

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 998 744**

51 Int. Cl.:

G21C 1/06 (2006.01)

G21C 7/103 (2006.01)

G21C 7/28 (2006.01)

G21C 11/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2021** **PCT/US2021/072035**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.05.2022** **WO22094552**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2021** **E 21811220 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2024** **EP 4233073**

54 Título: **Reflector de neutrones de grafito mejorado con inclusiones de oxido de berilio**

30 Prioridad:

26.10.2020 US 202017080241

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.02.2025

73 Titular/es:

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.00%)

1000 Westinghouse Drive Suite 141
Cranberry Township, PA 16066, US

72 Inventor/es:

ALESHIN, YURIY;
LEVINSKY, ALEX;
HEISEL, MATTHEW R. y
KELLNER, STUART T.

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 998 744 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

Reflector de neutrones de grafito mejorado con inclusiones de óxido de berilio

Referencia cruzada a solicitud relacionada

La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud no provisional de EE. UU. n.º de serie 17/080.241, presentada el 26 de octubre de 2020, titulada "Enhanced graphite neutron reflector with beryllium oxide inclusions" [Reflector de neutrones de grafito mejorado con inclusiones de óxido de berilio].

Antecedentes

La presente invención se refiere de manera general a reactores nucleares, tales como reactores modulares pequeños (RMP) y microrreactores, y más particulares, a organizaciones de reflectores que circundan al núcleo del reactor nuclear.

El mercado energético de la electricidad puede dividirse en mercados centralizados y descentralizados. El mercado centralizado se basa en generadores de gran potencia (del orden de cientos de MWe) y redes densas de transmisión y distribución de alta capacidad. El mercado descentralizado o desconectado de la red, por el contrario, se basa en generadores de energía compactos (<15 MWe) normalmente conectados a pequeñas redes de distribución localizada o microrredes. Actualmente, las comunidades árticas remotas, las minas remotas, las bases militares y las comunidades isleñas son ejemplos de mercados descentralizados. En la actualidad, las energías energéticas de los mercados desconectados de la red se satisfacen predominantemente mediante generadores diésel. Ello conlleva elevados costes de la electricidad, dependencia de los combustibles fósiles, restricciones de carga, una complicada logística de suministro de combustibles, y una infraestructura envejecida. Entre los estrictos requisitos de los mercados desconectados de la red se incluyen la asequibilidad, fiabilidad, flexibilidad, resiliencia, sostenibilidad (energía limpia), seguridad energética y rápida instalación, y mínimos esfuerzos de mantenimiento. La totalidad de dichas demandas puede ser satisfecha por la energía nuclear.

Los microrreactores son reactores nucleares que son capaces de generar menos de 10 MWe y que pueden instalarse para la aplicación remota. Estos microrreactores pueden empaquetarse en contenedores relativamente pequeños, funcionar sin la implicación activa de personal, y funcionar sin reabastecimiento/sustitución durante un periodo más largo que las centrales nucleares convencionales.

Uno de dichos microrreactores es el sistema microrreactor eVinci™, diseñado por Westinghouse Electric Company. Estos microrreactores pueden empaquetarse en contenedores relativamente pequeños, funcionar sin la implicación activa de personal, y funcionar sin reabastecimiento/sustitución durante un periodo más largo que las centrales nucleares convencionales. Otros ejemplos de microrreactores se describen en los documentos de propiedad común publicación de solicitud provisional de EE. UU. n.º 62/984,591, titulada "High temperature hydride moderator enabling compact and higher power density cores in nuclear micro-reactors" [Moderador de hidruro de alta temperatura que permite núcleos compactos y de mayor densidad de potencia en microrreactores nucleares], así como en la solicitud de patente U.S. n.º 14/773.405, titulada "Mobile heat pipe cooled fast reactor system" [Sistema de reactor rápido móvil enfriado por tuberías de calor], publicada como la solicitud publicada de patente U.S. n.º 2016/0027536.

La solicitud publicada de patente U.S. n.º 2015/0357056 A1 da a conocer un sistema energético de reactor con un núcleo de reactor y un sistema de control que incluye uno o más reflectores rotatorios o tambores de control formados de un material reflector primario y un reflector secundario dispuesto sobre una superficie seleccionada. El flujo de neutrones reflejado se refleja mediante rotación del reflector con respecto al núcleo del reactor.

Con el fin de garantizar el tamaño compacto del reactor, se requiere la utilización de un reflector de neutrones eficaz. El material del reflector y dimensiones del impacto tienen un impacto en la cantidad de combustible, y en el tamaño del núcleo, masa y potencia térmica del microrreactor. El reflector de neutrones también contribuye a la protección frente a los neutrones. De esta manera, la selección del diseño del reactor es una parte vital del desarrollo del diseño de un microrreactor.

