

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 158**

51 Int. Cl.:

C02F 1/32 (2013.01)

C02F 101/30 (2006.01)

C02F 103/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.07.2020** **PCT/GB2020/051852**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.02.2021** **WO21019256**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2020** **E 20751650 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2024** **EP 4007739**

54 Título: **Aparato de lámpara ultravioleta antivibraciones de un solo extremo**

30 Prioridad:

01.08.2019 US 201962881673 P

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

08.11.2024

73 Titular/es:

ATG UV R&D LIMITED (100.0%)
Genesis House, Pemberton Wigan
Lancashire WN5 8AA, GB

72 Inventor/es:

FOSTER, GEORGE y
JOSHI, RICHARD

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 986 158 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

Aparato de lámpara ultravioleta antivibraciones de un solo extremo

Estado de la técnica

1. Campo de la invención

- 5 Los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria se refieren en general a lámparas ultravioleta y, en algunas realizaciones específicas, a lámparas ultravioleta adecuadas para su uso en sistemas de oxidación avanzados y a procedimientos para hacer funcionar o construir las mismas.

2. Análisis de la técnica relacionada

- 10 Los aparatos ultravioletas (UV) se utilizan ampliamente en aplicaciones de purificación de agua. La luz UV se puede utilizar para desinfectar el agua al destruir bacterias dañinas en dichas aplicaciones como de agua potable y acuáticas. Cuando se utiliza luz UV para la desinfección, la longitud de onda típica empleada es de 254 nm. La luz UV también se puede utilizar para generar radicales libres que pueden utilizarse para destruir compuestos orgánicos en soluciones acuosas. Cuando se utiliza para destruir compuestos orgánicos, típicamente se utiliza una longitud de onda de 185 nm.

- 15 Un aparato UV normalmente comprende una carcasa, un tubo de cuarzo y una lámpara UV que encaja dentro del tubo de cuarzo. El tubo de cuarzo separa el líquido a tratar de la lámpara UV. La lámpara UV tiene conexiones eléctricas que están conectadas a una fuente de alimentación. A medida que un líquido pasa a través de la carcasa, se irradia con luz ultravioleta para destruir fotoquímicamente bacterias y/o compuestos orgánicos.

La patente US5505912 se refiere a un sistema de enfriamiento para un reactor que tiene lámparas UV, cuya radiación trata el fluido.

- 20 El documento WO2014/029632 se refiere a una estructura cerrada para un tubo de descarga que tiene una tapa con las conexiones eléctricas en ambos extremos.

El documento DE19838007 enseña un dispositivo para esterilizar agua que comprende una lámpara UV.

Compendio

- 25 Según un aspecto de la invención, se proporciona un sistema de tratamiento de agua, como se define en la reivindicación 1.

En algunas realizaciones, el reactor de radiación actínica es un reactor de proceso de oxidación avanzada ultravioleta.

Según otro aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de tratamiento de agua, como se define en la reivindicación 7.

En algunas realizaciones, los elementos termoconductores comprenden resortes metálicos.

- 30 En algunas realizaciones, porciones de las superficies periféricas externas de la tapa del primer extremo y de la tapa del segundo extremo están contorneadas para amoldarse a una superficie interna del tubo de cuarzo.

En algunas realizaciones, las ranuras son perpendiculares a las muescas.

En algunas realizaciones, los resortes metálicos retienen el conductor eléctrico dentro de las ranuras.

- 35 En algunas realizaciones, en funcionamiento, el tubo de la lámpara presenta un perfil de temperatura simétrico desde la primera pinza hasta la segunda pinza.

- Según otro aspecto no reivindicado, se proporciona un procedimiento para modernizar un reactor de radiación actínica. El procedimiento comprende sustituir por lo menos una lámpara ultravioleta (UV) dentro del reactor de radiación actínica por una lámpara de sustitución. La lámpara de sustitución incluye un tubo de la lámpara que incluye un gas que emite luz ultravioleta en respuesta a una excitación eléctrica, una primera pinza que se extiende desde un primer extremo del tubo de la lámpara y una segunda pinza que se extiende desde un segundo extremo del tubo de la lámpara, y una tapa del primer extremo acoplada a la primera pinza y una tapa del segundo extremo acoplada a la segunda pinza, la tapa del primer extremo y la tapa del segundo extremo dimensionadas para centrar el tubo de la lámpara coaxialmente dentro de un tubo de cuarzo en el reactor de radiación actínica.
- 40

Descripción de las figuras

- 45 Los dibujos adjuntos no están destinados a ser dibujados a escala. En los dibujos, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en diversas figuras está representado por un número similar. Con el propósito de claridad, no todos los componentes pueden estar etiquetados en todos los dibujos. En los dibujos:

la figura 1 es un dibujo esquemático que ilustra un recipiente de reactor de radiación actínica según una o más realizaciones;

la figura 2A es un dibujo esquemático que ilustra una porción del interior del recipiente de la figura 1 según una o más realizaciones;

