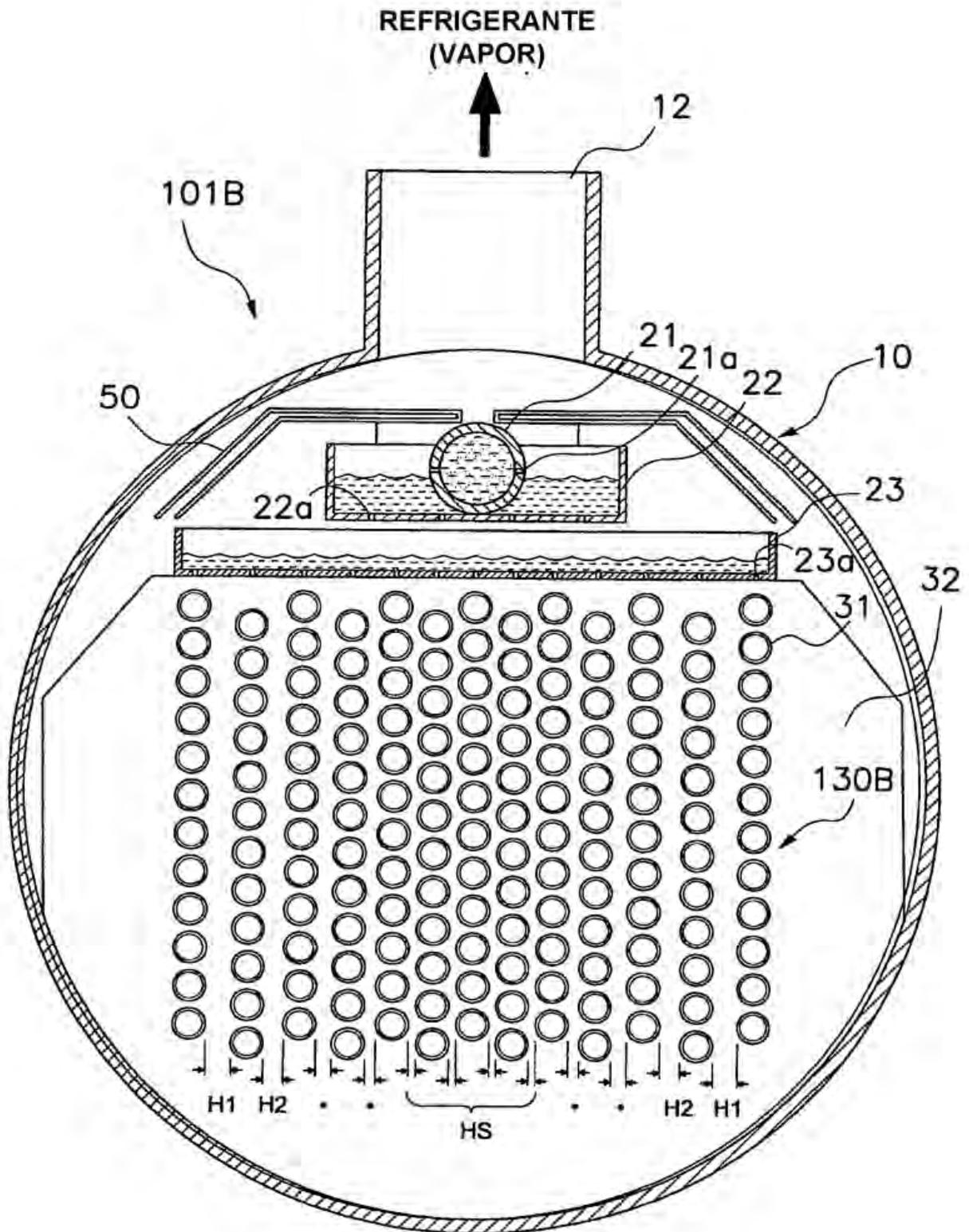


FIG. 16

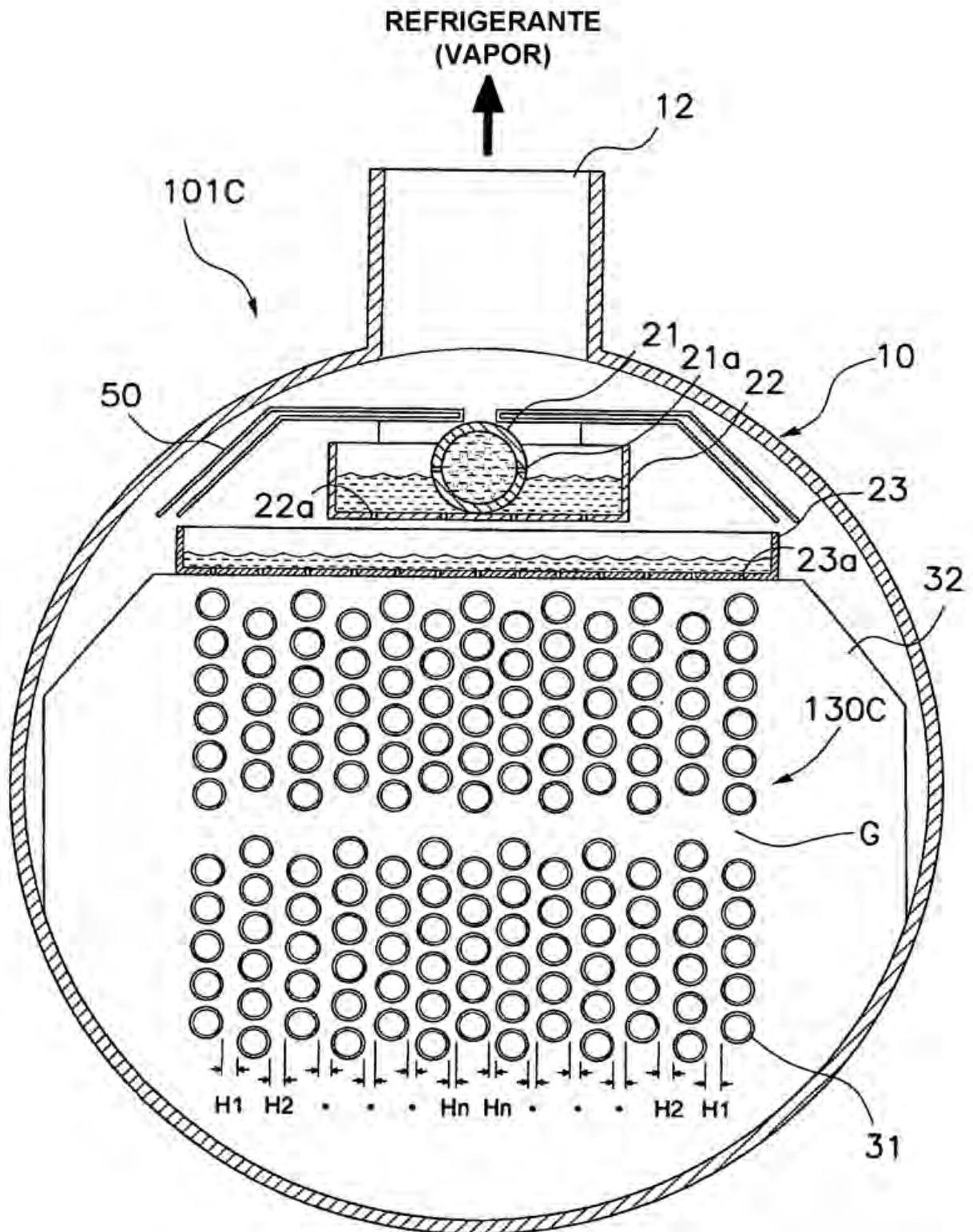