Las técnicas de fabricación actuales de reflectores a base de berilio imponen límites significativos en el tamaño máximo de los componentes de óxido de berilio. Actualmente, deben ensamblarse cientos de piezas del reflector y mantenerse fijos con materiales que no poseen propiedades neutrónicas favorables, lo que, además de requerir mucha mano de obra, tiene un impacto negativo sobre el rendimiento global del reflector de neutrones.

Además de los reflectores a base de berilio, se conocen y utilizan ampliamente reflectores de grafito. Sin embargo, los reflectores de grafito son neutrónicamente menos eficientes que los reflectores a base de berilio y no pueden satisfacer los requisitos de tamaño, masa y salida de potencial del microrreactor que imponen algunas aplicaciones.

Además, al considerar el material del reflector de neutrones y la selección del diseño, el rendimiento termomecánico es otro aspecto que requiere consideración. Existe un gradiente de temperatura significativo en el reflector radial en la

dirección radial desde el borde interno del reflector, donde está ubicado el núcleo del reactor, hasta el borde exterior del reflector. Por lo tanto, debe considerarse la tensión inducida por la temperatura y minimizarse en el diseño y la selección de los materiales.

5 Diversos aspectos de la presente exposición proporcionan diseños mejorados del reflector para mejorar la eficiencia del reactor.

Descripción resumida

10 En diversas realizaciones, se da a conocer un reactor nuclear que incluye un núcleo del reactor y un conjunto de reflectores que circunda al núcleo del reactor. El conjunto de reflectores incluye un componente reflector estacionario que incluye una estructura de soporte de grafito que comprende una pluralidad de canales definidos en la misma y una pluralidad de pines de óxido de berilio ubicados en los canales.

15 En diversas realizaciones, se da a conocer un conjunto de reflectores utilizable con un reactor nuclear. El reactor nuclear incluye un núcleo del reactor. El conjunto de reflectores está configurado para circundar al núcleo del reactor. El conjunto de reflectores incluye una estructura de soporte de grafito que comprende una pluralidad de canales definidos en la misma y una pluralidad de inclusiones de óxido de berilio ubicadas en los canales.

20 En diversas realizaciones, se da a conocer un reactor nuclear que incluye un núcleo del reactor y un conjunto de reflectores que circunda al núcleo del reactor. El conjunto de reflectores incluye una parte de reflector estacionaria y una parte de reflector móvil. La parte de reflector estacionaria incluye una estructura de soporte de grafito que comprende una pluralidad de canales definidos en la misma y una pluralidad de insertos de óxido de berilio ubicados en los canales. La parte de reflector móvil incluye una pluralidad de tambores de control girables respecto a la parte de reflector estacionaria.

Breve descripción de los dibujos

30 Pueden entenderse diversas características de las realizaciones descritas en la presente memoria, junto con ventajas de la misma, de acuerdo con la descripción siguiente considerada junto con los dibujos adjuntos, de la manera siguiente:

La FIG. 1 ilustra un microrreactor con un conjunto de reflectores de neutrones mejorado, según por lo menos un aspecto de la presente exposición.

35 La FIG. 2 ilustra una perspectiva ampliada del microrreactor de la FIG. 1, según por lo menos un aspecto de la presente exposición.

Los caracteres de referencia iguales indican partes iguales en todas las varias vistas. Los ejemplos expuestos en la presente memoria ilustran diversas realizaciones de la invención, en una forma, y tales ejemplos no deben interpretarse como limitativos del alcance de la invención de cualquier manera.

Descripción detallada

45 Se exponen numerosos datos específicos para proporcionar una comprensión completa de la estructura global, función, fabricación y utilización de las realizaciones descritas en la especificación e ilustradas en los dibujos adjuntos. Las operaciones, componentes y elementos bien conocidos no se han descrito en detalle, a fin de no dificultar la comprensión de las realizaciones descritas en la especificación. El lector entender que las realizaciones descritas e ilustradas en la presente memoria son ejemplos no limitativos, y de esta manera puede apreciarse que los detalles estructurales y funcionales específicos dados a conocer en la presente memoria pueden ser representativos e ilustrativos. Pueden llevarse a cabo variaciones y cambios en la misma sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

A continuación, en referencia a las FIGS. 1 y 2, se proporciona un microrreactor 100, según por lo menos un aspecto de la presente exposición. El microrreactor 100 puede incluir un núcleo 102 de reactor que puede alojar combustible, canales moderadores, tuberías térmicas y canales de control de la reactividad (barras de apagado). En diversas realizaciones, el núcleo 102 del reactor puede ser similar a los núcleos de reactor descritos en la publicación de solicitud provisional de patente U.S. n.º 62/984,591 y en la solicitud de patente U.S. n.º 14/773.405. En diversas realizaciones, el núcleo 102 de reactor puede incluir una carcasa de núcleo de reactor, o cubierta 104, que puede alojar el combustible, la pluralidad de tuberías de calor, la pluralidad de canales moderadores y la pluralidad de canales de control de la reactividad en el núcleo 102 del reactor. El combustible puede encapsularse en el núcleo 102, mientras que las tuberías de calor, canales moderadores y canales de control de la reactividad pueden extenderse en el exterior del núcleo 102 a un lado secundario del microrreactor 100 a fin de permitir la extracción del calor generado por el combustible.

