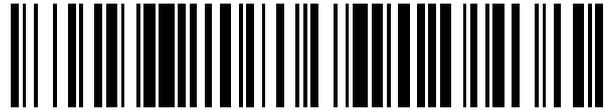


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 701**

51 Int. Cl.:

**G21C 3/30** (2006.01)

**G21C 3/32** (2006.01)

**G21C 3/33** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2012 E 12154999 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2015 EP 2487690**

54 Título: **Dispositivo de exclusión y retención de residuos para un conjunto de combustible**

30 Prioridad:

**14.02.2011 US 201113026940**

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

**23.06.2015**

73 Titular/es:

**GLOBAL NUCLEAR FUEL-AMERICAS, LLC  
(100.0%)  
3901 Castle Hayne Road  
Wilmington, North Carolina 28401, US**

72 Inventor/es:

**DILLER, PETER RAY;  
SMITH, DAVID GREY;  
LONGREN, RICHARD C. y  
LUCIANO, GERALD A.**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 538 701 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo de exclusión y retención de residuos para un conjunto de combustible

**Campo técnico**

5 La invención se refiere, en general, a reactores nucleares, y más específicamente, a un dispositivo de exclusión y de retención de residuos para un conjunto de combustible del reactor.

**Antecedentes de la invención**

10 Los reactores nucleares, tal como los reactores de agua en ebullición (BWR), tienen un núcleo que contiene conjuntos combustibles que encierran las barras de combustible. Como el reactor nuclear es un sistema de circulación cerrado, los residuos tienden a acumularse dentro del sistema. Residuos en este contexto se refiere a cualquier material sólido arrastrado en el flujo de fluido. Los residuos pueden incluir materiales sobrantes de la construcción del reactor, subproductos de corrosión y detritus introducidos o desalojados durante interrupciones y servicios de reparación.

15 La acumulación de residuos dentro de un conjunto de combustible es potencialmente dañina para las barras de combustible. Por ejemplo, como las partículas de residuos se colocan contra las barras de combustible, el refrigerante que se desplaza a través del haz de combustible crea turbulencias que hacen que las partículas de los residuos capturados vibren rápidamente contra el revestimiento de la barra de combustible, resultando en su perforación o ruptura. Las barras de combustible con revestimiento dañado se llaman a veces como "filtraciones". Si un número suficiente de filtraciones están presentes, la planta puede ser obligada a desconectarse o a operar a menos de la máxima eficacia en cumplimiento de las regulaciones y para responder a las preocupaciones de seguridad. En cualquier caso, es muy deseable minimizar la entrada de residuos extraños en los conjuntos de combustible.

20 Para evitar que los residuos entren en un conjunto de combustible, el refrigerante que fluye a través del conjunto de combustible típicamente se filtra en la placa de anclaje inferior del conjunto de combustible. De esta manera, se puede evitar que los residuos entren en el conjunto de combustible dependiendo de la eficacia del filtro seleccionado. Estos residuos impedidos simplemente se acumulan dentro de la placa de anclaje inferior, pero sólo en la medida que haya suficiente flujo de refrigerante hacia adelante a través del conjunto de combustible. Los residuos que se hayan acumulado dentro de la cavidad de la placa de anclaje inferior durante las operaciones del reactor se desalojan debido a las condiciones de flujo de refrigerante inverso o estancado, o en reacción a una fuente de vibración interna o externa.

25 El escape es muy probable que se produzca, por ejemplo, cuando un conjunto de combustible se mueve por encima del núcleo del reactor, que es común durante el cierre del reactor y su reabastecimiento. Cuando el conjunto de combustible se eleva, la velocidad de su ascenso provoca que el refrigerante fluya de vuelta a través del conjunto de combustible, desalojando así (es decir, lavando a contracorriente) los residuos que se habían acumulado en el filtro. Una vez desalojados, los residuos caen fuera de la placa de anclaje inferior del conjunto de combustible que está siendo transportado y en la cámara impelente inferior, o peor, en los extremos superiores vulnerables de los conjuntos de combustible que están situados más abajo, en el núcleo del reactor.

30 Los residuos que han sido filtrados y se han acumulado dentro de la cavidad de la placa de anclaje inferior durante las operaciones del reactor también se pueden lavar a contracorriente fuera de la placa de anclaje inferior tras una reducción significativa del flujo, por ejemplo, cuando el flujo del reactor se reduce a baja o ninguna potencia. Estos residuos se volverán a introducir en la placa de anclaje inferior durante la operación posterior del reactor, lo que permite una oportunidad para la infiltración posterior de los residuos en el conjunto de combustible.

35 En consecuencia, aunque se han desarrollado filtros muy eficaces, continúa el problema de retener los residuos que han sido impedidos por los filtros. Los intentos previos para abordar el problema de la retención de los residuos emplean varios diseños de estructura de filtrado, que tratan de evitar que los residuos sean desalojados de la placa de anclaje inferior. Sin embargo, para ello los diseños anteriores cambian sustancialmente la dirección y el impulso del modelo de flujo normal de refrigerante a través de la placa de anclaje inferior, lo que crea una caída de presión indeseable dentro del conjunto de combustible, lo que afecta negativamente a la operación del reactor. Además, los intentos anteriores para rediseñar la estructura de placas de anclaje inferiores convencionales ha dado lugar a dispositivos que son costosos y complicados de fabricar.

40 El documento US 5.390.221 se refiere a filtros de residuos para reactores de agua en ebullición y divulga características correspondientes en general al preámbulo de la reivindicación 1 en el presente documento. El documento EP 0 512 132 A1 se refiere a un conjunto de combustible nuclear de agua a presión que comprende una boquilla de fondo que tiene un recogedor de residuos integrado. El documento JP 2003-232879 A se refiere a un accesorio de metal de soporte de combustible y a un conjunto de combustible.

55

**Breve descripción de la invención**

En un aspecto, la presente invención proporciona un conjunto de retención de residuos según la reivindicación 1 en el presente documento.

5 Las diversas realizaciones de la invención proporcionan un dispositivo de retención que utiliza ventajosamente trayectorias de flujo naturales dentro de una placa de anclaje inferior de un conjunto de combustible para atrapar los residuos filtrados dentro de la placa de anclaje inferior. El problema de la retención de los residuos se resuelve, ya que el dispositivo de retención atrapa los residuos que han sido impedidos por un dispositivo de exclusión, tal como un filtro de residuos independiente o integral. Juntos, el dispositivo de exclusión y el dispositivo de retención cooperan para limpiar continuamente la cavidad interna de la placa de anclaje inferior, mitigando así los niveles indeseables de la resistencia al flujo. Este lavado "a contracorriente" retira los residuos atrapados o incrustados dentro de las grietas y hendiduras de la placa de anclaje inferior, a la vez utilizando el flujo de refrigerante que está presente en el conjunto de combustible durante las operaciones normales del núcleo del reactor. Además, mediante el uso de patrones de flujo de refrigerante natural, los dispositivos de retención tienen, a lo sumo, un impacto mínimo en la caída de presión en el núcleo.

15 Más específicamente, de acuerdo con un aspecto, los dispositivos de retención a modo de ejemplo están configurados de tal manera que el flujo de refrigerante a través de la abertura central de una boquilla de entrada de la placa de asiento inferior tiene una velocidad de flujo mayor que el flujo de refrigerante en las zonas de bajo flujo que se forman naturalmente a lo largo de la paredes internas de la placa de asiento inferior, lo que resulta en el desvío y la acumulación de los residuos a lo largo de las paredes y esquinas de la placa de anclaje inferior interna. En ciertas realizaciones, esta dinámica de flujo se logra mediante la expansión de una cavidad interior de la placa de anclaje inferior.

La invención reside en un conjunto de retención de residuos para un conjunto de combustible, incluyendo el conjunto de retención de residuos un filtro de residuos que está dispuesto a través de una trayectoria de flujo a lo largo de la que se desplaza el refrigerante en el conjunto de combustible. El filtro de residuos está configurado para impedir que el flujo de residuos sea propulsado mediante el flujo de refrigerante, así como para evitar la introducción de los residuos en el conjunto de combustible. El conjunto de retención de residuos incluye también un dispositivo de retención de residuos que se coloca aguas arriba del filtro de residuos con respecto a la dirección del flujo de refrigerante y también dispuesto a través de la trayectoria de flujo. El dispositivo de retención de residuos está configurado para atrapar los residuos que hayan sido impedidos mediante el filtro de residuos para evitar el escape de los residuos desde el conjunto de retención de residuos. Además, el dispositivo de retención de residuos atrapa los residuos sin redirigir el flujo de refrigerante. Más bien, el dispositivo de retención de residuos utiliza los vórtices que existen naturalmente en una placa de unión inferior BWR para resistir el lavado a contracorriente y para retener los residuos sueltos llevados por los vórtices a la periferia del dispositivo de retención de residuos. Para ello, el dispositivo de retención de residuos incluye un canal de flujo hacia adelante que resiste la fuga de los residuos bajo el flujo inverso, tal como con una matriz de células cilíndricas que permiten el flujo que es normal al plano del canal de flujo hacia adelante y resiste el flujo tangencial. Una placa de tamiz, o una serie de placas de tamiz, rodean el canal de flujo hacia adelante, de manera que los remansos y vórtices que llevan los residuos depositan los residuos sobre las placas de tamiz. Cada placa de tamiz está perforada, y pueden estar dispuestas zonas muertas impermeables entre las placas de tamiz o pueden interrumpir secciones perforadas de una placa de tamiz.