FIG. 17

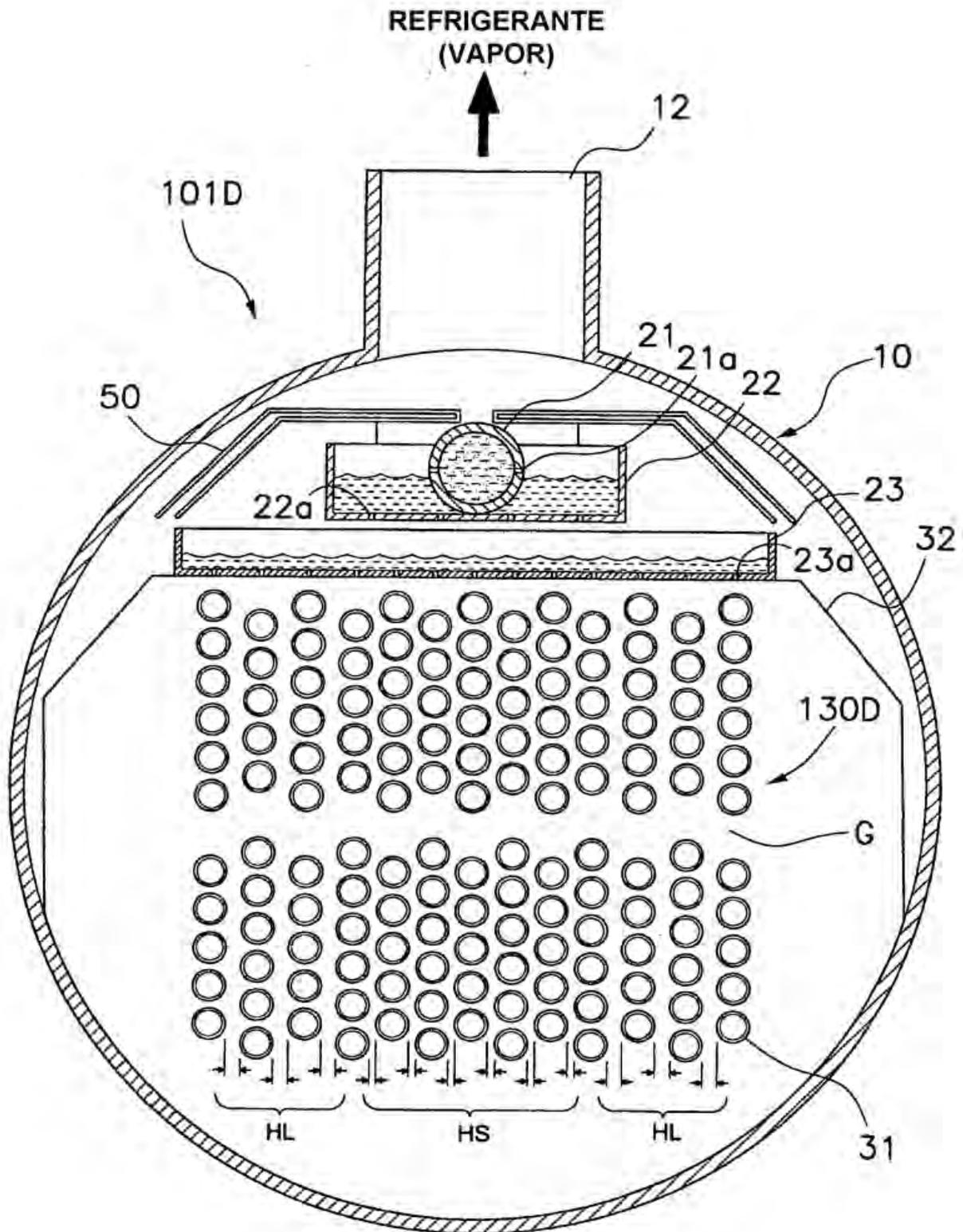


FIG. 18