65 En diversas realizaciones, el microrreactor 100 puede incluir un conjunto 150 de reflectores de neutrones mejorado

que circunda al núcleo 102 del reactor. En referencia particularmente a la FIG. 2, el conjunto 150 de reflectores puede incluir tanto un componente 152 de reflector estacionario como un componente 154 de reflector móvil.

En un aspecto, todavía en referencia a la FIG. 2, el componente 152 de reflector estacionario puede incluir una estructura 156 de soporte de grafito que puede incluir una pluralidad de canales 158 definidos en la misma. En diversas realizaciones, la estructura 156 de soporte de grafito puede ser de construcción unitaria. En diversas otras realizaciones, la estructura 156 de soporte de grafito puede ensamblarse a partir de una pluralidad de componentes de estructura de soporte de grafito más pequeños que se conectan entre sí para formar la estructura 156 de soporte de grafito. Al estar formada la estructura 156 de soporte de grafito por una pluralidad de componentes de soporte de grafito más pequeños, puede ayudar en el procedimiento de fabricación y puede utilizarse para proporcionar el espaciado para los demás componentes dentro del componente 152 de reflector estacionario, tal como el componente 154 de reflector móvil, tal como se describirá en mayor detalle posteriormente. En diversas realizaciones, la estructura 156 de soporte de grafito puede estar formada de una pluralidad de componentes de soporte de grafito más pequeños, de manera que los componentes individuales están situados para proporcionar una reflexión neutrónica continua. En una realización de ejemplo, la pluralidad de componentes de soporte de grafito más pequeños pueden situarse tanto en la dirección radial como axial respecto al núcleo 102 del reactor, de manera que proporcionen una reflexión neutrónica continua. Además, ensamblar la estructura 156 de soporte de grafito a partir de una pluralidad de componentes de estructura de soporte de grafito más pequeños permite dejar huecos solapantes entre los componentes individuales. Estos huecos entre los componentes de soporte de grafito más pequeños pueden seleccionarse para proporcionar una reflexión neutrónica continua en el caso de expansión térmica diferencial entre el núcleo 102 y el conjunto 150 de reflector, así como la transferencia de carga mecánica de soporte y la eliminación de calor. En diversas realizaciones, la estructura 156 de soporte de grafito puede incluir un grosor radial comprendido en el intervalo de entre aproximadamente 0,3 metros y aproximadamente 1,0 metros. Se encuentran contempladas otras realizaciones en las que el grosor radial de la estructura 156 de soporte de grafito puede ser mayor de 1,0 metros o menor de 0,3 metros.

En un aspecto, el conjunto 150 de reflectores puede incluir, además, una pluralidad de inclusiones, pines o insertos 160 de óxido de berilio, que pueden ubicarse extraíblemente en los canales 158 definidos por la estructura 156 de soporte de grafito. En un aspecto, puede utilizarse cualquier tipo de inclusión basada en berilio o en óxido de berilio. En diversas realizaciones, la estructura 156 de soporte de grafito puede actuar como una estructura de soporte para soportar las inclusiones 160 de óxido de berilio, tal como en los canales 158, soportando además la reflexión neutrónica desde el núcleo 102 del reactor y proporcionando transferencia de carga mecánica y térmica.

Tal como se ha indicado anteriormente, el microrreactor 100 puede incluir, además, un componente 154 de reflector móvil. En diversas realizaciones, el componente 154 de reflector móvil puede comprender una pluralidad de tambores 106 de control que pueden ubicarse girablemente dentro del componente 152 de reflector estacionario. En un aspecto, los tambores 106 de control pueden incluir una sección 110 absorbidora de neutrones y una sección 108 reflectora de neutrones. En diversas realizaciones, cada uno de los tambores 106 de control puede ser girable respecto al componente 152 de reflector estacionario entre una posición reflectante de neutrones y una posición absorbente de neutrones. En la posición reflectante de neutrones, las secciones 108 de reflector de neutrones de los tambores 106 de control pueden estar enfrentadas al núcleo 102 del reactor, incrementando de esta manera la reactividad del núcleo 102 del reactor. En la posición absorbente de neutrones, las secciones 110 absorbentes de neutrones pueden estar enfrentadas al núcleo 102 del reactor, limitando o deteniendo la reactividad dentro del núcleo 102 del reactor. En diversas realizaciones, las secciones 108 de reflector de neutrones pueden comprender óxido de berilio. En una realización de ejemplo, las secciones 108 de reflector de neutrones pueden fabricarse en grafito e incluir canales definidos en las mismas, similares a la estructura 156 de soporte de grafito. En dicha realización, puede incluirse óxido de berilio en los canales definidos en los tambores de control de grafito. En diversas otras realizaciones, las secciones 108 de reflector de neutrones de los tambores 106 de control pueden fabricarse sustancialmente, si no enteramente, de óxido de berilio.