40 En otro aspecto, la presente invención reside en una placa de anclaje inferior para un conjunto de combustible que incorpora el conjunto de retención de residuos como se describe anteriormente.

En ciertas realizaciones, los dispositivos de retención a modo de ejemplo se pueden adaptar a los diseños de conjunto de combustible existentes, ya sea de forma independiente para cooperar con un filtro de residuos existente, o como parte de un conjunto que incluye ambos elementos.

45 Lo anterior ha descrito en líneas generales algunos de los aspectos y características de las diversas realizaciones, que deben interpretarse como meramente ilustrativas de diversas aplicaciones potenciales. Otros resultados beneficiosos pueden obtenerse aplicando la información divulgada de manera diferente o mediante la combinación de varios aspectos de las realizaciones descritas. Otros aspectos y una comprensión más completa se pueden obtener haciendo referencia a la descripción detallada de las realizaciones ejemplares tomadas en conjunción con los dibujos adjuntos, además del alcance definido por las reivindicaciones.

**Descripción de los dibujos**

Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

55 La figura 1 es una vista esquemática en sección transversal que ilustra la estructura de un recipiente de presión del reactor de acuerdo con un entorno de ejemplo de la invención.

La figura 2 es una vista en alzado en sección transversal parcial que ilustra un conjunto de combustible y un elemento de soporte de combustible en el núcleo del reactor de la figura 1.

La figura 3 es una vista parcial en perspectiva en despiece del conjunto de combustible de la figura 2.

La figura 4 es una vista en perspectiva en despiece, que muestra un ejemplo de la técnica anterior de una placa de anclaje inferior con un conjunto de filtro que se puede utilizar dentro de un conjunto de combustible en la figura 3.

5 La figura 5 es un diagrama esquemático en sección transversal del filtro de residuos de la figura 4 en la placa de asiento inferior, lo que demuestra un patrón de vórtices creados por el flujo entrante a través de una boquilla de entrada que incide sobre el filtro de residuos.

La figura 6 es una vista en perspectiva de una placa de anclaje inferior con el conjunto de retención de residuos de acuerdo con una realización.

10 La figura 7 es una vista en sección transversal en despiece de placa de anclaje inferior con el conjunto de retención de residuos de la figura 6.

La figura 8 es una vista en sección transversal de la placa de anclaje inferior con el conjunto de retención de residuos que ilustra el patrón de flujo de refrigerante para comparación con la figura 5.

15 La figura 9 es una vista en sección transversal, parcial en perspectiva de una realización de un conjunto de retención de residuos, que muestra los cilindros resistentes de lavado a contracorriente y la banda periférica para atrapar los residuos.

La figura 10 es una vista en planta desde arriba de un conjunto de retención de residuos de ejemplo desde la perspectiva del filtro de residuos de ejemplo instalado en el mismo.

La figura 11 es una vista lateral en sección transversal del conjunto de retención de residuos de las figuras 9 y 10.

20 La figura 12 es una vista en planta inferior de un conjunto de retención de residuos de ejemplo desde la perspectiva del dispositivo de retención de residuos de ejemplo instalado en el mismo.

### **Descripción detallada de la invención**

25 Como se requiere, se describen realizaciones detalladas en el presente documento. Debe entenderse que las realizaciones descritas son meramente ejemplares y pueden realizarse en diversas y alternativas formas y combinaciones de las mismas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Tal como se usa en el presente documento, la palabra "ejemplar" se utiliza de manera expansiva para referirse a realizaciones que sirven de ejemplos, muestras, modelos o patrones. Las figuras no están necesariamente a escala y algunas características pueden estar exageradas o minimizadas para mostrar detalles de componentes particulares. En otros casos, componentes bien conocidos, sistemas, materiales o métodos que son conocidos para aquellos que tienen habilidad ordinaria en la técnica no se han descrito en detalle para evitar oscurecer la presente divulgación. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos divulgados en este documento no deben interpretarse como limitativos, sino simplemente como una base para las reivindicaciones y como una base representativa para enseñar a un experto en la técnica.

### **ENTORNO EJEMPLAR**

35 El entorno ejemplar en el que se describirán las diversas realizaciones de la invención es un reactor de agua en ebullición (BWR). Haciendo referencia a la figura 1, se ilustra la estructura general de un recipiente a presión de reactor (RPV) 10. El RPV 10 incluye una cabeza 20 del recipiente a presión del reactor, un secador 22 de vapor, un separador 24 de vapor, una guía 26 superior, una cubierta 28 central, una placa 30 de soporte del núcleo, unos conjuntos de combustible 32, unas barras de control 34, unos elementos de soporte 36 del combustible, un tubo de guía 38 de las barras de control, una cámara impelente 40 inferior, unas vigas 42 de refuerzo, unas bombas 44 de recirculación, y unas líneas 46 de vapor principales. El flujo F de refrigerante enfría los componentes del RPV 10.

40 La presión se genera en la cámara impelente 40 inferior mediante las bombas 44 de recirculación, de tal manera que el refrigerante (por ejemplo, agua) fluye desde la cámara impelente 40 inferior al interior de los conjuntos de combustible 32. En los conjuntos de combustible 32, el líquido refrigerante se calienta para producir un flujo de dos fases, incluyendo vapor y componentes líquidos. El vapor y los componentes líquidos se separan del flujo mediante los sistemas del reactor, incluyendo los separadores 24 de vapor y los secadores 22 de vapor. Por ejemplo, el vapor se separa del flujo de refrigerante mediante los separadores 24 de vapor y luego se dirige hacia los secadores 22 de vapor para eliminar la humedad adicional que pueda permanecer. De este modo, se produce vapor a presión que ahora se dirige mediante la línea 46 de vapor principal al edificio de la turbina del reactor (no mostrado). El vapor a presión que se ha generado se dirige entonces a la turbina. El agua que se separa de la corriente mediante los separadores 24 de vapor y los secadores 22 de vapor se redirige hacia abajo y a las bombas 44 de recirculación.

### **CONJUNTO DE COMBUSTIBLE Y SOPORTE DE COMBUSTIBLE**

Haciendo referencia a la figura 1, los extremos superiores de los conjuntos de combustible 32 están soportados por la guía superior 26 y los extremos inferiores de los conjuntos de combustible 32 están soportados por los elementos

de soporte 36 de combustible. Descrito en general, el elemento de soporte de combustible 36 está configurado para soportar cuatro conjuntos de combustible 32 en una disposición de enrejado y para dirigir el flujo de refrigerante desde la cámara impelente 40 inferior hacia arriba y en cada uno de los cuatro conjuntos 32 de combustible nuclear, individualmente. El elemento de soporte 36 de combustible está insertado en el extremo superior del tubo de guía 38 de la barra de control para colocarse en el extremo superior del tubo de guía 38 de la barra de control.

Haciendo referencia a las figuras 2 y 3, el conjunto de combustible 32 incluye un canal 50 de metal hueco, unos resortes 51 de expansión, unas barras 52 de combustible de longitud completa, unas barras 53 de combustible de longitud parcial, unos separadores 54 de combustible, unas barras 55 de agua, una placa de anclaje 56 superior con un mango 57, y una placa de anclaje 58 inferior. El canal 50 de metal hueco tiene una forma alargada con una sección transversal cuadrada y unos extremos superior e inferior abiertos, en los que se alojan la placa de anclaje 56 superior y la placa de anclaje 58 inferior. Las barras 52 de combustible de longitud completa y las barras 53 de combustible de longitud parcial están dispuestas en paralelo y contienen material fisiónable. Los separadores 54 de combustible 54 soportar las barras 52 de combustible de longitud completa, las barras 53 de combustible de longitud parcial, y las barras 55 de agua en varias posiciones a lo largo de toda la longitud del conjunto de combustible una vez que el conjunto se coloca dentro del canal 50 de metal hueco. Las placas de anclaje 56, 58 superior e inferior fijan la parte superior y los extremos inferiores de las barras 52 de combustible de longitud completa, mientras que los extremos inferiores de las barras 53 de longitud parcial se fijan solamente a la placa de anclaje 58 inferior. Este montaje asegura que el refrigerante pueda pasar a través y alrededor de cada una de las barras 52 y 53 de combustible. En las figuras 2 y 3, el conjunto de combustible 32 también puede incluir al menos una barra 55 de agua.