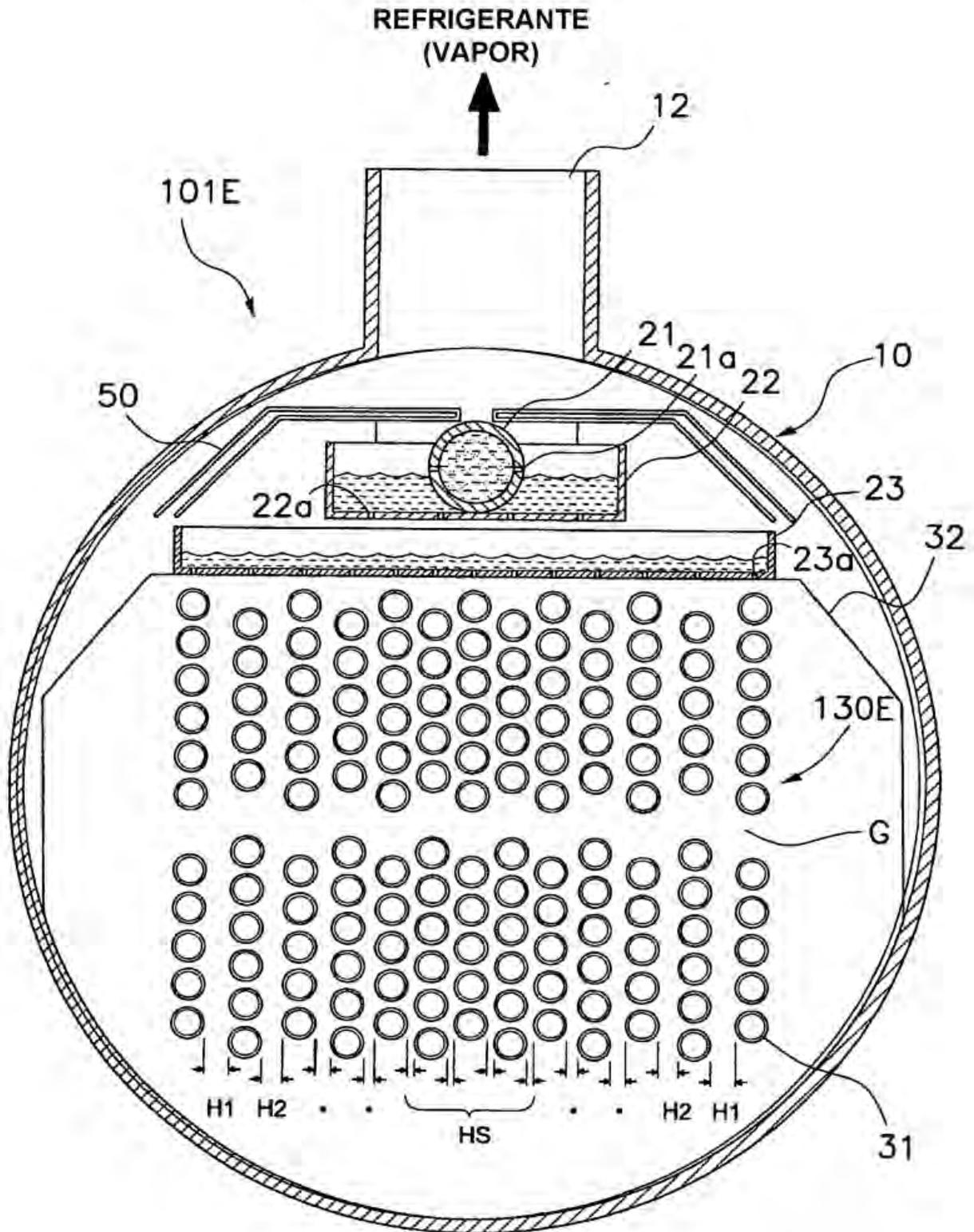


FIG. 19

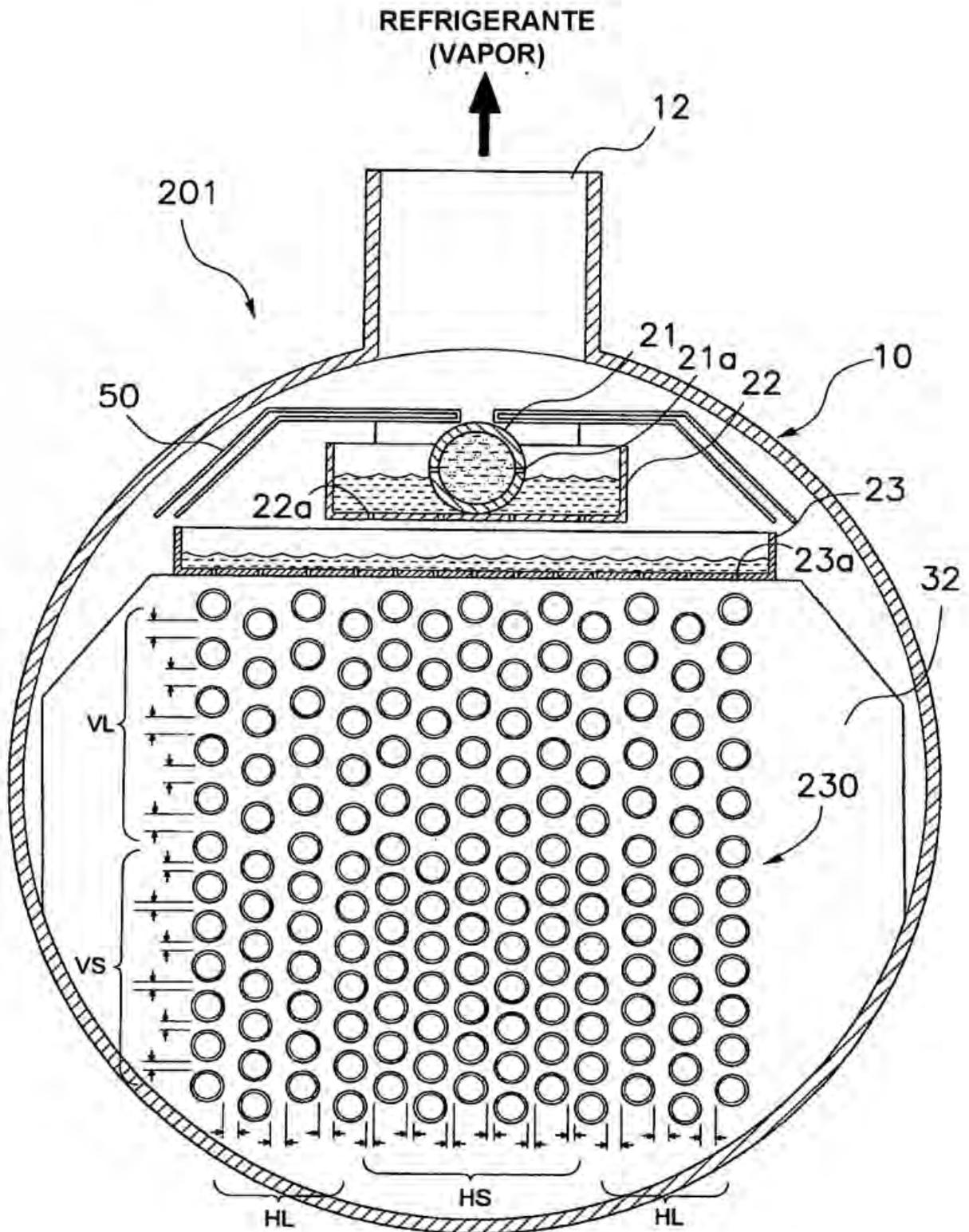