- 5 la figura 2B es un dibujo esquemático que ilustra otra porción del interior del recipiente de la figura 1 según una o más realizaciones;

la figura 3 ilustra una realización de un sistema que incluye un recipiente reactor de radiación actínica y una fuente de un precursor de radicales libres en comunicación con una fuente de agua que se va a tratar antes del recipiente reactor de radiación actínica;

- 10 la figura 4 ilustra un sistema de control que puede utilizarse para realizaciones de sistemas de tratamiento de agua descritos en la presente memoria;

la figura 5 ilustra un sistema de memoria para el sistema de control de la figura 4;

la figura 6 ilustra un ejemplo de un conjunto de lámpara ultravioleta (UV);

la figura 7 ilustra el conjunto de lámpara ultravioleta de la figura 6 dispuesto dentro de un tubo de cuarzo;

- 15 la figura 8 ilustra una configuración experimental para ensayos de vibración de lámparas UV; las figuras 9A-9C ilustran los resultados de los ensayos de vibración de una lámpara UV estándar;

Las figuras 10-10C ilustran los resultados de los ensayos de vibración de una lámpara UV como se ilustra en la figura 6;

La figura 11A ilustra una configuración de montaje de una lámpara UV estándar en un tubo de cuarzo;

- 20 La figura 11B ilustra las temperaturas de funcionamiento de las porciones de pinza de la lámpara UV estándar montada como se ilustra en la figura 11A;

La figura 12A ilustra otra configuración de montaje de una lámpara UV estándar en un tubo de cuarzo;

La figura 12B ilustra las temperaturas de funcionamiento de las porciones de pinza de la lámpara UV estándar montada como se ilustra en la figura 12A;

- 25 La figura 13 ilustra las temperaturas de funcionamiento de porciones de pinza de una lámpara UV montada como se ilustra en la figura 7;

la figura 14A ilustra los resultados del análisis de elementos finitos de las distribuciones de temperatura y tensión dentro de una lámpara UV estándar; y

- 30 la figura 14B ilustra los resultados del análisis de elementos finitos de las distribuciones de temperatura y tensión dentro de una lámpara UV como se ilustra en la figura 6.

Descripción detallada

Los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria no se limitan a los detalles de construcción y la disposición de los componentes expuestos en la descripción siguiente o ilustrados en los dibujos. Los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria pueden ponerse en práctica o llevarse a cabo de diversas maneras. Además, la fraseología y la terminología que se utilizan en la presente memoria son para fines de descripción y no deben considerarse limitantes. El uso de "que incluye", "comprende", "tiene", "contiene", "implica" y variaciones de los mismos en la presente memoria pretende englobar los elementos enumerados después y los equivalentes de los mismos, así como elementos adicionales.

- 40 Los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria se relacionan en general con sistemas de lámparas ultravioleta (UV) y con mejoras diseñadas para prolongar la vida útil y prevenir fallos prematuros de los sistemas de lámparas UV.

Los sistemas de lámparas UV convencionales son problemáticos a causa de un riesgo inaceptablemente alto de descarga eléctrica, quemaduras y exposición a la radiación UV-C inherente al diseño de dichos sistemas. Retirar una lámpara UV mientras está activada expone al operador a la radiación de luz UV, calor extremo y posible descarga eléctrica.

- 45 Las soluciones convencionales al problema no eliminan por completo los riesgos inherentes. Uno de dichos sistemas utiliza un gran cerramiento eléctrico con un puerto de acceso. Este sistema no mitiga completamente los riesgos porque el puerto de acceso podría dejarse abierto por descuido. Otro sistema utiliza un conmutador mecánico con disparo para desactivar la lámpara tras retirarla. Este sistema tampoco logra mitigar completamente los riesgos porque el conmutador puede fallar.

Los aspectos y realizaciones de las lámparas UV o los sistemas de lámparas UV divulgados en la presente memoria pueden incluir una o más características que aumentan la fiabilidad y la vida útil de las lámparas UV o los sistemas de lámparas UV en comparación con las lámparas UV o los sistemas de lámparas UV conocidos previamente. En algunas realizaciones, el flujo de calor desde una lámpara UV hacia un entorno externo puede mejorarse (aumentarse) en comparación con las lámparas UV conocidas previamente. Las temperaturas de funcionamiento de las realizaciones de lámparas UV divulgadas en la presente memoria pueden ser más bajas y/o más uniformes y simétricas en todas las lámparas que en las lámparas UV conocidas previamente. Las realizaciones de lámparas UV divulgadas en la presente memoria pueden ser más resistentes a daños a causa de vibraciones que las lámparas UV conocidas previamente.