En operación, el canal 50 de metal hueco es vertical dentro del núcleo del reactor, la placa de anclaje 56 superior está colocada en la abertura superior del canal 50 de metal hueco, que contiene los componentes de cada conjunto de combustible 32. La placa de anclaje 58 inferior está colocada en la abertura inferior del canal 50 de metal hueco, y los separadores 54 de combustible están situados en varias posiciones a lo largo de la longitud interior del canal 50 de metal hueco. Los separadores 54 de combustible y las placas de anclaje 56, 58 están configurados para permitir el flujo de refrigerante a través del conjunto de combustible 32. Durante la operación normal, el refrigerante fluye en la dirección del flujo F a través de la placa de anclaje 58 inferior, sobre las barras 52 y 53 de combustible, a lo largo de la longitud interior del canal 50 de metal hueco y luego a través de la parte superior de la placa de anclaje 56 superior. Los residuos de los sistemas del reactor 10 pueden ser arrastrados en el flujo de refrigerante y se introducen en el conjunto de combustible 32 durante la operación normal.

#### PLACA DE ANCLAJE INFERIOR

Haciendo referencia a las figuras 2 a 4, la placa de anclaje 58 inferior incluye una boquilla 60 de entrada que conduce a una cavidad 62 de la placa de anclaje inferior, en el que un cartucho 63 de filtro está dispuesto debajo de una rejilla 64 de la placa de anclaje inferior. La rejilla 64 de la placa inferior está situada en un extremo superior de la cavidad 62 de la placa de anclaje inferior y soporta las clavijas de extremo inferior de las barras 52 y 53 de combustible. La rejilla 64 de la placa de anclaje inferior dirige el flujo de refrigerante en los conjuntos de combustible 32 y entre todas las barras 52 y 53 de combustible y las barras 55 de agua.

La placa de anclaje 58 inferior incluye además un estribo 59, que se extiende hacia el exterior y a través de la boquilla 60 de entrada. Generalmente, el estribo 59 está configurado para facilitar dirigir el extremo inferior de la placa de anclaje 58 inferior del conjunto de combustible 32 para ser recibido por el elemento de soporte 36 de combustible.

#### ELEMENTO DE SOPORTE DE COMBUSTIBLE

Haciendo referencia a la figura 2, el elemento de soporte 36 de combustible incluye un orificio 82 de entrada lateral inferior que está configurado para dirigir el flujo F desde la cámara impelente 40 inferior hacia arriba y a través de la cámara 80 de soporte y en el conjunto de combustible 32. La cámara 80 de soporte lleva desde un orificio 82 de entrada lateral inferior, donde el flujo directo F entra desde abajo.

Cuando la placa de anclaje 58 inferior se recibe dentro de la cámara 80 de soporte, el estribo 59 se extiende dentro de la parte cónica de la cámara 80 de soporte a través del orificio 84 de recepción. La superficie inclinada exterior de la placa de anclaje 58 inferior forma un sello mecánico contra un labio del orificio 84 de recepción. Como tal, la cámara 80 de soporte, la placa de anclaje 58 inferior, y el canal 50 de metal hueco proporcionan un canal sustancialmente continuo que dirige el flujo de refrigerante desde la cámara impelente 40 inferior a través de la cámara 80 de soporte y hacia arriba a través del conjunto de combustible 32 que se apoya sobre cada soporte 36 de combustible.

#### CARTUCHO DE FILTRO

Haciendo referencia a las figuras 6 a 12, se describen con más detalle diversas realizaciones de ejemplo de un conjunto 63 de retención de residuos para su uso en una placa de anclaje 58 inferior. Por motivos de comparación, y no de limitación, un cartucho 67 de filtro de residuos de la técnica anterior a modo de ejemplo (que se muestra en las figuras 4 y 5) es un sistema de filtro de una sola etapa que se coloca sobre el flujo F de refrigerante a medida que

entra en la boquilla 60 de entrada de la placa de anclaje inferior, se mueve a través del alojamiento 62, y sale por la rejilla 64 de la placa de anclaje inferior. Como se describió anteriormente, el filtro 67 de residuos puede funcionar bien bajo condiciones de flujo estacionario para impedir la migración de los residuos al conjunto de combustible, pero si el flujo cesa o se invierte, los residuos pueden escapar y convertirse en móviles de nuevo. Además, la resistencia al flujo puede desviar parte del remanso a través de la boquilla 60 de entrada, permitiendo que los residuos evadan la filtración.

Los diversos aspectos de la presente invención beneficiosamente eliminan el problema de escape de los residuos con un conjunto de retención 63 de residuos integrado que filtra el flujo y atrapa los residuos, impidiendo así su escape una vez que se impide su flujo a través de la placa de anclaje inferior. En contraste con los dispositivos de la técnica anterior, el conjunto de retención 63 de residuos de ejemplo es al menos un sistema de atrapamiento de doble etapa que incluye un filtro 65 de residuos y un dispositivo de retención 66 de residuos. La figura 7 es una vista en sección transversal en despiece de una placa de anclaje 58 inferior con un conjunto de retención 63 de residuos completamente montado para un conjunto 32 de combustible nuclear. El dispositivo de retención 66 de residuos contiene una bandeja 68 de residuos, que se define en parte mediante una banda 93 periférica y una o más placas de tamiz 92 interrumpidas por zonas 70 muertas (ver la figura 12). Las placas de tamiz 92, que pueden ser parte integrante de la banda 93 periférica, tienen perforaciones 78 en ciertas realizaciones, como se describirá. El dispositivo de retención 66 de residuos se define además por un canal 90 de flujo de avance que proporciona estructura al conjunto de retención 63 de residuos, resiste el flujo inverso de residuos, y añade capacidad de filtrado adicional, sin afectar negativamente al rendimiento en condiciones de flujo hacia adelante. Una banda 93 periférica abarca todos estos componentes, ya que define las paredes del conjunto de retención 63 de residuos. La banda 93 periférica tiene una superficie exterior que puede ser contorneada con características, tales como retenes 72 elevados, que ayuda al posicionamiento, la estabilidad, y la retención dentro de la placa de anclaje 58 inferior.

Como se muestra mejor en las figuras 6, 7 y 8, el conjunto de retención 63 de residuos ilustrado está configurado para insertarse a través de una ranura 74 y colocado dentro de la cavidad 62 de la placa de anclaje inferior entre la boquilla 60 de entrada y la rejilla 64 de la placa inferior. De esta manera, se contempla que un conjunto de combustible existente pueda ser adaptado con un conjunto de retención 63 de residuos, y que un conjunto de retención 63 de residuos pueda retirarse y limpiarse o reemplazarse durante las operaciones de mantenimiento. Una placa de cubierta 69 de metal mecanizado se utiliza para sellar la ranura 74 en la que primero se inserta el cartucho de filtro y también se utiliza para mantener aún más el posicionamiento del conjunto de retención 63 de residuos dentro de la placa de anclaje 58 inferior. Haciendo referencia a las figuras 6 y 12, unas depresiones (no mostradas) en la pieza de fundición interior de la placa de anclaje 58 inferior corresponden a los retenes 72 que sobresalen de uno o más bordes P a lo largo de la periferia del conjunto de retención 63 de residuos. Los retenes 72 están configurados para alojarse en las depresiones para colocar y fijar el conjunto de retención 63 de residuos en posición.

En ciertas realizaciones, la pared interior del alojamiento 62 que aloja el conjunto de retención 63 de residuos dentro de una placa de anclaje 58 inferior se moldea más grande que la mayoría de los diseños convencionales, para lograr la dinámica de flujo deseada. Específicamente, la alta velocidad del flujo a través de la boquilla 60 de entrada que se encuentra con la expansión relativamente repentina del área en el alojamiento 62 ampliado crea un patrón de flujo de chorro de choque que dirige los residuos hacia las zonas Z de bajo flujo alrededor de la periferia interior de la placa de anclaje inferior 62 de la cavidad. Las zonas Z de bajo flujo dentro del conjunto de retención 63 de residuos son menos extensas que las zonas Z de bajo flujo que existirían dentro de la placa de anclaje 58 inferior en ausencia del conjunto de retención 63 de residuos 63. La figura 5 muestra un diagrama en sección transversal que muestra el alojamiento 62 como ampliado de acuerdo con este aspecto de ciertas realizaciones, pero con un cartucho 67 de filtro de residuos de la técnica anterior instalado dentro de una placa de anclaje 58 inferior, para demostrar el patrón de vórtices que se crean por el choque del chorro del flujo F de refrigerante en el cartucho 67 de filtro. Las zonas Z de bajo flujo se crean cuando el flujo F de refrigerante directo se mueve a través del alojamiento 62 ampliado. Las partículas de residuos se acumulan en las superficies 61 en la zona Z de bajo flujo. La figura 7 ilustra una vista en despiece del mismo alojamiento 62 con un conjunto de retención 63 de residuos de ejemplo, y la figura 8 muestra el conjunto de retención de residuos en operación en el alojamiento 62.