FIG. 20

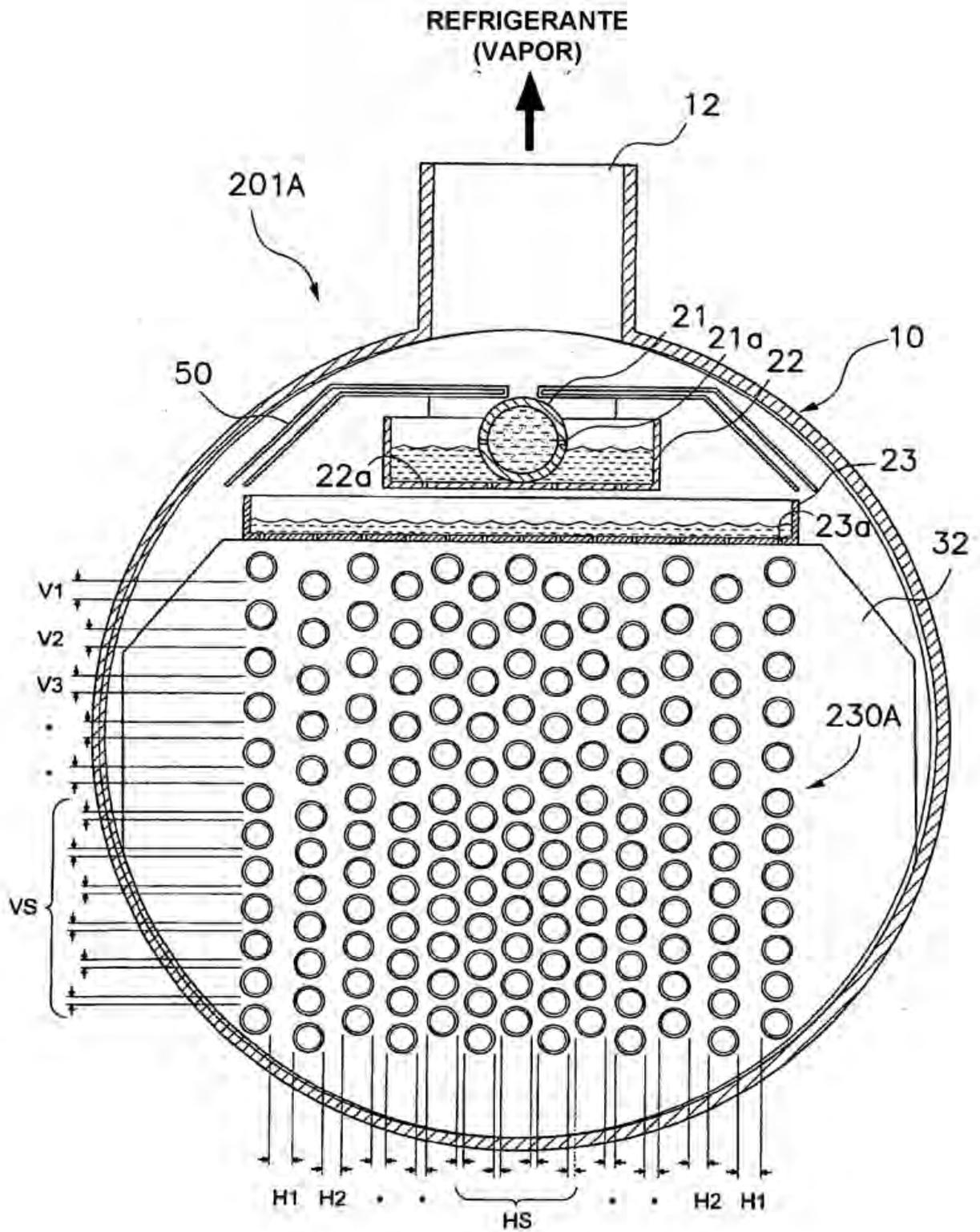


FIG. 21