Los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria pueden estar dirigidos a sistemas para tratar aguas residuales contaminadas. Los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria pueden estar dirigidos a sistemas que utilizan tratamiento con radiación ultravioleta para reducir el contenido de carbono orgánico total (COT) del agua a tratar. Los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria pueden estar dirigidos a sistemas para purificar agua hasta un grado que sea adecuada para su uso como agua potable, agua de irrigación o como agua desionizada en laboratorios o en plantas de fabricación de semiconductores. El agua a tratar en aspectos y realizaciones de los sistemas divulgados en la presente memoria puede ser una o más de las siguientes: aguas residuales industriales o municipales, aguas subterráneas o agua de retorno de operaciones de lavado de laboratorio u operaciones de fabricación de semiconductores.

Uno o más aspectos divulgados en la presente memoria se refieren a un sistema para tratar aguas residuales contaminadas. En algunas realizaciones, el sistema comprende una fuente de aguas residuales contaminadas que tiene una concentración inicial de un contaminante orgánico recalcitrante, un sensor de concentración de TOC en comunicación fluida con las aguas residuales contaminadas, una fuente de un precursor para una o más especies de radicales libres conectada de forma fluida a la fuente de aguas residuales contaminadas y configurada para introducir el precursor en las aguas residuales contaminadas, un reactor UV que incluye lámparas UV como se divulga en la presente memoria conectadas de forma fluida a la fuente de aguas residuales contaminadas y configuradas para irradiar las aguas residuales contaminadas, y un controlador en comunicación con el sensor de concentración de TOC y configurado para controlar por lo menos uno de una tasa a la que se introduce el precursor en las aguas residuales contaminadas y una dosis de irradiación aplicada por las lámparas UV en función de una señal de salida del sensor de concentración de TOC. El precursor puede ser o puede incluir, por ejemplo, peróxido de hidrógeno o una especie de persulfato.

Según otro aspecto, el controlador está configurado para controlar la dosis de irradiación al controlar un tiempo de permanencia de las aguas residuales contaminadas en el reactor. Según otro aspecto más, el controlador está configurado para controlar la dosis de irradiación al controlar un caudal de aguas residuales contaminadas.

Según un aspecto adicional, el reactor UV se sitúa aguas después de la fuente de precursor. Según por lo menos un aspecto, el sensor de concentración de TOC está situado antes de la fuente de precursor. Según otro aspecto, el sensor de concentración de TOC es un primer sensor de concentración de TOC y el sistema comprende además un segundo sensor de concentración de TOC en comunicación con el controlador y situado después del reactor UV. Según determinados aspectos, el controlador está configurado para controlar por lo menos uno de la tasa a la que se introduce el precursor en las aguas residuales contaminadas y una dosis de irradiación aplicada por las lámparas UV en función de una señal de salida del segundo sensor de concentración de TOC.

Uno o más aspectos pueden dirigirse a los sistemas y técnicas de tratamiento de aguas residuales. Los sistemas y técnicas pueden utilizar un precursor de uno o más radicales libres en combinación con una fuente de luz ultravioleta (UV) para tratar aguas residuales contaminadas con un contaminante orgánico recalcitrante. Según algunas realizaciones, las aguas residuales se tratan de modo que la concentración de contaminante orgánico recalcitrante se reduce a niveles tales que las aguas residuales pueden bombearse nuevamente al suelo, es decir, el nivel de contaminante orgánico recalcitrante cae por debajo de uno o más estándares establecidos por las autoridades gobernantes. Según un aspecto adicional, la concentración de contaminante orgánico recalcitrante se reduce de modo que las aguas residuales tratadas pueden caracterizarse como agua potable. Por ejemplo, según algunas realizaciones, los procedimientos y sistemas divulgados en la presente memoria pueden tratar aguas residuales contaminadas para producir agua potable. El agua potable podrá cumplir con los estándares establecidos por los municipios. Tal como se usa en la presente memoria, el término "orgánico recalcitrante" cuando se emplea en referencia a un contaminante se refiere a compuestos orgánicos que resisten la degradación microbiana o no son fácilmente biodegradables. En determinados casos, es posible que el contaminante orgánico recalcitrante no se degrade biológicamente y los procedimientos de descontaminación tal vez no puedan eliminar suficientes sustancias para cumplir con las normas ambientales. Los ejemplos no limitantes de contaminantes orgánicos recalcitrantes incluyen 1,4-dioxano, tricloroetileno (TCE), percloroetileno (PCE), urea, isopropanol, cloroformo, atrazina, triptófano y ácido fórmico.