El canal 90 de flujo delantero central permite que el flujo F de refrigerante entre en el conjunto de retención 63 de residuos en una trayectoria sin obstrucciones, relativamente lineal y no cambia sustancialmente la dirección o el impulso del flujo F de refrigerante. Cualquier abertura en el canal 90 de flujo delantero es mucho más gruesa por diseño, en comparación con el tamaño de las aberturas en el filtro 65 de residuos. En consecuencia, el flujo F de refrigerante hacia adelante puede ser lo suficientemente fuerte como para lanzar residuos D a través del canal 90 de flujo delantero, donde los residuos D luego se encuentran y se ve impedidos por el filtro 65 de residuos. Bajo condiciones de flujo R/F de estancamiento o retroceso, sin embargo, el canal 90 de flujo delantero impide la liberación de los residuos del conjunto de retención 63 de residuos, ya que estas condiciones generalmente no generan suficiente fuerza para empujar los residuos a través del canal 90 de flujo delantero. En consecuencia, el canal 90 de flujo delantero impide el flujo de lavado a contracorriente y el escape de residuos D de la cavidad 76 de retención de residuos del conjunto de retención 63 de residuos, sin afectar sustancialmente la dinámica del flujo normal dentro de la cavidad 62 de la placa de anclaje inferior. En ciertas realizaciones, por ejemplo, esta funcionalidad restrictiva de lavado a contracorriente se puede lograr como se muestra en la figura 9, en la que el canal 90 de flujo delantero incluye una matriz de células 94 cilíndricas que resisten el lavado a contracorriente y

- desvían los residuos D a la periferia de la cavidad 76 para ser capturados por las placas 92 de tamiz. Como se muestra en la figura 12, cada célula 94 tiene una forma en sección transversal hexagonal, aunque otras formas pueden ser adecuadas. En cualquier caso, se selecciona la altura, el tamaño y el espesor de las células 94 para permitir el flujo lineal (es decir, el flujo normal al plano de canal 90 de flujo delantero) para pasar sin impedimentos.
- 5 En ciertas otras realizaciones, las células cilíndricas en el canal 90 de flujo delantero pueden ser reemplazadas con aberturas (no mostradas), cuyo diámetro es lo suficientemente pequeño para detener los residuos D a baja velocidad, pero lo suficientemente grande para tener un impacto insignificante sobre el flujo de refrigerante bajo cualquier condición.
- 10 Haciendo referencia a las figuras 8 y 9, como el flujo F de refrigerante se mueve a través del canal 90 de flujo delantero, después de salir de la superficie del canal 90 de flujo delantero, el flujo F de refrigerante crea un patrón de vórtices en el alojamiento 62. En general, las zonas Z de bajo flujo son áreas de baja velocidad, flujo inverso R/F en la cavidad 62 ampliada y se crean al menos en parte mediante los vórtices que existen naturalmente en la placa de anclaje 58 inferior. La zona de bajo flujo es un volumen en el que los residuos D que están bloqueados por el filtro 65 de residuos se pueden recoger en las placas 92 de tamiz del dispositivo de retención 66 de residuos.
- 15 Haciendo referencia a las figuras 7 a 9 y 11, el dispositivo de retención 66 de residuos incluye un canal 90 de flujo delantero que permite que el flujo F de refrigerante fluya sustancialmente sin obstrucciones en el dispositivo de retención 66 de residuos, y en las placas 92 de tamiz que se colocan para extenderse al menos parcialmente a través de las zonas Z de bajo flujo. Debido al choque del flujo, los residuos D (figura 11) impulsados por el flujo se dirigirán a la zona Z de bajo flujo, resultando en una posición óptima para el conjunto de retención 63 de residuos.
- 20 Las geometrías de los canales 90 de flujo delantero (figuras 9 y 12) inhiben el flujo local y permiten el atrapamiento de los residuos, evitando su liberación bajo estancamiento, flujo hacia adelante y condiciones de flujo inverso. Además, las zonas 70 muertas atraen los residuos como las secciones con finas perforaciones 78 que permiten que cualquier agua de retorno salga fuera de la cavidad 76 sin necesidad de retirar los residuos. Las perforaciones 78 en la cavidad 76 de retención de residuos pueden estar dirigidas para mejorar las características de lavado de los
- 25 residuos fuera de las superficies 61, dentro de la zona Z de bajo flujo, que se acumulan dentro de la cavidad 62 de la placa de anclaje 58 inferior (véase la figura 8).

#### OPERACIÓN

- Haciendo referencia a las figuras 3, 7, y 8, durante la operación normal, el refrigerante fluye en dirección F a través de la boquilla 60 de entrada, en el alojamiento 62 ampliado a través del conjunto de retención 63 de residuos, y a través de la rejilla 64 de la placa inferior antes de entrar en el conjunto de combustible 32. Los residuos pasan al interior del conjunto de retención 63 de residuos a través del canal 90 de flujo delantero del dispositivo de retención 66 de residuos y se bloquean mediante el filtro 65 de residuos antes de que los residuos puedan entrar en el conjunto de combustible 32 y las barras 52 y 53 de combustible dañadas.
- 30 El golpe del flujo en la superficie del filtro 65 de residuos empuja los residuos a las zonas Z de bajo flujo en el interior del conjunto de retención 63 de residuos. Cuando los residuos alcanzan las zonas Z de bajo flujo, los residuos caen en las placas 92 de tamiz del dispositivo de retención 66 de residuos que se coloca dentro de la zona Z de bajo flujo. Los residuos que están impedidos y que se mantienen por el flujo F próximo al centro del filtro 65 de residuos pueden caer al dispositivo de retención 66 de residuos durante el flujo estancado o inverso, también conocido como un "lavado a contracorriente", tal como cuando el conjunto de combustible 32 se mueve. El canal 90 de flujo delantero se resiste a la liberación de residuos bajo lavado a contracorriente.
- 35 Aunque se ha descrito en el contexto de un conjunto de retención 63 de residuos de estilo de cartucho integrado, el filtro 65 de residuos y el dispositivo de retención 63 de residuos pueden ser, alternativamente, dispositivos independientes que están instalados en serie dentro del alojamiento de la placa de anclaje inferior. En tales realizaciones, los componentes individuales pueden intercambiarse o sustituirse por separado.
- 45 Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para permitir que cualquier persona experta en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo hacer y usar cualesquiera dispositivos o sistemas y la realización de cualquiera de los procedimientos incorporados. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto de retención (63) de residuos para un conjunto de combustible (32), que comprende:

un filtro (65) de residuos adaptado para colocarse a través de una trayectoria de flujo para refrigerante en el conjunto de combustible (32), comprendiendo el filtro (65) de residuos aberturas de filtro configuradas para impedir el flujo de residuos al interior del conjunto de combustible (32); y  
 un dispositivo de retención (66) de residuos configurado para colocarse aguas arriba del filtro (65) de residuos con respecto a una dirección de avance del flujo y adaptado para colocarse a través de la trayectoria de flujo; en el que el dispositivo de retención (66) de residuos comprende un canal (90) central de flujo delantero operable para permitir que el flujo de refrigerante a través del mismo incida sobre el filtro (65) de residuos, comprendiendo el canal (90) central de flujo delantero una o más aberturas de canal más gruesas en tamaño en comparación con las aberturas del filtro, en el que el dispositivo de retención (66) de residuos comprende además:  
 al menos una placa (92) de tamiz configurada para retener los residuos, en el que la al menos una placa (92) de tamiz rodea el canal (90) central de flujo delantero, con lo que el dispositivo de retención de residuos está configurado para retener los residuos que ha sido detenidos por el filtro (65) de residuos para evitar el escape de los residuos del conjunto de retención (63) de residuos;  
**caracterizado por que:** el conjunto de retención de residuos comprende, además, una carcasa que interconecta el filtro (65) de residuos y el dispositivo de retención (66) de residuos y define además unas paredes de una cavidad (76) de retención de residuos; en el que la cavidad de retención de residuos está definida entre el filtro (65) de residuos y el dispositivo de retención (66) de residuos; en el que el conjunto de retención (63) de residuos está configurado para insertarse a través de una ranura (74) de una placa de anclaje (58) inferior del conjunto de combustible (32) para colocarse dentro de una cavidad (62) de la placa de anclaje del conjunto de combustible (32).

2. El conjunto de retención de residuos según la reivindicación 1, en el que la al menos una placa (92) de tamiz comprende una pluralidad de placas (92) de tamiz perforadas con al menos una zona muerta (70) definida entre las placas (92) de tamiz, estando cada zona muerta (70) configurada para ser sustancialmente impermeable al flujo de refrigerante.

3. El conjunto de retención de residuos según la reivindicación 1 o 2, en el que el canal (90) de flujo delantero está configurado para transportar a través del canal (90) de flujo delantero refrigerante que fluye en una dirección que es sustancialmente normal al plano del canal (90) de flujo delantero, y para resistir al flujo de refrigerante que es sustancialmente tangencial al plano del canal (90) de flujo delantero.

4. El conjunto de retención de residuos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la al menos una placa (92) de tamiz es integral a una banda (93) periférica que se extiende próxima al perímetro de una cavidad interior definida entre el dispositivo de retención (66) de residuos y el filtro (65) de residuos.