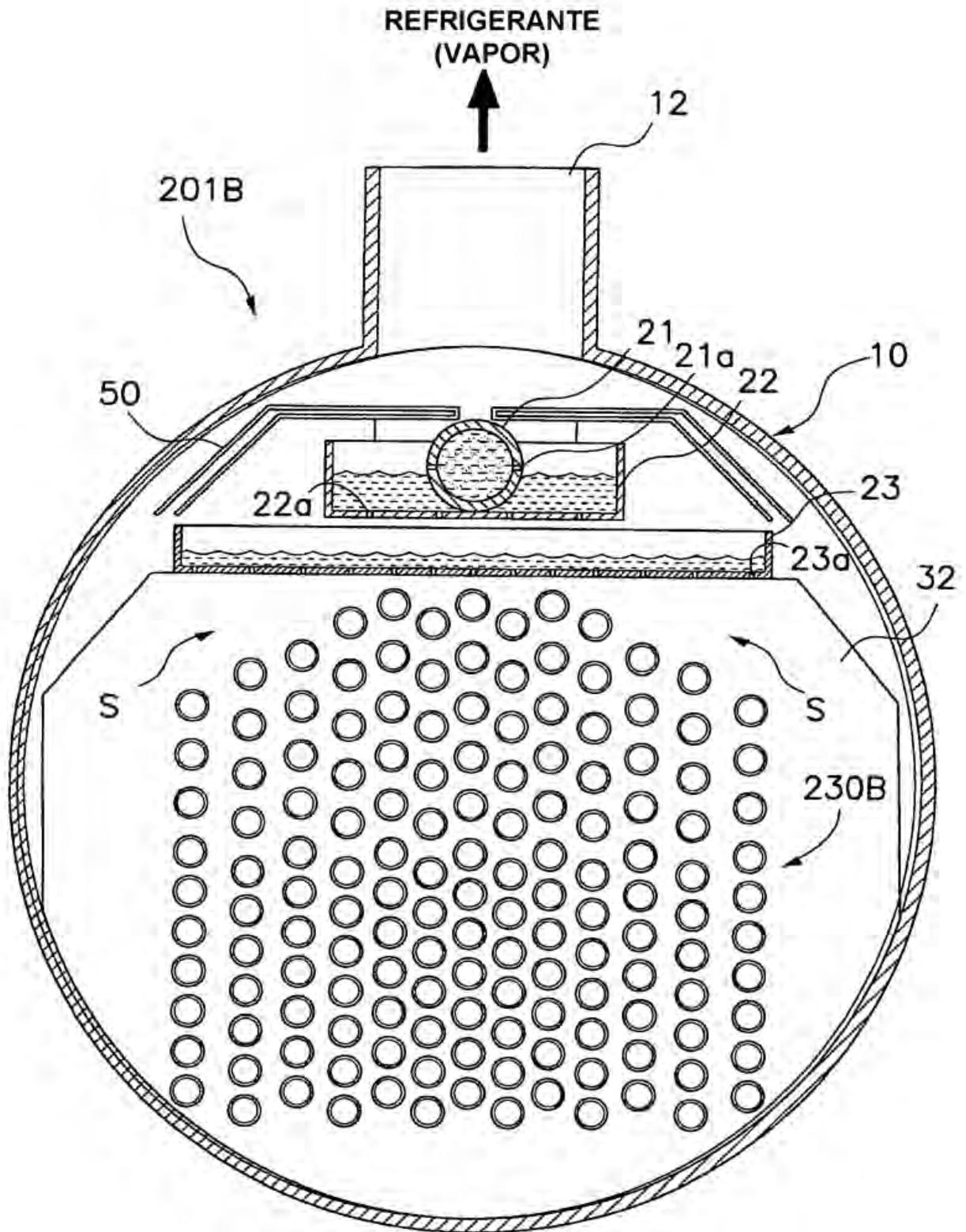


FIG. 22

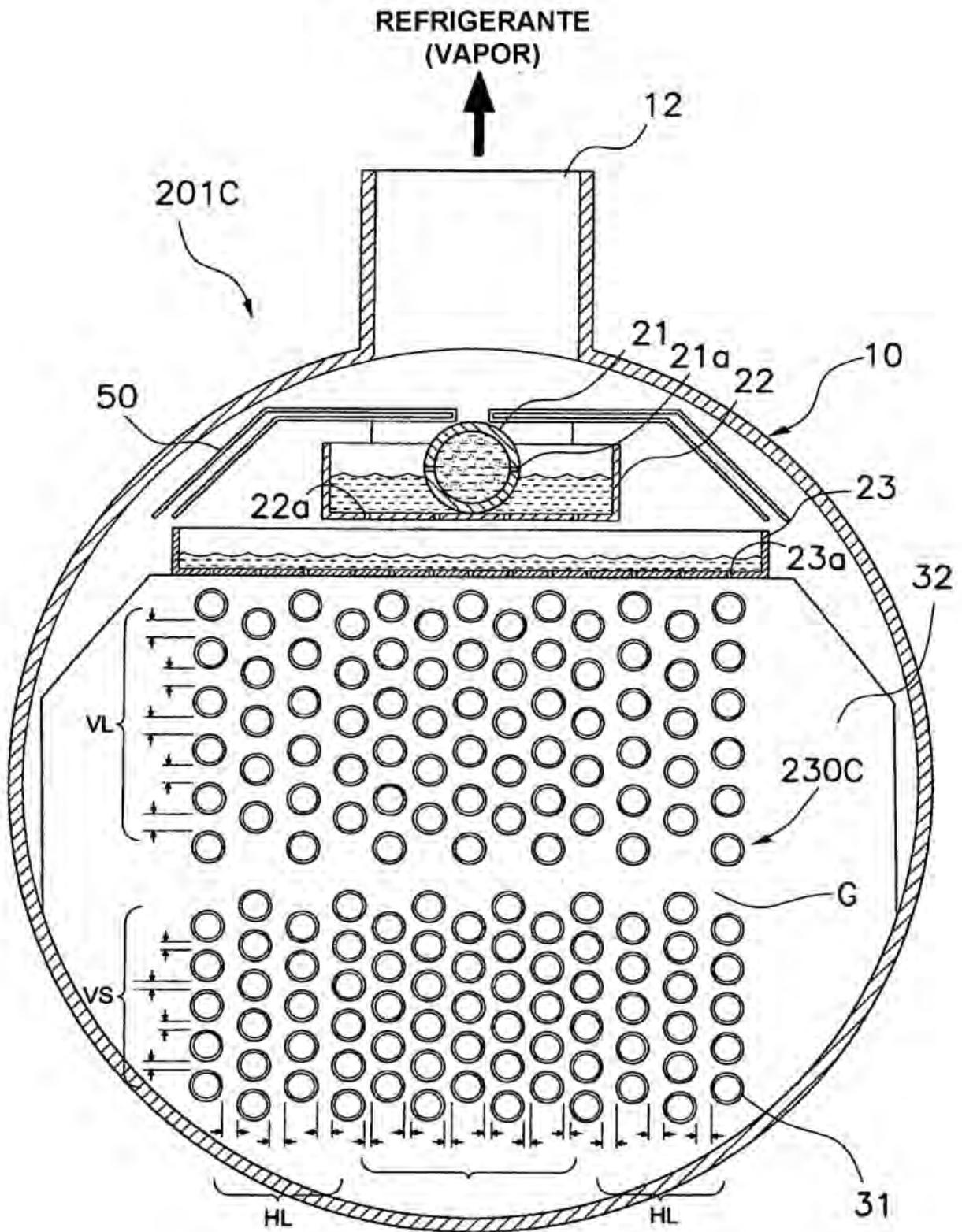