En un aspecto, los tambores 106 de control pueden ser el único componente móvil dentro del núcleo 102 del reactor. En una realización, la totalidad de los tambores 106 de control pueden girar juntos de maneja que la totalidad de los tambores 106 de control se encuentren en la posición de reflexión de neutrones o en la posición de absorción de neutrones. En otras realizaciones, los tambores 106 de control pueden ser independientemente girables unos respecto a otros. En otras realizaciones, los tambores 106 de control pueden rotarse hasta una posición parcialmente rotada en la que una parte de tanto la sección 110 absorbente de neutrones como la sección 108 de reflector de neutrones están por lo menos parcialmente enfrentadas al núcleo del reactor, permitiendo de esta manera un nivel intermedio de reactividad dentro del núcleo 102 del reactor. En otra realización, los tambores 106 de control pueden rotar automáticamente entre la posición reflectante de neutrones y la posición absorbente de neutrones, dependiendo de diversos factores, tales como la temperatura dentro del núcleo 102 del reactor. En un aspecto, cuando la temperatura dentro del núcleo 102 del reactor alcanza o excede una temperatura umbral, los tambores 106 de control pueden rotar automáticamente hasta la posición absorbente de neutrones. En otro aspecto, cuando la temperatura dentro del núcleo 102 del reactor cae por debajo de una temperatura umbral, los tambores 106 de control pueden rotar automáticamente hasta la posición reflectante de neutrones. Se encuentran contempladas otras diversas realizaciones en las que los tambores 106 de control pueden rotar entre la posición absorbente de neutrones y la posición reflectante de neutrones basándose en otros parámetros medidos dentro del reactor. A modo de un ejemplo, los tambores 106 de control

pueden ser girables entre la posición absorbente de neutrones y la posición reflectante de neutrones basándose en el flujo de neutrones medidos dentro del microrreactor 100.

En diversas realizaciones, el núcleo 102 del reactor y el conjunto mejorado 150 de reflectores de neutrones pueden alojarse dentro de un contenedor estructural 112, un vaso 122 absorbente de neutrones y un escudo 114 de neutrones de carburo de boro o gamma. Además, puede proporcionarse un hueco 116 de aire entre el vaso 122 absorbente de neutrones y el escudo 114 de carburo de boro para el enfriamiento del escudo y el apantallamiento de rayos gamma. La totalidad de dichos componentes puede situarse dentro de un recipiente estructural externo 120. En otras diversas realizaciones, el núcleo 102 del reactor y el conjunto mejorado 150 de reflectores de neutrones también podría alojarse en las carcasas descritas en la publicación de solicitud provisional de patente U.S. n.º 62/984.591, así como en la solicitud de patente U.S. n.º 14/773.405. En diversas realizaciones, la carcasa 104 de núcleo de reactor puede comprender, además, óxido de berilio.

En un aspecto, los canales 158 definidos en la estructura 156 de soporte de grafito puede dimensionarse y situarse de manera que puede conseguirse un buen rendimiento de neutrones del conjunto 150 de reflectores con las inclusiones 160 de óxido de berilio. En diversas realizaciones, la selección del diámetro y paso de los canales 158, y espaciado de los mismos respecto a canales contiguos 158, pueden modificarse para optimizar el rendimiento del conjunto 150 de reflectores. En una realización de ejemplo, los canales 158 pueden situarse en paso triangular o rectangular tan uniformemente como resulte posible en la práctica considerando tolerancias para el componente 154 de reflector móvil y partes de reflector estacionario dividido, así como una evaluación térmica del núcleo del reactor. En diversas realizaciones, el paso de los canales 158 puede estar comprendido en el intervalo de entre aproximadamente 0,013 metros y aproximadamente 0,07 metros. En diversas realizaciones, el diámetro de los canales 158 y, de esta manera, el diámetro de las inclusiones 160 de óxido de berilio puede estar comprendido en el intervalo de entre aproximadamente 0,005 metros y aproximadamente 0,05 metros. En otras realizaciones, el diámetro de las inclusiones 160 de óxido de berilio y el diámetro de los canales 158 pueden ser diferentes. En diversas realizaciones, los canales 158 definidos en la estructura 156 de soporte de grafito pueden espaciarse respecto a canales contiguos 158 por una distancia comprendida en el intervalo de entre 0,001 metros y aproximadamente 0,06 metros. En un aspecto, el espaciado de los canales 158 puede definirse como el espacio entre un borde externo de un canal 158 respecto a un borde externo de un canal contiguo 158. En diversas realizaciones, los parámetros anteriormente comentados (diámetro, paso y espaciado de canales) en la estructura 156 de soporte de grafito puede variar de canal a canal.