5. El conjunto de retención de residuos según la reivindicación 4, en el que:

la al menos una placa (92) de tamiz es integral a una banda (93) periférica que se extiende próxima al perímetro de una cavidad (76) interior definida entre el dispositivo de retención (66) de residuos y el filtro (65) de residuos; la banda (93) periférica se extiende alrededor del canal (90) de flujo delantero, que está dispuesto en el centro de la trayectoria de flujo; y  
 el canal (90) de flujo (90) delantero está configurado para retener los residuos en condiciones de estancamiento y de lavado a contracorriente.

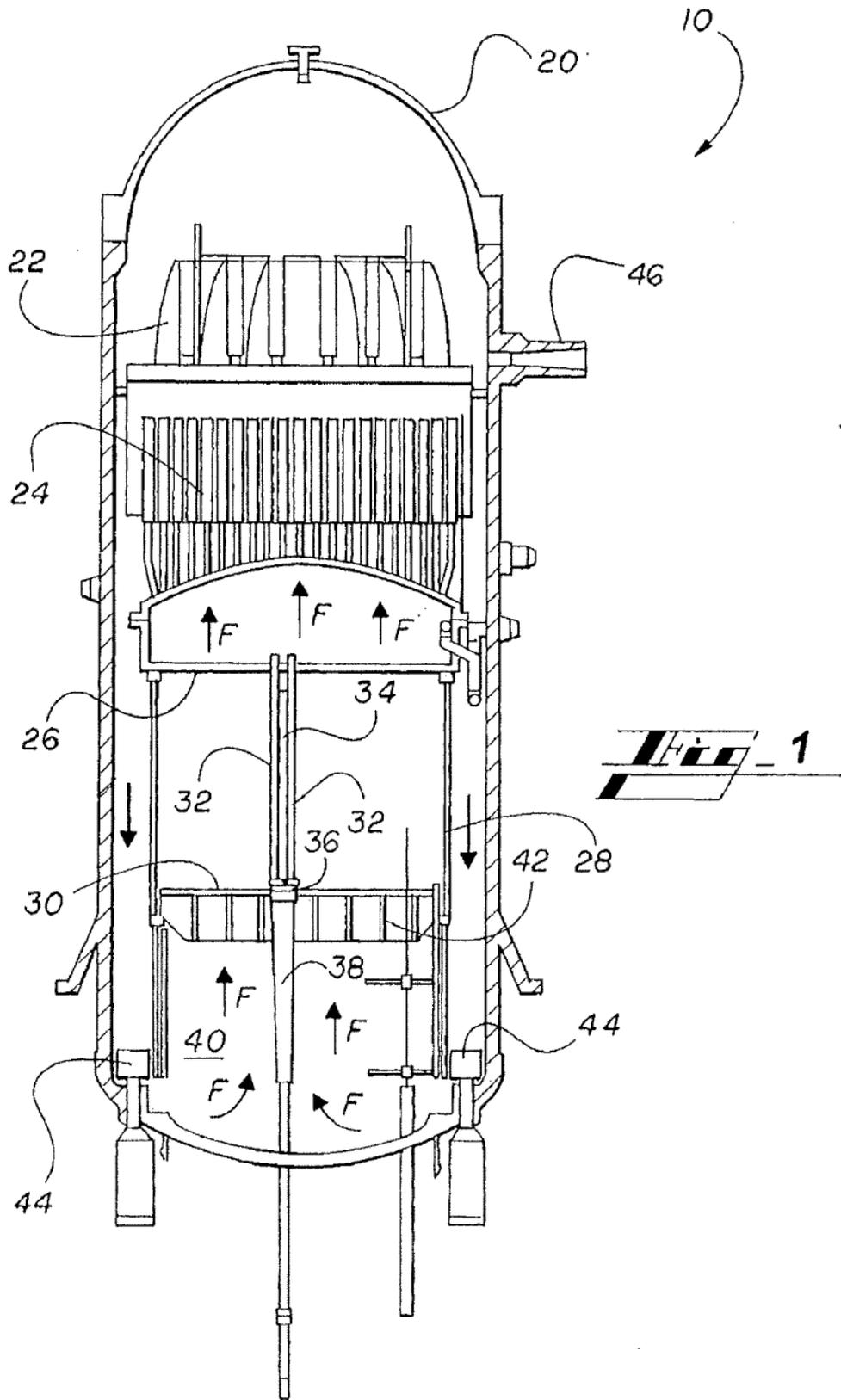
6. El conjunto de retención de residuos según la reivindicación 5, en el que el canal (90) de flujo delantero incluye una matriz de cilindros (94).

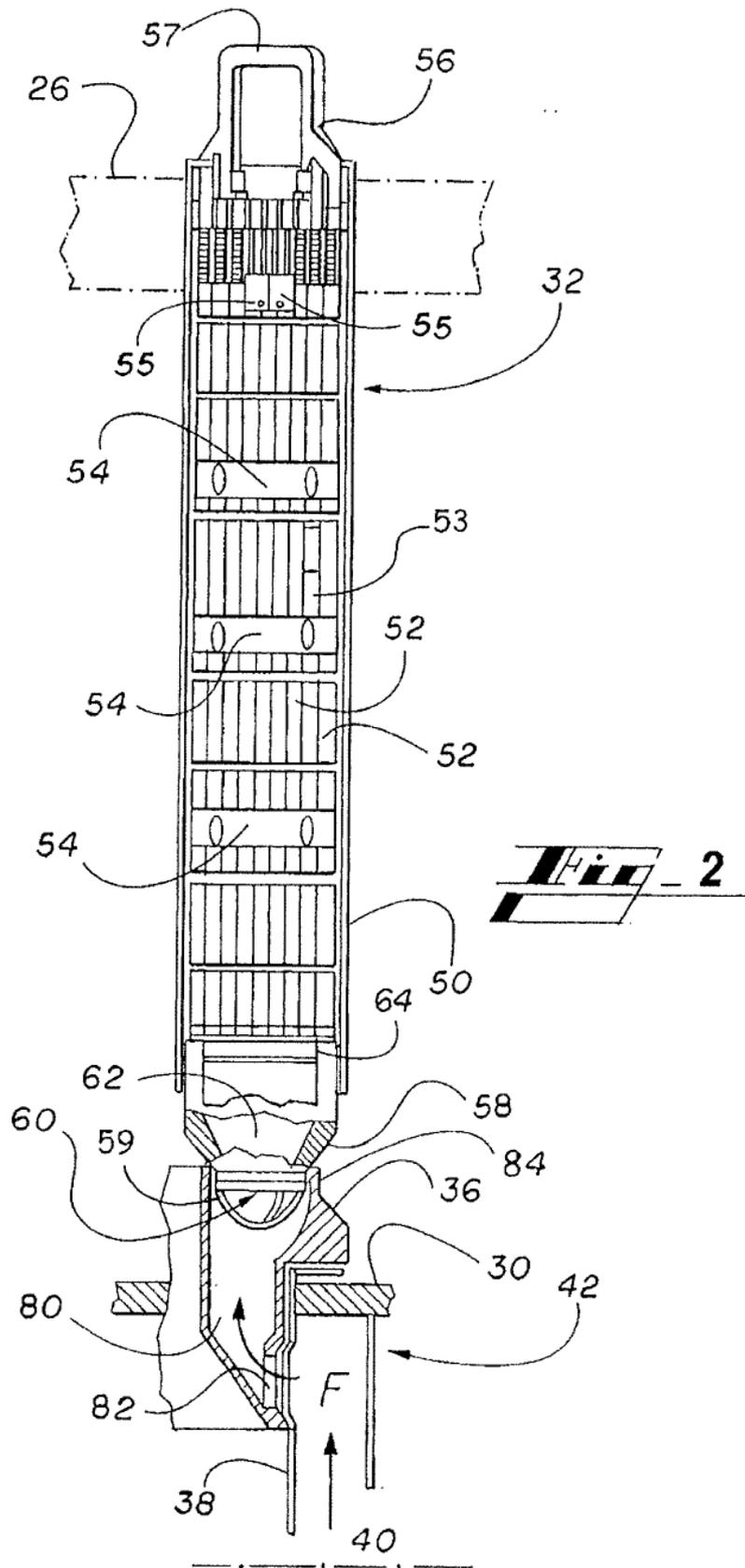
7. El conjunto de retención de residuos según la reivindicación 5, en el que la una o más aberturas de canal del canal (90) de flujo delantero tienen forma hexagonal.