FIG. 23

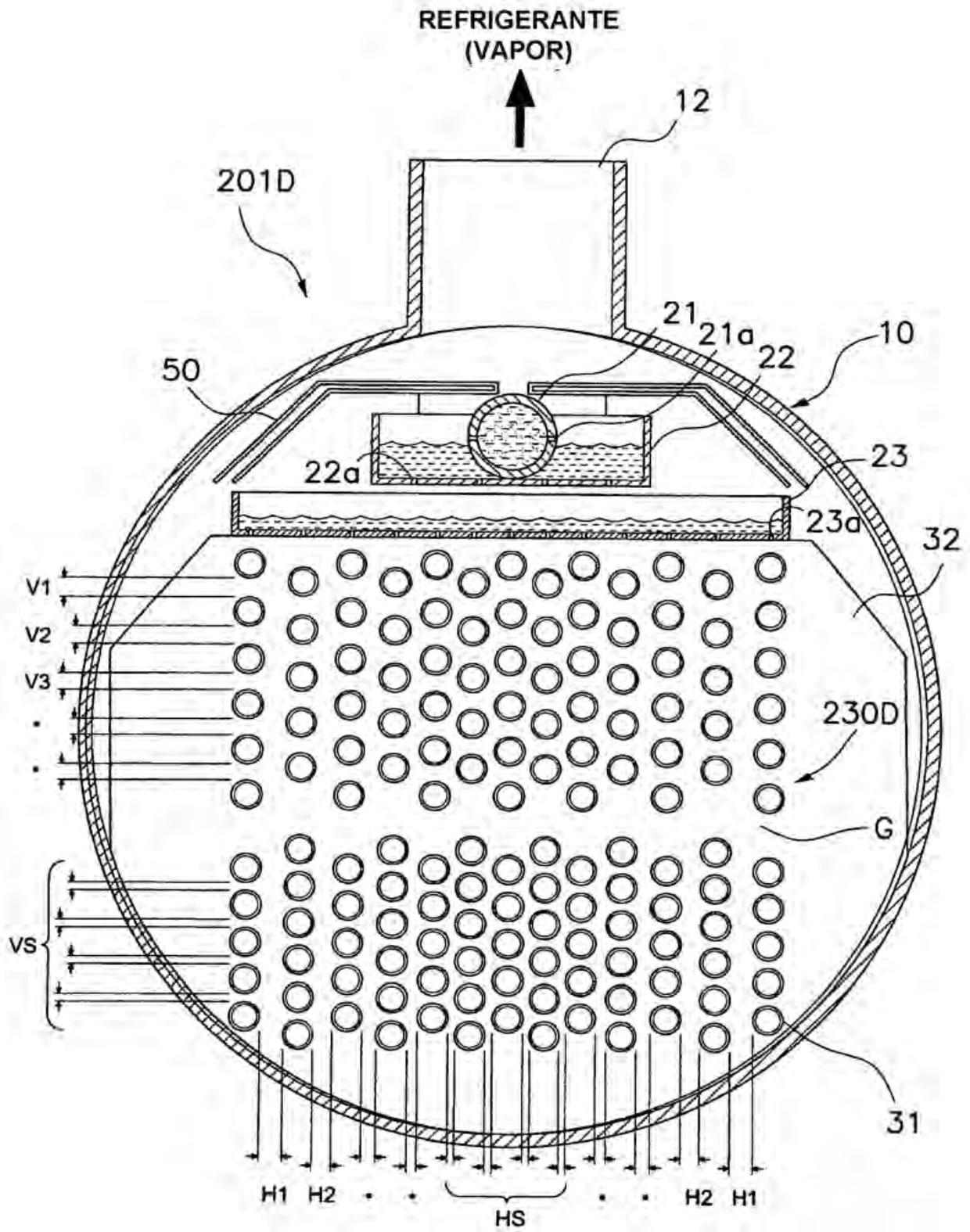


FIG. 24