Aunque la eficiencia de reflexión de los neutrones del concepto anteriormente descrito es inferior a un rendimiento de reflector estrictamente de óxido de berilio, la diferencia no es sustancialmente significativa, ni afecta a la salida de potencia del microrreactor requerida. Sin embargo, el concepto anteriormente descrito mejora el rendimiento termomecánico del reflector, además de proporcionar procedimientos simplificados de fabricación y ensamblaje. Además, se espera una reducción de masa del reflector globalmente pequeña para este concepto al considerar la diferencia de densidad entre el grafito y el óxido de berilio. El concepto de reflector anteriormente descrito también resultará en una reducción del coste como consecuencia de la forma simplificada del óxido de berilio, así como en una potencial reducción del número de componentes de óxido de berilio. Entre las ventajas de dicho concepto se incluyen, aunque sin limitarse a ellas, la capacidad de mantener dimensiones relativamente pequeñas del reflector de neutrones mismos, la capacidad de mantener una cantidad relativamente pequeña de combustible para proporcionar la potencia térmica requerida, la fabricabilidad y ensamblaje mejorados del reflector, y el rendimiento termomecánico mejorado, y un coste reducido del reflector. Por lo tanto, la combinación de materiales (grafito y óxido de berilio) permite una buena reflexión de los neutrones, un rendimiento termomecánico aceptable y una viabilidad de la fabricación y ensamblaje que resultarían muy beneficiosos.

A menos que se indique específicamente lo contrario, tal como resultará evidente a partir de la exposición anterior, se aprecia que, durante toda la exposición anterior, los comentarios que utilizan términos tales como "procesamiento", "computación", "cálculo", "determinación", "visualización" o similares, se refieren a la acción y procedimientos de un sistema informático, o dispositivo de computación electrónico similar, que manipula y transforma los datos representados como cantidades físicas (electrónicas) dentro de los registros y memorias del sistema informático en otros datos representados de manera similar como cantidades físicas dentro de las memorias o registros del sistema informático u otros dispositivos de almacenamiento de la información, transmisión o visualización similares.

Puede hacerse referencia en la presente memoria a uno o más componentes como "configurados para", "configurables para", "operables/operativos para", "adaptados/adaptables", "capaces", "conformables/conformados para", etc. El experto en la materia reconocerá que "configurado para" puede comprender de manera general componentes de estado activo y/o componentes de estado inactivo y/o componentes en estado de espera, a menos que el contexto indique lo contrario.

El experto en la materia reconocerá que, en general, los términos utilizados en la presente memoria, y especialmente en las reivindicaciones adjuntas (p. ej., cuerpos de las reivindicaciones adjuntas) generalmente pretenden ser términos "abiertos" (p. ej., el término "incluyendo" debe interpretarse como "incluyendo, aunque sin limitación"; la expresión "que presenta" debe interpretarse como "que presenta por lo menos"; el término "incluye" debe interpretarse como "incluye, aunque sin limitación", etc.). El experto en la materia entenderá, además, que si se pretende un número

específico de un enunciado de reivindicación introducido, tal intención se indicará explícitamente en la reivindicación, y en ausencia de tal enunciado, no estará presente tal intención. Por ejemplo, como ayuda a la comprensión, las reivindicaciones adjuntas siguientes pueden contener el uso de las expresiones introductorias "por lo menos uno" y "uno o más" para introducir enunciados de reivindicación. Sin embargo, la utilización de dichas expresiones no debe interpretarse que implica que la introducción de un enunciado de reivindicación mediante los artículos indefinidos "un" o "una" limite cualquier reivindicación particular que contenga tal enunciado de reivindicación introducido a reivindicaciones que contienen únicamente uno de tales enunciados, incluso cuando la misma reivindicación incluye las expresiones introductorias "uno o más" o "por lo menos uno", y artículos indefinidos tales como "un" o "una" (p. ej., "un" y/o "una" deben interpretarse habitualmente que significan "por lo menos uno" o "uno o más"); lo mismo es cierto para la utilización de artículos determinados que se utilicen para introducir enunciados de reivindicación.