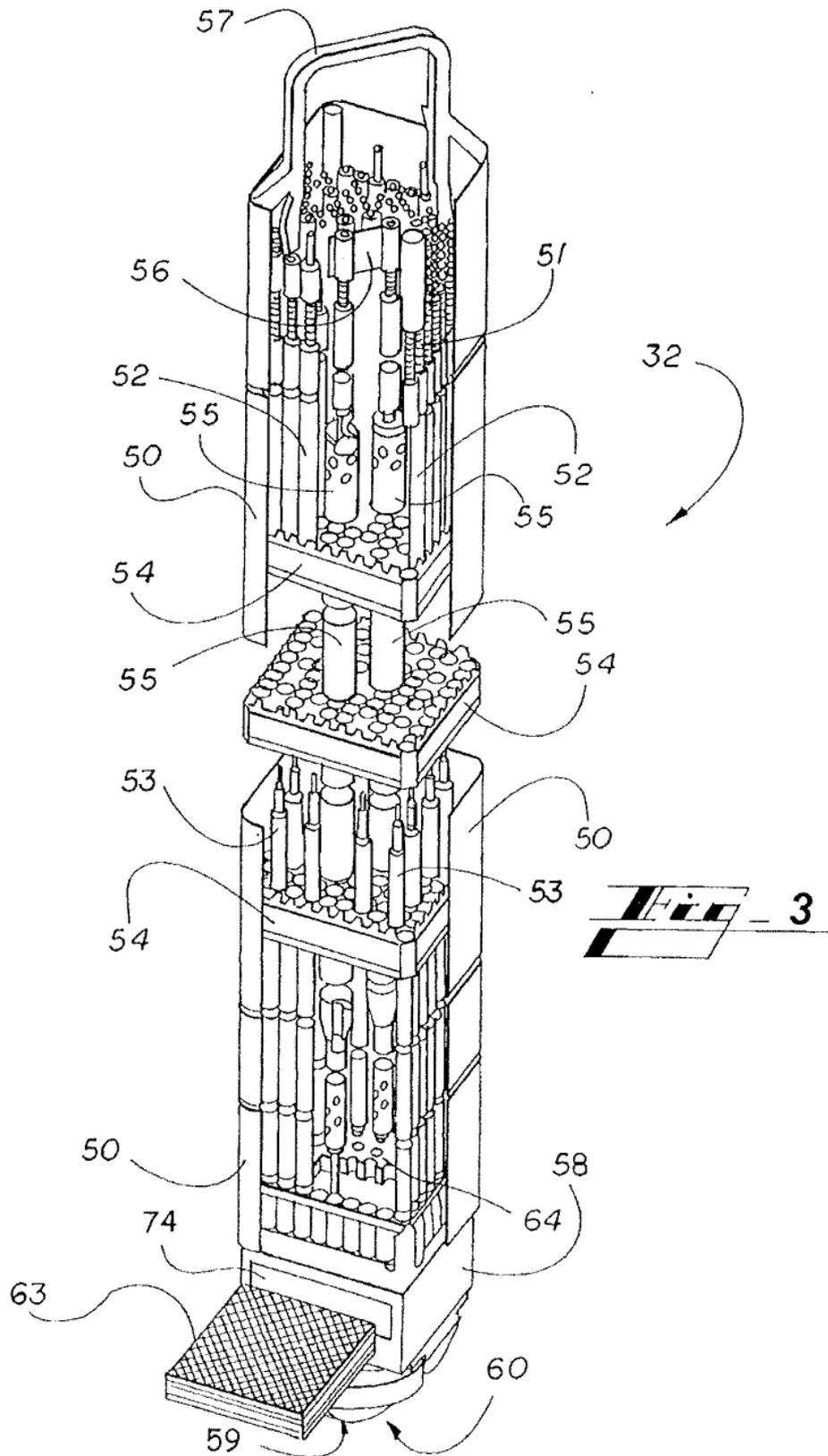
8. Una placa (58) de anclaje inferior para un conjunto de combustible, que comprende:

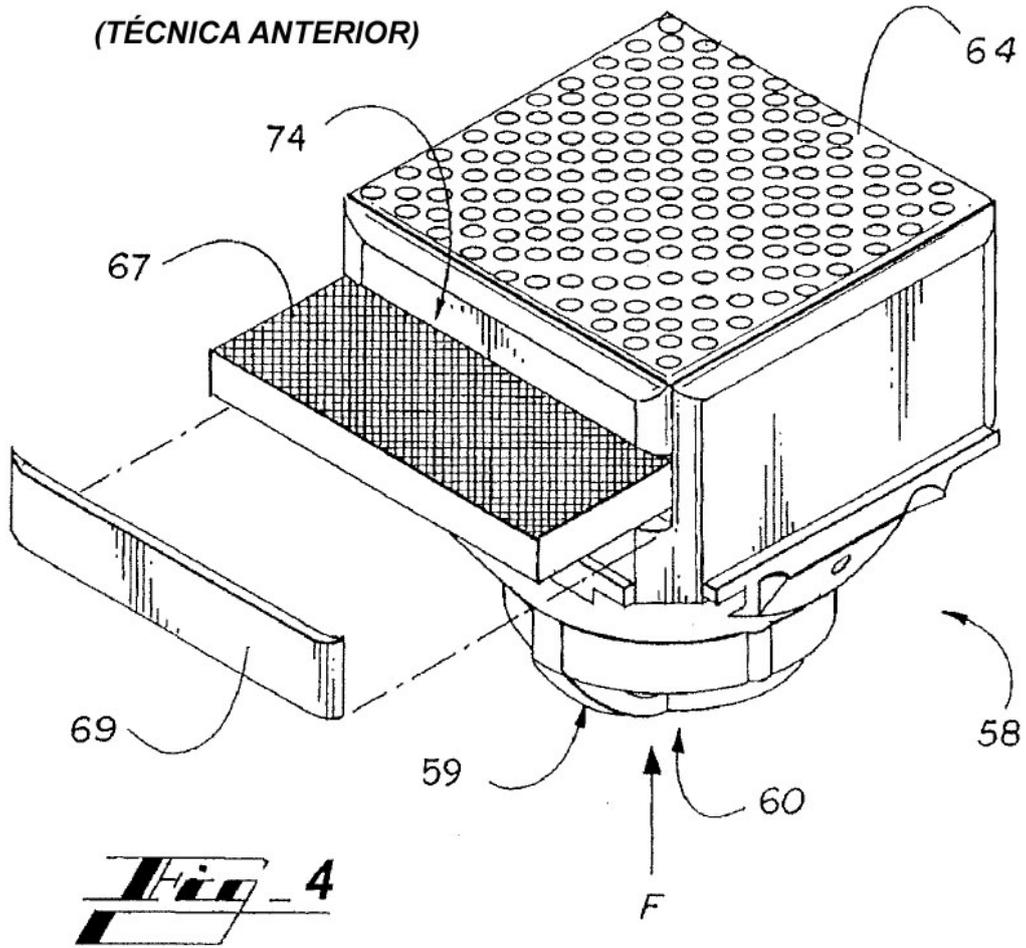
una boquilla (60) de entrada para recibir refrigerante en el conjunto de combustible (32) a lo largo de una trayectoria de flujo;  
 un alojamiento (62) que se expande hacia el exterior con respecto a la boquilla de entrada (60) para definir una cavidad (62) de placa de anclaje inferior;  
 una ranura (74);  
 un conjunto de retención (63) de residuos como se indica en cualquier reivindicación anterior;  
 en el que el conjunto de retención (63) de residuos está configurado para ser insertado a través de la ranura (74) para colocarse dentro de la cavidad (62) de la placa de anclaje inferior.