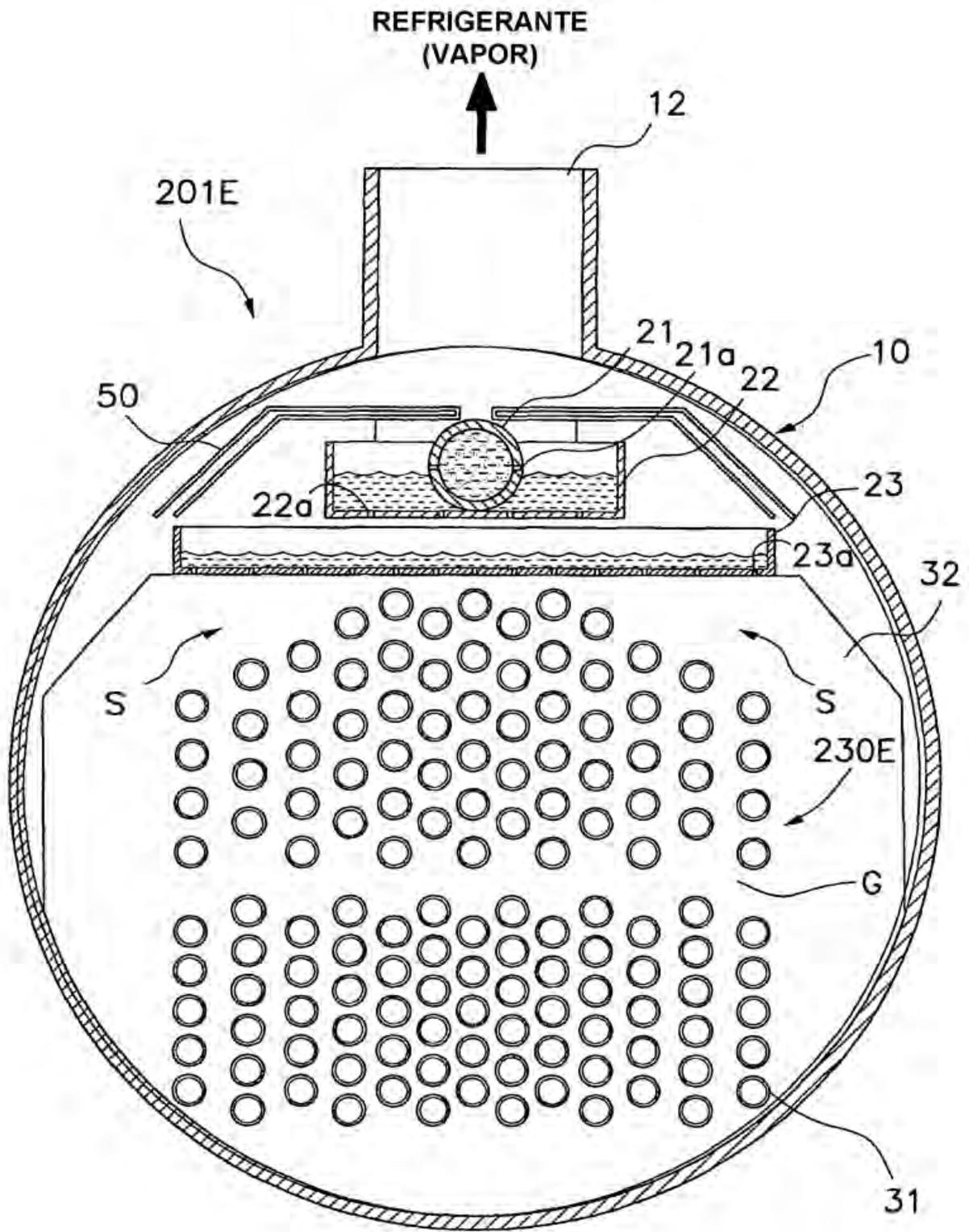


FIG. 25

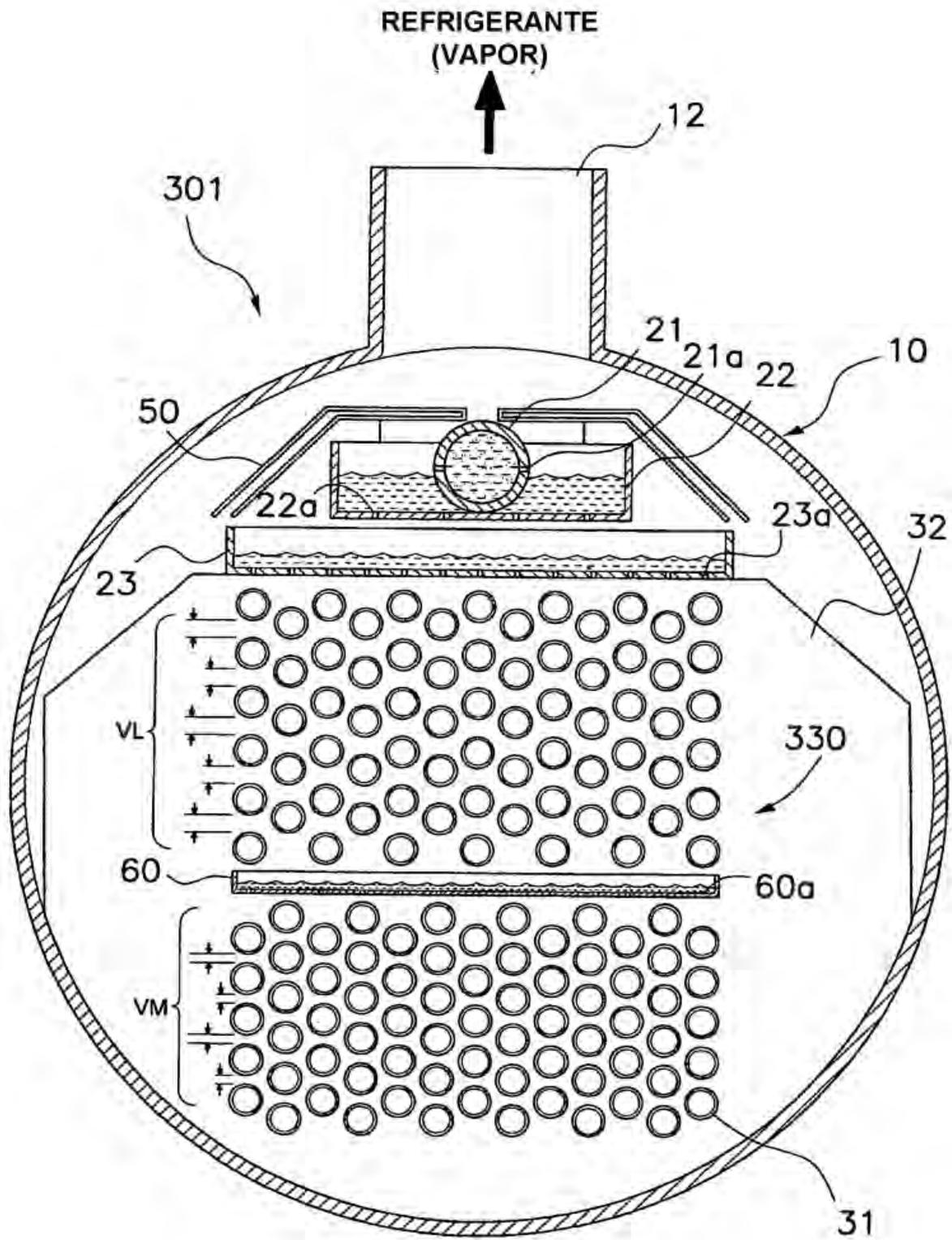