Según por lo menos un aspecto, algunas realizaciones implican un procedimiento para tratar aguas residuales contaminadas. Además, el proceso puede utilizarse para descontaminar aguas subterráneas contaminadas. Tal como se usa en la presente memoria, el término "agua subterránea" puede referirse al agua recuperable de fuentes subterráneas, así como al agua recuperada de masas de agua superficiales, tales como arroyos, estanques, pantanos

y otros masas de agua parecidos. Las aguas residuales o subterráneas pueden estar contaminadas con un contaminante orgánico recalcitrante, como se analiza anteriormente. Las aguas residuales pueden haberse contaminado por una cualquiera de varias fuentes, tales como procesos industriales, procesos agrícolas, tales como aplicaciones de pesticidas y herbicidas, u otros procesos, tales como procesos de desinfección que producen subproductos indeseables como los trihalometanos.

Según por lo menos una realización, los procedimientos y sistemas divulgados en la presente memoria pueden incluir proporcionar aguas residuales contaminadas con una concentración inicial de un contaminante orgánico recalcitrante. Según algunas realizaciones, los procedimientos y sistemas divulgados en la presente memoria pueden incluir la extracción o eliminación de otro modo de las aguas residuales contaminadas. Por ejemplo, las aguas residuales contaminadas pueden bombearse desde el suelo o desde otras fuentes utilizando una o más bombas u otros dispositivos de extracción como parte de un esfuerzo de descontaminación. Una vez tratadas, las aguas residuales pueden descargarse o enviarse para su posterior procesamiento. Según algunas realizaciones, las aguas residuales contaminadas se bombean o en cualquier caso se extraen hasta el nivel adecuado de la superficie, donde luego pueden tratarse según los procesos y procedimientos analizados en la presente memoria. Por ejemplo, según algunas realizaciones, los procedimientos y sistemas divulgados en la presente memoria pueden incluir la extracción de aguas residuales contaminadas de un sitio de descontaminación. En por lo menos una realización, se pueden utilizar uno o más pozos de extracción y equipos de extracción, tales como bombas, para bombear aguas residuales contaminadas a la superficie para ser tratadas. Una vez tratadas, se puede utilizar una bomba u otro sistema de distribución para reinyectar las aguas residuales o subterráneas tratadas nuevamente en el suelo o, en cualquier caso, volver a introducir las aguas residuales tratadas en el medio ambiente. En determinados casos, las aguas residuales contaminadas pueden almacenarse en un depósito o recipiente de contención antes del tratamiento y, en algunos casos, el agua tratada producida por los procesos divulgados en la presente memoria puede añadirse o de otro modo mezclarse con las aguas residuales contaminadas.

Según uno o más aspectos, las aguas residuales contaminadas pueden tener un nivel del total de sólidos disueltos (TDS) que está en un intervalo de aproximadamente 100 mg/L a aproximadamente 5000 mg/L, y en algunos casos puede estar en un intervalo de aproximadamente 200 mg/L a aproximadamente 2000 mg/L, aunque estos valores pueden variar dependiendo de la ubicación geográfica y otros factores. Como fuente de comparación, el agua con un nivel de TDS de 1.000 a 1.500 mg/L se considera potable, y algunas normas establecen un límite de TDS de 500 mg/L para el suministro de agua doméstica.

Según otro aspecto, los procedimientos y sistemas divulgados en la presente memoria pueden estar conectados o en comunicación fluida con una fuente de aguas residuales contaminadas. Por ejemplo, las aguas residuales contaminadas pueden bombearse o suministrarse de otro modo al sistema divulgado para su tratamiento.

Según diversos aspectos, la concentración de contaminantes orgánicos recalcitrantes en las aguas residuales es lo suficientemente alta como para superar los límites establecidos por los organismos gubernamentales. Según algunas realizaciones, los sistemas y procedimientos divulgados en la presente memoria tratan las aguas residuales de modo que se reduce el nivel de concentración del contaminante orgánico recalcitrante. En algunos casos, los sistemas y procedimientos divulgados en la presente memoria reducen la concentración del contaminante orgánico recalcitrante a un nivel que cumple con las normas o directrices gubernamentales. Según una realización, la concentración de contaminante orgánico recalcitrante se reduce a un nivel de modo que las aguas residuales tratadas pueden reintroducirse en el medio ambiente. Por ejemplo, el estándar de la EPA para la concentración de 1,4-dioxano en el agua potable es 1 µg/L (1 ppb). Los procedimientos y sistemas divulgados en la presente memoria pueden escalarse para tratar sustancialmente todas las concentraciones de contaminante orgánico recalcitrante que pueda estar presente en las aguas residuales. Por ejemplo, según algunas realizaciones, la concentración inicial de contaminante orgánico recalcitrante, tal como dioxano, en las aguas residuales puede estar en un intervalo de aproximadamente 5 ppb a aproximadamente 800 ppb.