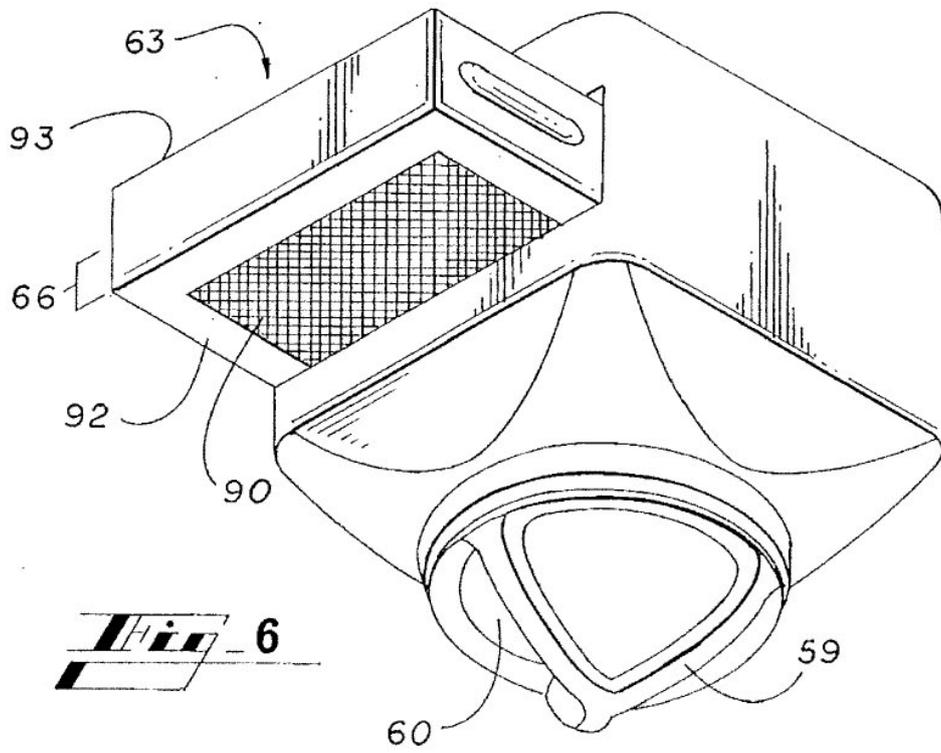
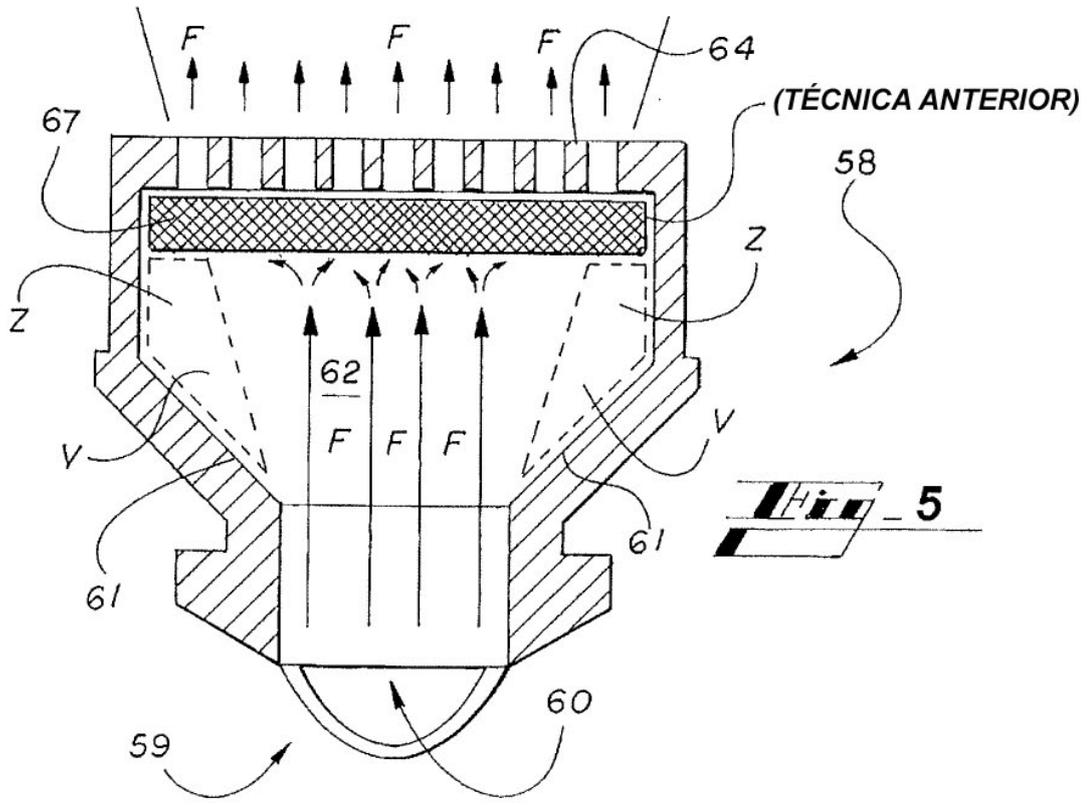
9. La placa de anclaje inferior según la reivindicación 8, en la que la cavidad de retención de residuos incorpora zonas de bajo flujo adyacentes a la trayectoria de flujo.

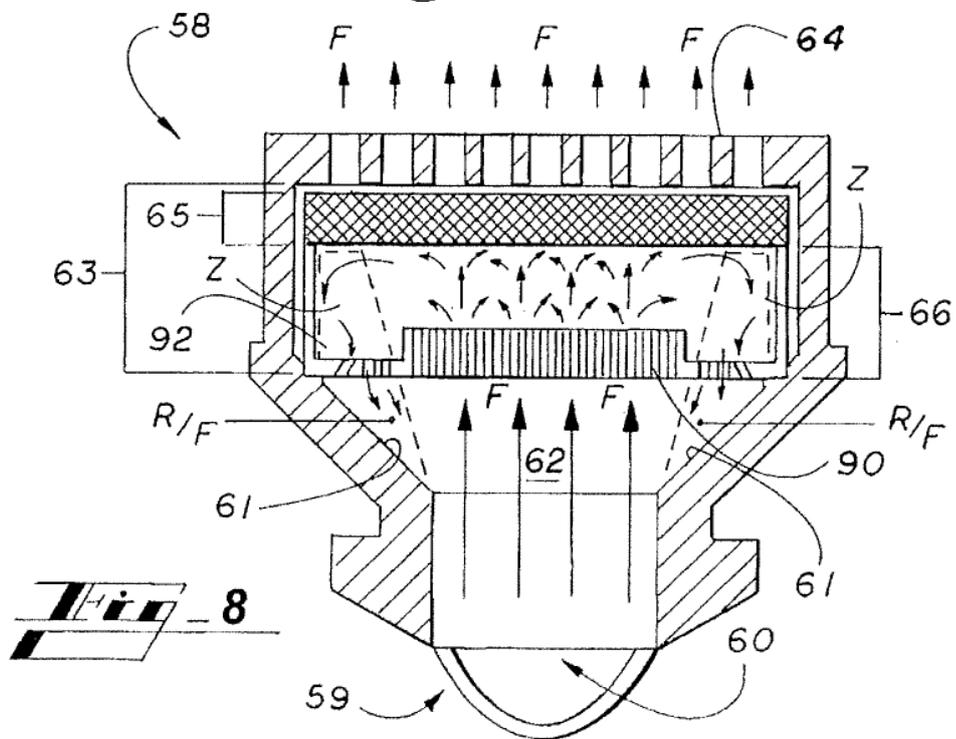
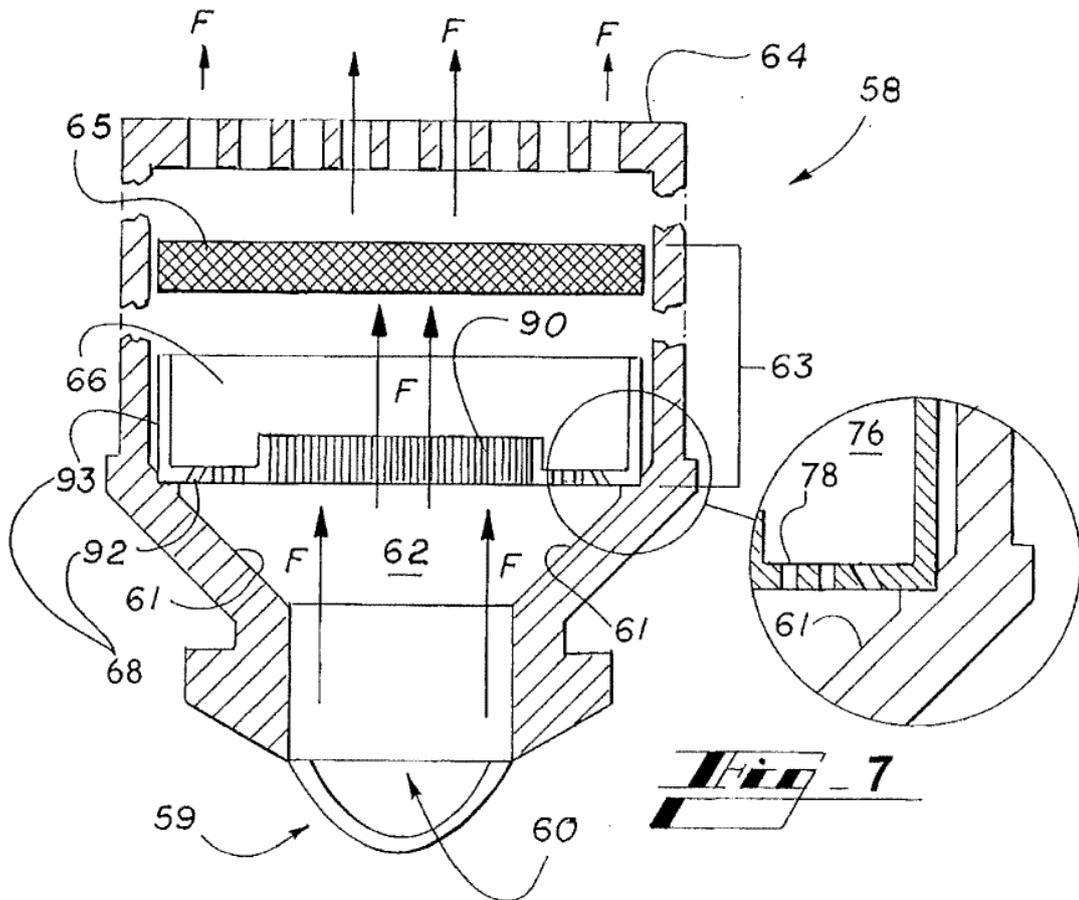