Además, aunque se enuncie explícitamente un número específico de un enunciado de reivindicación introducido, el experto en la materia reconocerá que tal enunciado debe interpretarse normalmente que significa por lo menos el número enunciado (p. ej., el enunciado desnudo de "dos enunciados", sin otros modificadores, normalmente significa por lo menos dos enunciados, o dos o más enunciados). Además, en aquellos casos en que se utilice una convención análoga a "por lo menos uno de A, B y C, etc.", en general tal construcción pretende presentar el sentido en que entendería la convención el experto en la materia (p. ej., "un sistema que presenta por lo menos uno de A, B y C" incluiría, aunque sin limitación, sistemas que presentan solo A, solo B, solo C, A y B juntos, A y C juntos, B y C juntos, y/o A, B y C juntos, etc.). En aquellos casos en que se utilice una convención análoga a "por lo menos uno de A, B y C, etc.", en general tal construcción se pretende en el sentido en que entendería la convención el experto en la materia (p. ej., "un sistema que presenta por lo menos uno de A, B o C" incluiría, aunque sin limitación, sistemas que presentan solo A, solo B, solo C, A y B juntos, A y C juntos, B y C juntos, y/o A, B y C juntos, etc.). El experto en la materia entenderá adicionalmente que normalmente un término y/o expresión disyuntivo que presenta dos o más formas alternativas, ya sea en la descripción, reivindicaciones o dibujos, contempla las posibilidades de incluir uno de los términos, cualquiera de los términos, o ambos términos, a menos que el contexto indique lo contrario. Por ejemplo, la expresión "A o B" normalmente se entenderá que incluye las posibilidades "A" o "B" o "A y B".

Con respecto a las reivindicaciones adjuntas, el experto en la materia apreciará que las operaciones enunciadas en la presente memoria generalmente pueden llevarse a cabo en cualquier orden. Además, aunque se presentan diversos diagramas de flujo operativo en una o más secuencias, debe entenderse que las diversas operaciones pueden llevarse a cabo en otros órdenes que los ilustrados, o pueden llevarse a cabo concurrentemente. Entre los ejemplos de tales ordenaciones alternativas pueden incluirse ordenaciones solapadas, intercaladas, interrumpidas, reordenadas, crecientes, preparatorias, suplementarias, simultáneas, inversas u otras variantes, a menos que el contexto indique claramente otra cosa. Además, expresiones como "que responde a", "relacionado con" u otros adjetivos en tiempo pasado generalmente no se pretende que excluyan tales variantes, a menos que el contexto indique otra cosa.

Cabe destacar que cualquier referencia a "un aspecto", "un ejemplo" y similares, se refieren a que un elemento, estructura o característica particular descrito en relación con el aspecto está incluido en por lo menos un aspecto. De esta manera, las apariciones de las expresiones "en un aspecto" y "en un ejemplo" en diversos sitios a lo largo de la especificación no se refieren necesariamente todas ellas al mismo aspecto. Además, los elementos, estructuras o características particulares pueden agruparse de cualquier manera adecuada en uno o más aspectos.

Los términos "comprende" (y cualquier forma de comprende, tal como "comprenden" y "comprendiendo"), "presenta" (y cualquier forma de presenta, tal como "presentan" y "presentando"), "incluye" (y cualquier forma de incluye, tal como "incluyen" e "incluyendo") y "contiene" (y cualquier forma de contiene, tal como "contienen" y "conteniendo") son verbos de enlace de sentido abierto. En consecuencia, un sistema que "comprende", "presenta", "incluye" o "contiene" uno o más elementos posee esos uno o más elementos, aunque no está limitado a poseer solo esos uno o más elementos. De manera similar, un elemento de un sistema, dispositivo o aparato que "comprende", "presenta", "incluye" o "contiene" uno o más elementos, posee esos uno o más elementos, aunque no está limitado a poseer solo esos uno o más elementos.

El término "sustancialmente" o "aproximadamente" tal como se utiliza en la presente exposición, a menos que se especifique otra cosa, se refiere a un error aceptable para un valor particular tal como determinará un experto habitual en la materia, que depende en parte de cómo se mide o se determinar el valor. En determinadas realizaciones, el término "sustancialmente", o "aproximadamente" significa dentro de 1, 2, 3 o 4 desviaciones estándar. En determinadas realizaciones, el término "sustancialmente" o "aproximadamente" significa dentro de 50 %, 20 %, 15 %, 10 %, 9 %, 8 %, 7 %, 6 %, 5 %, 4 %, 3 %, 2 %, 1 %, 0,5 % o 0,05 % de un valor o intervalo dado.

En resumen, se han descrito numerosas ventajas que resultan de utilizar los conceptos descritos en la presente memoria. La descripción anteriormente proporcionada de una o más formas se ha presentado con fines ilustrativos y descriptivos. No pretende ser exhaustiva o limitativa de la forma precisa dada a conocer. Son posibles modificaciones o variaciones a la luz de las enseñanzas anteriores. La forma o formas se seleccionaron y describieron con el fin de ilustrar principios y la aplicación práctica, para permitir de esta manera que el experto habitual en la materia utilice las diversas formas y con diversas modificaciones según resulten adecuadas al uso particular contemplado. Se pretende que las reivindicaciones presentadas en la presente memoria sean definitorias del alcance global.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Conjunto (150) de reflectores utilizable con un reactor nuclear (100) que comprende un núcleo (102) de reactor, en el que el conjunto (150) de reflectores está configurado para circundar el núcleo (102) del reactor, caracterizado porque el conjunto (150) de reflectores comprende:

una estructura (156) de soporte de grafito que comprende una pluralidad de canales (158) definidos en la misma, y una pluralidad de inclusiones (160) de óxido de berilio ubicadas en los canales.
- 10 2. Conjunto de reflectores según la reivindicación 1, que comprende, además, una pluralidad de tambores (160) de control girables respecto a la estructura (156) de soporte de grafito.
- 15 3. Conjunto de reflectores según la reivindicación 2, en el que cada uno de los tambores (106) de control comprende una parte reflectante (108) y una parte absorbente (110), y en el que la parte reflectante comprende óxido de berilio.
4. Conjunto de reflectores según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la estructura (156) de soporte de grafito comprende un grosor radial de entre aproximadamente 0,3 metros y aproximadamente 1,0 metro.
- 20 5. Conjunto de reflectores según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que cada uno de la pluralidad de canales (158) comprende un diámetro, y en el que el diámetro es de entre aproximadamente 0,005 metros y aproximadamente 0,05 metros.
- 25 6. Conjunto de reflectores según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que cada uno de la pluralidad de canales (158) comprende un paso, y en el que el paso es de entre aproximadamente 0,013 metros y aproximadamente 0,07 metros.
- 30 7. Conjunto de reflectores según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que cada uno de la pluralidad de canales (158) está espaciado respecto a los demás entre aproximadamente 0,001 metros y aproximadamente 0,06 metros.
- 35 8. Conjunto de reflectores según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la estructura (156) de soporte de grafito comprende una pluralidad de estructuras de soporte de grafito situadas para proporcionar una reflexión neutrónica continua.
- 40 9. Reactor nuclear, que comprende:

un núcleo (102) de reactor, y
el conjunto (150) de reflectores según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que circunda al núcleo (102) de reactor.
- 45 10. Reactor nuclear según la reivindicación 9, que comprende, además, una carcasa (104) de núcleo de reactor, en el que el núcleo (102) de reactor está situado dentro de la carcasa (104) del núcleo del reactor, y en el que la carcasa (104) del núcleo del reactor comprende óxido de berilio.