FIG. 26

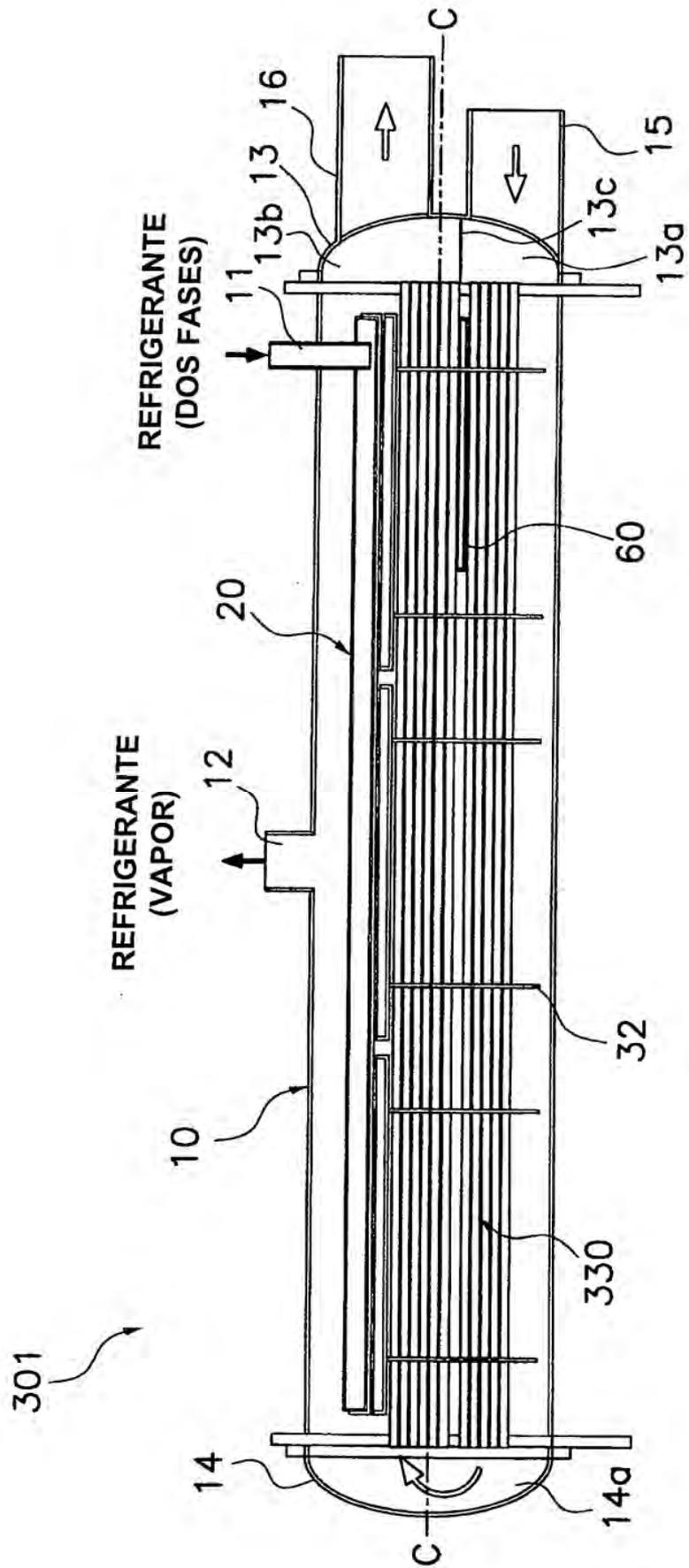


FIG. 27