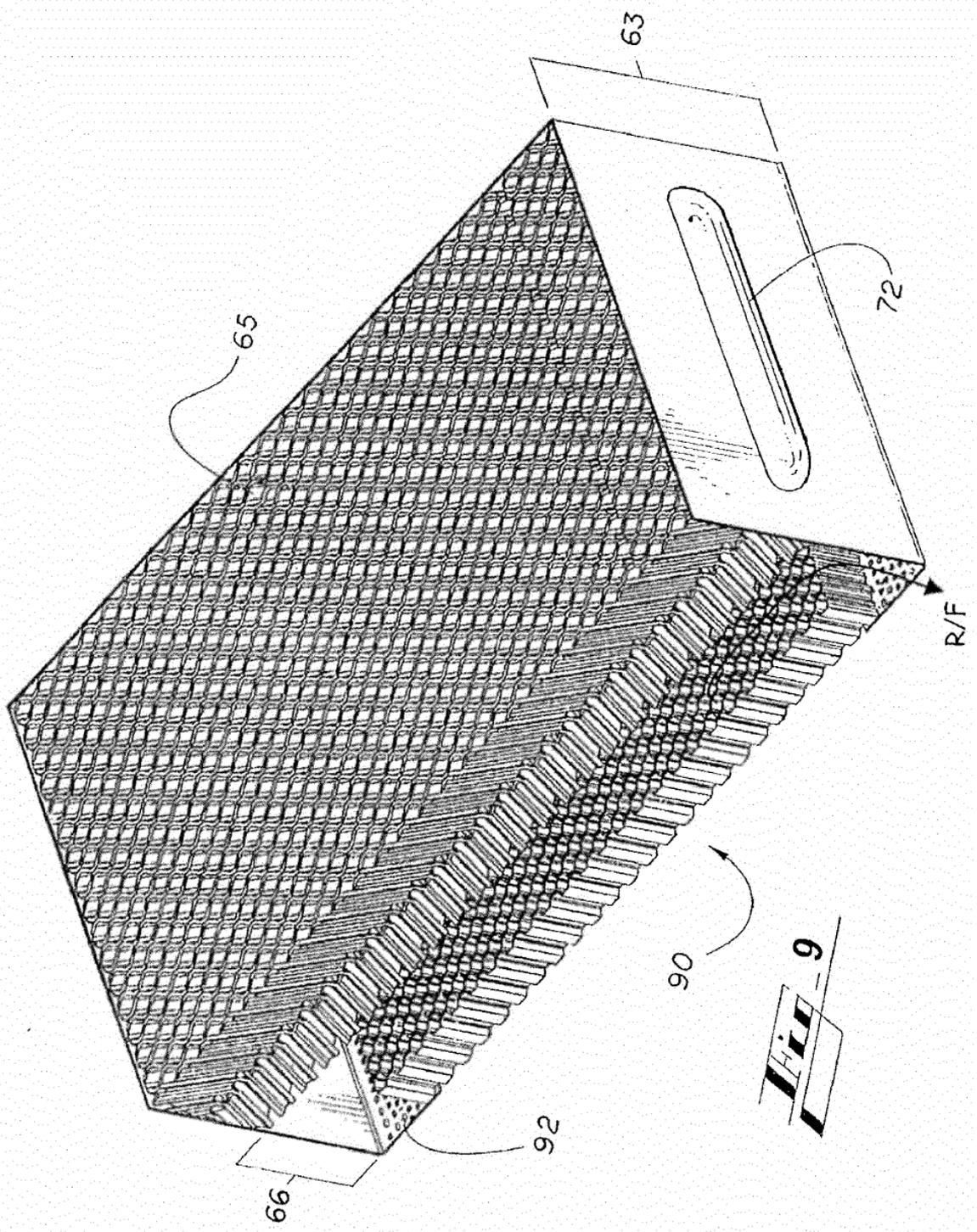


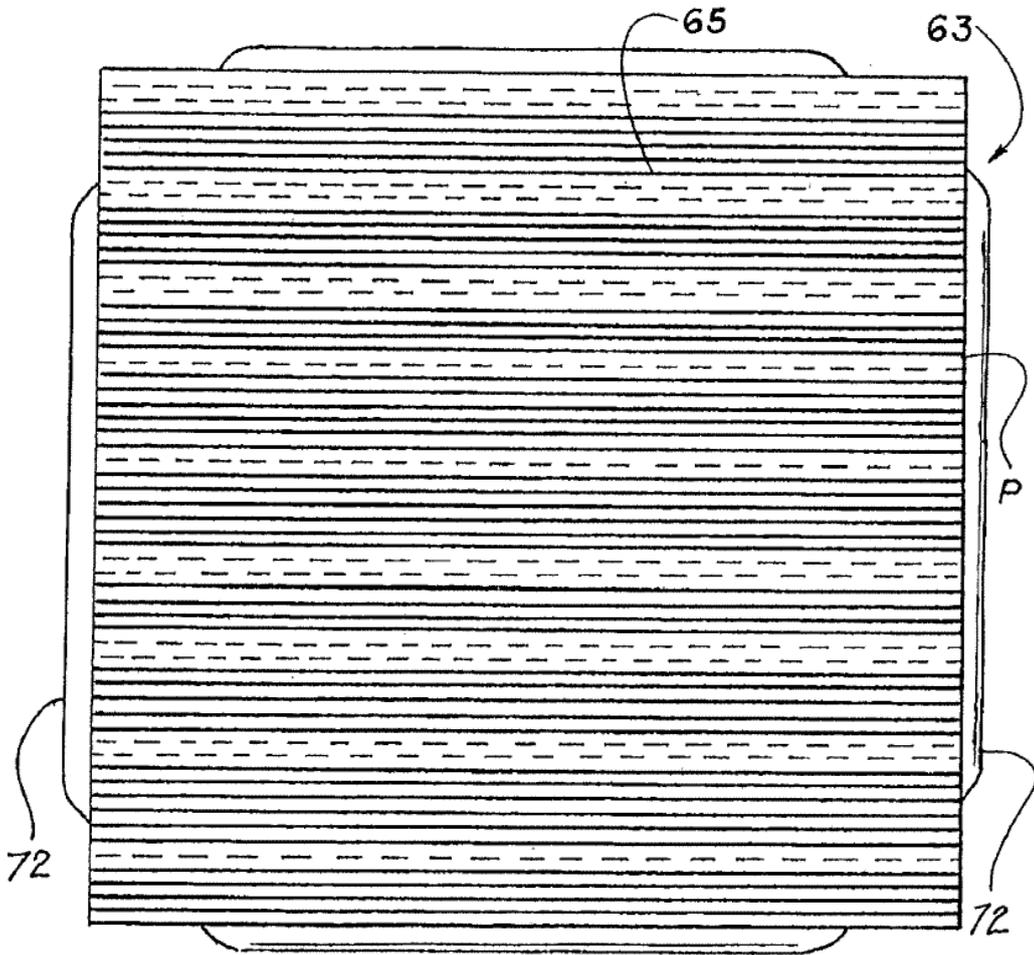




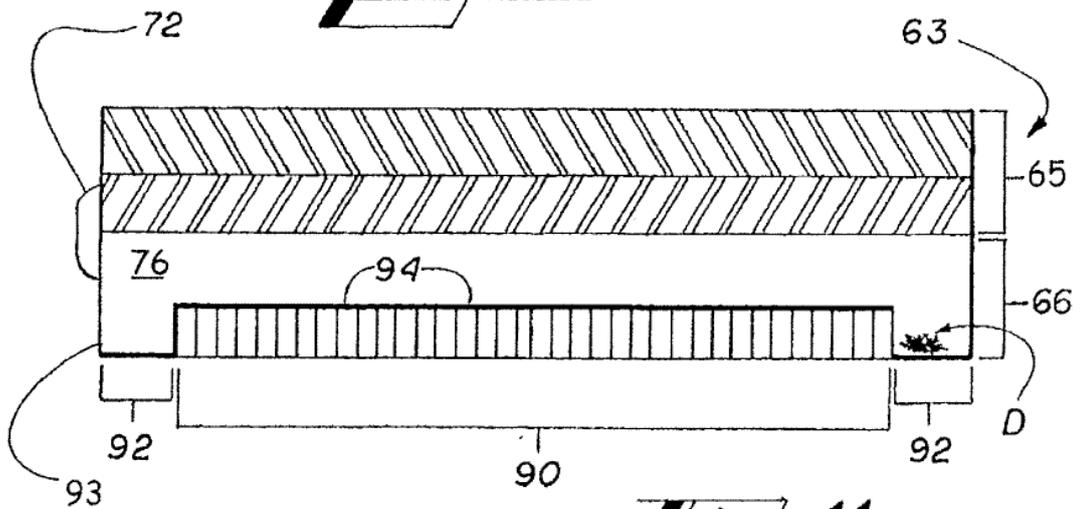








**Fig. 10**



**Fig. 11**