Los procesos de oxidación avanzada (POA) son un conjunto de procedimientos de tratamiento utilizados para eliminar materiales orgánicos de las aguas residuales. En muchas aplicaciones, estos procesos implican el uso de luz ultravioleta y peróxido de hidrógeno, específicamente:



(escisión homolítica del enlace O-O de H₂O₂ da lugar a la formación de radicales 2·OH)

Los sistemas divulgados en la presente memoria incluyen un reactor de radiación actínica, es decir, un reactor UV, que recibe uno o más oxidantes (p. ej., H₂O₂, persulfato de amonio, persulfato de potasio u otras especies de persulfato) para facilitar la destrucción, p. ej., la oxidación, de uno o más contaminantes en el agua sometida a tratamiento en el reactor de radiación actínica. El reactor de radiación actínica puede comprender un recipiente y una primera matriz de tubos en el recipiente. La primera matriz de tubos puede comprender un primer conjunto de tubos paralelos y un segundo conjunto de tubos paralelos. Cada tubo puede comprender por lo menos una lámpara ultravioleta y cada uno de los tubos paralelos del primer conjunto está situado para tener su eje longitudinal ortogonal en relación con el eje longitudinal de los tubos del segundo conjunto.

En los ejemplos de un reactor de radiación actínica utilizado en los sistemas divulgados en la presente memoria, los compuestos orgánicos en el agua sometida a tratamiento pueden oxidarse por una o más especies de radicales libres en dióxido de carbono, el cual puede eliminarse en una o más operaciones unitarias posteriores. El reactor de radiación actínica puede comprender por lo menos un dispositivo de activación de radicales libres que convierte uno o más compuestos precursores en una o más especies eliminadoras de radicales libres, por ejemplo, el radical hidroxilo OH[•] o el radical sulfato SO₄²⁻. El reactor de radiación actínica puede comprender una o más lámparas, en una o más cámaras de reacción, para irradiar o proporcionar de otro modo radiación actínica al agua y dividir el compuesto precursor en la una o más especies de radicales libres.

El reactor se puede dividir en dos cámaras mediante uno o más deflectores entre las cámaras. El deflector se puede utilizar para proporcionar mezcla o turbulencia al reactor o impedir la mezcla o estimular vías de flujo laminar y paralelo a través del interior del reactor, tales como en las cámaras. En determinadas realizaciones, una entrada del reactor está en comunicación fluida con una primera cámara y una salida del reactor está en comunicación fluida con una segunda cámara.

En algunas realizaciones, por lo menos tres cámaras de reactor, cada una con por lo menos una lámpara ultravioleta (UV) dispuesta para irradiar el agua en las respectivas cámaras con luz de aproximadamente 185 nm, 220 nm y/o 254 nm, o que varía de aproximadamente 185 nm a aproximadamente 254 nm, a diversos niveles de potencia, están dispuestas en serie en el reactor. Se debe tener en cuenta que las longitudes de onda más cortas de 185 nm o 220 nm pueden ser preferibles en los procesos AOP porque la luz UV en estas longitudes de onda tiene suficiente energía fotónica para crear radicales libres a partir de precursores de radicales libres utilizados en el proceso para oxidar contaminantes orgánicos disueltos. Por el contrario, los procesos de desinfección, en los que se puede utilizar luz UV para matar o inutilizar microorganismos, pueden funcionar eficazmente con luz UV en la longitud de onda de 254 nm producida por lámparas de baja presión. Los sistemas de desinfección típicamente no utilizan lámparas UV de presión media o alta, más costosas, capaces de proporcionar una intensidad UV significativa en las longitudes de onda más cortas de 185 nm o 220 nm.

La una o más lámparas están situadas dentro de los uno o más reactores de radiación actínica al colocarse dentro de uno o más manguitos o tubos dentro del reactor. Los tubos pueden mantener las lámparas en su sitio y protegerlas del agua dentro del reactor. Los tubos pueden estar hechos de cualquier material que no se degrade sustancialmente por la radiación actínica y el agua o los componentes del agua dentro del reactor, al mismo tiempo que permite que la radiación pase a través del material. Los tubos pueden tener una sección transversal circular. En determinadas realizaciones, los tubos pueden ser cilíndricos y el material de construcción de los mismos puede ser cuarzo. Cada uno de los tubos puede tener la misma forma o tamaño o ser diferente a uno o más de otros tubos. Los tubos se pueden disponer dentro del reactor en diversas configuraciones, por ejemplo, los manguitos pueden extenderse a lo largo de una porción o de toda la longitud o anchura del reactor. Los tubos también pueden extenderse a través de un volumen interior del reactor.