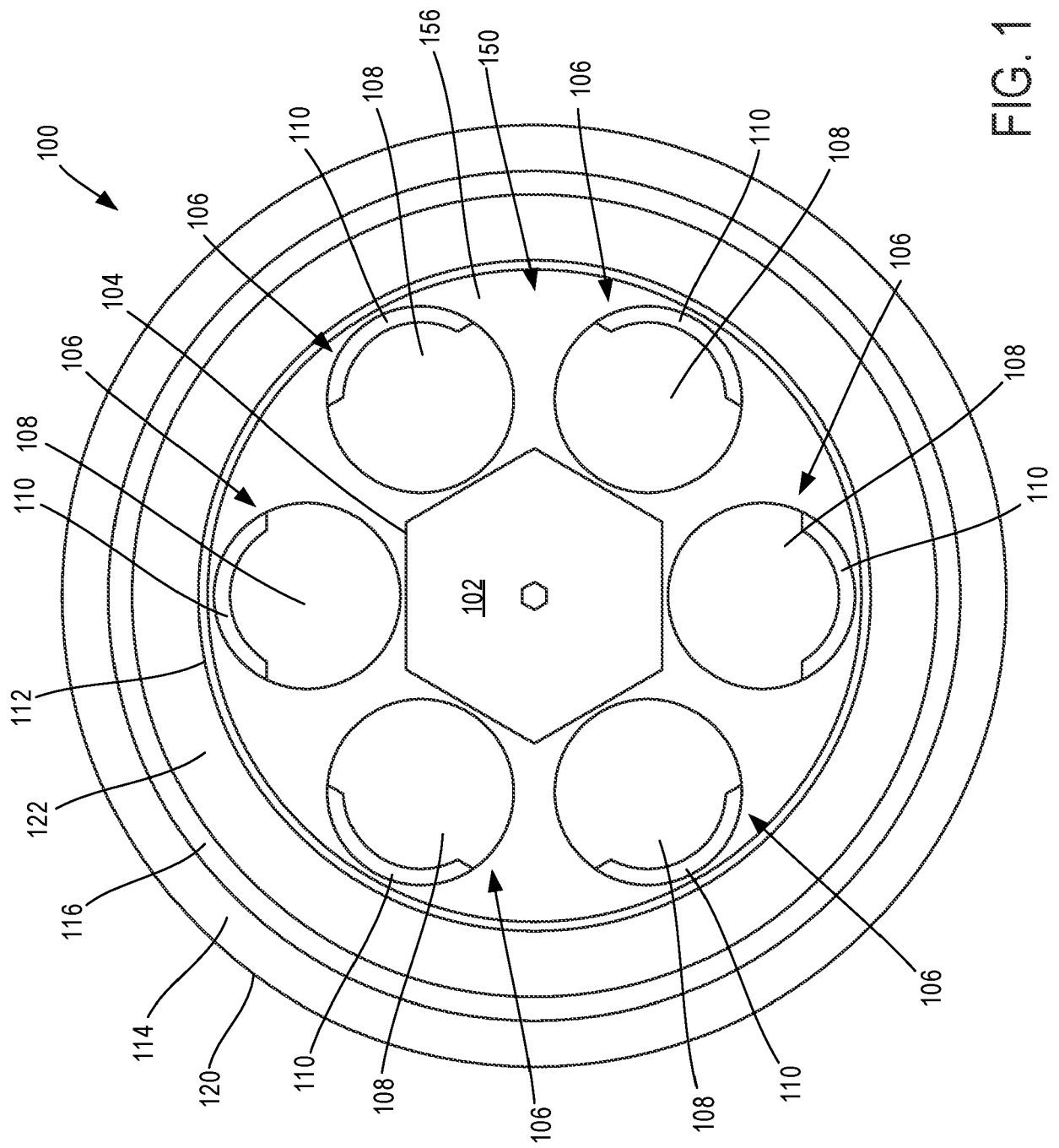


FIG. 1

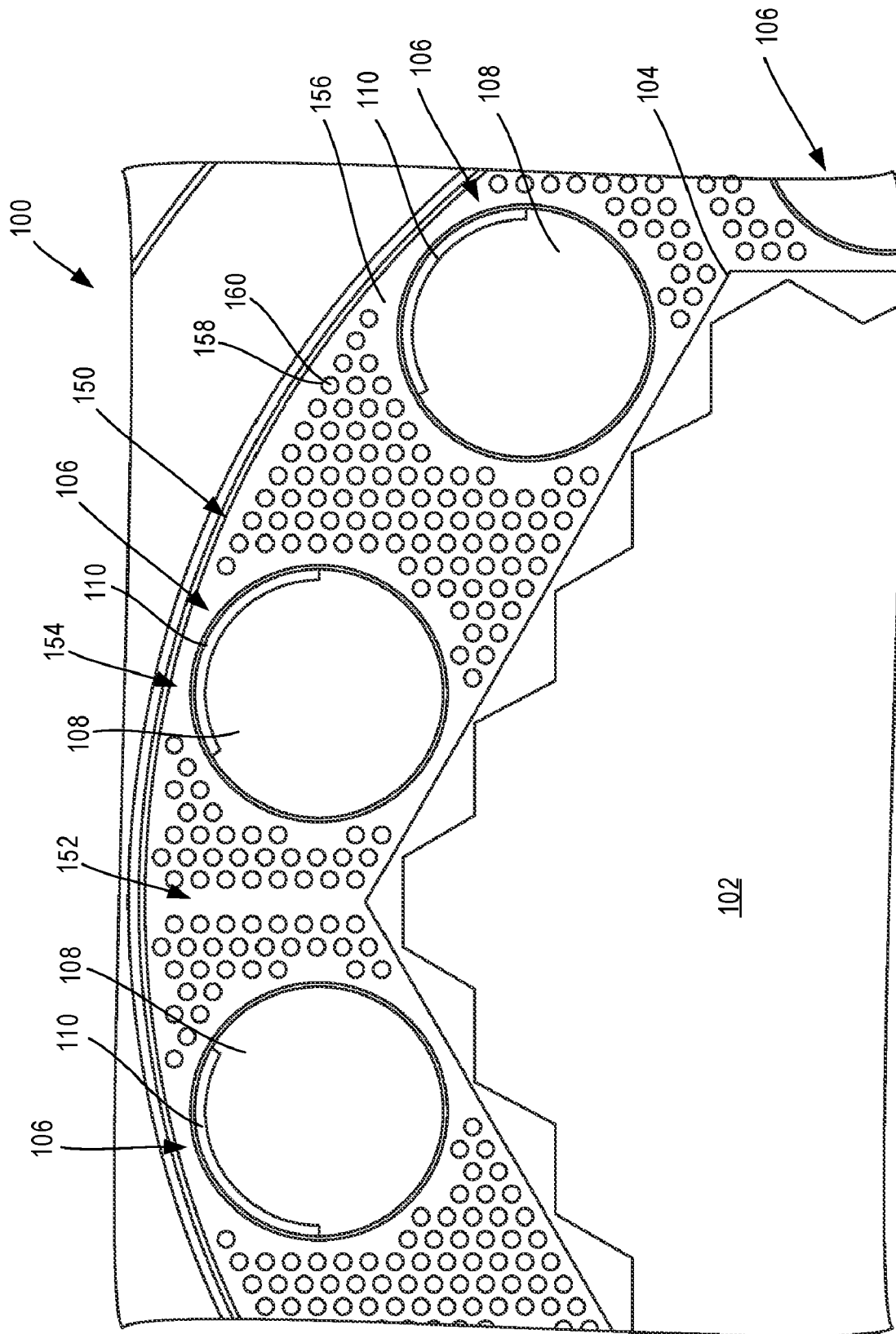


FIG. 2