Las fundas de manguitos disponibles comercialmente se pueden obtener de Enterprise Q (Manchester, Reino Unido), Multi-Lab (Newcastle Upon Tyne, Reino Unido) o Glass Automated Products, Inc. (Huntington Beach, CA). El material de cuarzo seleccionado puede basarse por lo menos en parte en la longitud de onda o longitudes de onda concretas que se utilizarán en el proceso. El material de cuarzo puede seleccionarse para minimizar los requisitos de energía de las lámparas ultravioleta en una o más longitudes de onda. La composición del cuarzo se puede seleccionar para proporcionar una transmitancia deseada o adecuada de luz ultravioleta al agua en el reactor y/o para mantener un nivel deseado o adecuado de transmisividad de luz ultravioleta al agua. En determinadas realizaciones, la transmisividad puede ser de por lo menos aproximadamente el 50 % durante un período de tiempo predeterminado. Por ejemplo, la transmisividad puede ser de aproximadamente el 80 % o más durante un período de tiempo predeterminado. En determinadas realizaciones, la transmisividad puede estar en un intervalo de aproximadamente el 80 % a 90 % durante aproximadamente 6 meses a aproximadamente un año. En determinadas realizaciones, la transmisividad puede estar en un intervalo de aproximadamente el 80 % a 90 % hasta aproximadamente dos años.

Los tubos se pueden sellar en cada extremo para no permitir que el contenido del reactor entre en los manguitos o tubos. Los tubos se pueden asegurar dentro del reactor de modo que permanezcan en su sitio durante todo el uso del reactor. En determinadas realizaciones, los tubos están asegurados a la pared del reactor. Los tubos se pueden asegurar a la pared mediante el uso de una técnica mecánica adecuada u otras técnicas convencionales para asegurar objetos entre sí. Los materiales utilizados en la sujeción de los tubos son preferiblemente inertes y no interferirán con el funcionamiento del reactor ni afectarán negativamente la pureza del agua, ni liberarán contaminantes en el agua.

Las lámparas se pueden disponer dentro del reactor de modo que estén paralelas entre sí. Las lámparas también se pueden disponer dentro del reactor en diversos ángulos entre sí. Por ejemplo, en determinadas realizaciones, las lámparas pueden estar dispuestas para iluminar trayectorias o regiones de cobertura que forman un ángulo de aproximadamente 90 grados de modo que sean aproximadamente ortogonales o perpendiculares entre sí. Las lámparas se pueden disponer de esta manera, de modo que formen un ángulo de aproximadamente 90 grados sobre un eje vertical o un eje horizontal, o cualquier eje entremedio.

En determinadas realizaciones, el reactor puede comprender una matriz de tubos en el reactor o recipiente que comprende un primer conjunto de tubos paralelos y un segundo conjunto de tubos paralelos. Cada tubo puede

comprender por lo menos una lámpara ultravioleta y cada uno de los tubos paralelos del primer conjunto puede estar dispuesto para estar en un ángulo deseado en relación con el segundo conjunto de tubos paralelos. El ángulo puede ser de aproximadamente 90 grados en determinadas realizaciones. Los tubos de uno cualquiera o ambos de la primera matriz y de la segunda matriz pueden extenderse a través de un volumen interno del reactor. Los tubos del primer conjunto y del segundo conjunto se pueden disponer aproximadamente a la misma altura dentro del reactor.

Otras configuraciones pueden implicar tubos y/o lámparas que están dispuestos para proporcionar un nivel uniforme de intensidad en las respectivas regiones ocupadas o de cobertura del reactor. Otras configuraciones pueden implicar tubos dispuestos equiespacialmente con una o más lámparas en su interior.

El reactor puede contener una o más matrices de tubos dispuestas dentro del reactor o recipiente. Una segunda matriz de tubos puede comprender un tercer conjunto de tubos paralelos y un cuarto conjunto de tubos paralelos ortogonal al tercer conjunto de tubos paralelos, comprendiendo cada tubo por lo menos una lámpara ultravioleta. El cuarto conjunto de tubos paralelos también puede ser ortogonal a por lo menos uno del segundo conjunto de tubos paralelos y del primer conjunto de tubos paralelos.

En determinadas realizaciones, cada matriz dentro del reactor o recipiente puede ubicarse a una distancia o altura predeterminada desde otra matriz dentro del reactor. La distancia predeterminada entre un conjunto de dos matrices puede ser la misma o diferente.

El reactor puede dimensionarse en función del número de lámparas ultravioleta necesarias para eliminar, degradar o convertir de otro modo por lo menos una de las impurezas, típicamente las impurezas basadas en carbono orgánico en un compuesto inerte, ionizado o de otro modo eliminable, uno o más compuestos que pueden eliminarse del agua, o por lo menos en uno que puede eliminarse más fácilmente en relación con la por lo menos una impureza. El número de lámparas necesarias puede basarse por lo menos en parte en las características de rendimiento de las lámparas, incluidas la intensidad de la lámpara y las longitudes de onda del espectro de la luz ultravioleta emitida por las lámparas. El número de lámparas necesarias puede basarse por lo menos en parte en por lo menos uno de los factores siguientes: la concentración o cantidad de TOC prevista en la corriente de agua de entrada y la cantidad de oxidante añadido a la corriente de alimentación o al reactor.

Los conjuntos de reactores dispuestos en serie se pueden disponer en paralelo. Por ejemplo, un primer conjunto de reactores en serie puede colocarse en paralelo con un segundo conjunto de reactores en serie, teniendo cada conjunto tres reactores, para un total de seis reactores. Uno o más de los reactores de cada conjunto podrán estar en servicio en cualquier momento. En determinadas realizaciones, todos los reactores pueden estar en servicio, mientras que, en otras realizaciones, solo un conjunto de reactores está en servicio.

Un ejemplo no limitativo de un recipiente de reactor de radiación actínica que puede utilizarse en aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria se ilustra en la figura 1, en general en 100. El recipiente 100 del reactor típicamente comprende una entrada 110, una salida 120 y un deflector 115 que divide el recipiente 100 del reactor en una cámara 125 superior y una cámara 130 inferior. El recipiente 100 del reactor también puede comprender un colector 105 que puede configurarse para distribuir el agua introducida a través de la entrada 110 por todo el recipiente. En determinadas realizaciones, el colector 105 puede configurarse para distribuir uniformemente el agua por todo el recipiente. Por ejemplo, el colector 105 se puede configurar para distribuir uniformemente el agua a lo largo del recipiente de modo que el reactor funcione como un reactor de flujo tapón.

En algunas realizaciones, el recipiente del reactor puede comprender más de un deflector 115 para dividir el recipiente del reactor en más de dos cámaras. El deflector 115 se puede utilizar para proporcionar mezcla o turbulencia al reactor. En determinadas realizaciones, como se muestra en la figura 1, la entrada 110 del reactor está en comunicación fluida con la cámara 130 inferior y la salida del reactor 120 está en comunicación fluida con la cámara 125 superior.

En algunas realizaciones, en el reactor 120, están dispuestas en serie por lo menos tres cámaras de reactor, teniendo cada una por lo menos una lámpara ultravioleta (UV) dispuesta para irradiar el agua en las respectivas cámaras con luz de aproximadamente o en el intervalo de aproximadamente 185 nm a aproximadamente 254 nm, 220 nm y/o 254 nm a un nivel de potencia deseado o a diversos niveles de potencia.

El recipiente del reactor también puede comprender una pluralidad de lámparas ultravioleta colocadas dentro de tubos, por ejemplo, los tubos 135a-c y 140a-c. En una realización, como se muestra en la figura 1, el recipiente 100 del reactor comprende un primer conjunto de tubos paralelos, los tubos 135a-c y un segundo conjunto de tubos paralelos (no se muestran). Cada conjunto de tubos paralelos del primer conjunto es aproximadamente ortogonal al segundo conjunto para formar la primera matriz 145. Los tubos 135a-c y el segundo conjunto de tubos paralelos están aproximadamente a la misma altura entre sí en el recipiente 100 del reactor.

Además, el recipiente del reactor puede comprender un tercer conjunto de tubos paralelos y un cuarto conjunto de tubos paralelos. Cada conjunto de tubos paralelos del primer conjunto es aproximadamente ortogonal al segundo conjunto para formar, por ejemplo, la segunda matriz 150. Como se ilustra a modo de ejemplo, los tubos 140a-c y el segundo conjunto de tubos paralelos están aproximadamente a la misma altura entre sí en el recipiente 100 del reactor. Como se muestra en la figura 1, la primera matriz 145 se puede situar a una distancia predeterminada de la segunda matriz 150. El recipiente 100 puede comprender además una tercera matriz 155 y una cuarta matriz 160, cada una de

las cuales tiene opcionalmente configuraciones parecidas a las de la primera matriz 140 y la segunda matriz 145.

En otra realización, un primer tubo 135b se puede disponer ortogonalmente a un segundo tubo 140b para formar una primera matriz. Además, un conjunto de tubos, el tubo 165a y el tubo 165b, se pueden disponer ortogonalmente a otro conjunto de tubos, el tubo 170a y el tubo 170b para formar una segunda matriz. La posición de las lámparas de la segunda matriz se muestra en la figura 2A, incluidas las lámparas 214, 220, 222 y 224. Las posiciones de las lámparas en la primera matriz y en la segunda matriz se muestran en la figura 2B, incluidas las lámparas 226 y 228 de la primera matriz y las lámparas 214, 220, 222 y 224 de la segunda matriz.

Las lámparas pueden generar un patrón, dependiendo de diversas propiedades de la lámpara, incluidas las dimensiones, la intensidad y la potencia suministrada a la lámpara. El patrón de luz generado por la lámpara es el volumen general del espacio al que la lámpara emite luz. En determinadas realizaciones, el patrón de luz o el volumen de iluminación se define como el área o el volumen de espacio que la lámpara puede irradiar o de otro modo proporcionar radiación actínica y permitir la división o conversión del compuesto precursor en la una o más especies de radicales libres.

Como se muestra en las figuras 2A y 2B, que muestran a modo de ejemplo vistas en sección transversal del reactor 100, un primer conjunto de tubos 210a-c están dispuestos paralelos entre sí, y un segundo conjunto de tubos 212a-c están dispuestos paralelos entre sí. Como se muestra, el primer conjunto de tubos 210a-c está dispuesto ortogonalmente en relación con el segundo conjunto de tubos 212a-c. Las lámparas, tal como las lámparas 214, están dispersas dentro de los tubos 210a-c y 212a-c, y cuando se iluminan, pueden generar un patrón de luz 216.

Una o más lámparas ultravioletas, o un conjunto de lámparas, pueden caracterizarse por proyectar radiación actínica paralela a un vector de iluminación. El vector de iluminación se puede definir como una dirección en la que una o más lámparas emiten radiación actínica. En una realización ejemplar, como se muestra en la figura 2A, un primer conjunto de lámparas, que incluye las lámparas 220 y 222, está dispuesto para proyectar radiación actínica paralela al vector 218 de iluminación.

Se puede activar un primer conjunto de lámparas ultravioleta, cada una de las cuales está dispuesta para proyectar radiación actínica paralela a un primer vector de iluminación. También se puede activar un segundo conjunto de lámparas ultravioleta, cada una de las cuales está dispuesta para proyectar radiación actínica paralela a un segundo vector de iluminación. Se puede ajustar por lo menos una de la dirección de la iluminación y la intensidad de por lo menos uno del primer conjunto de lámparas ultravioleta y del segundo conjunto de lámparas ultravioleta. Cada conjunto de lámparas ultravioleta puede comprender una o más lámparas ultravioletas.

El número de lámparas utilizadas o activadas y la configuración de las lámparas en uso se pueden seleccionar en función de las condiciones de funcionamiento concretas o los requisitos del sistema. Por ejemplo, se puede seleccionar y controlar el número de lámparas utilizadas para un proceso concreto en función de las características o parámetros medidos o calculados del sistema. Por ejemplo, los parámetros medidos del agua de entrada o del agua tratada pueden incluir uno o más de los siguientes: concentración de TOC, temperatura o caudal. También se puede seleccionar y controlar el número de lámparas activadas en función de la concentración o cantidad de oxidante, p. ej., peróxido de hidrógeno añadido al sistema. Por ejemplo, se pueden utilizar 12 lámparas en una configuración particular si el caudal del agua a tratar es igual o inferior a un determinado valor umbral, por ejemplo, un caudal nominal o de diseño, tal como 1300 gpm, mientras que se pueden utilizar más lámparas si el caudal del agua a tratar sube por encima del valor umbral. Por ejemplo, si el caudal aumenta de 1300 gpm a un valor umbral superior seleccionado, se pueden activar lámparas adicionales. Por ejemplo, se pueden utilizar 24 lámparas si el caudal del agua a tratar alcanza los 1900 gpm. Así, el caudal del agua puede ser parcialmente determinante de qué lámparas y/o el número de lámparas que están activadas en cada reactor.

En determinadas realizaciones, las lámparas ultravioletas pueden funcionar en uno o más niveles de intensidad de iluminación. Por ejemplo, se pueden utilizar una o más lámparas que se puedan ajustar para funcionar en una pluralidad de modos de iluminación, tales como por ejemplo en cualquiera de los modos atenuado, nominal y potenciado, por ejemplo, un modo bajo, medio o alto. La intensidad de iluminación de una o más lámparas se puede ajustar y controlar en función de las características o los parámetros medidos o calculados del sistema, tales como los parámetros medidos del agua de entrada o del agua tratada, incluida la concentración de TOC, la temperatura y/o el caudal. También se puede ajustar la intensidad de iluminación de una o más lámparas y controlarse en función de la concentración o cantidad de peróxido de hidrógeno añadido al sistema. Por ejemplo, la una o más lámparas se pueden utilizar en un modo atenuado hasta un valor umbral predeterminado de un parámetro medido del sistema, tal como una primera concentración de TOC. La una o más lámparas se pueden ajustar al modo nominal si la concentración de TOC medida o calculada alcanza o está por encima de una segunda concentración de TOC, que puede ser superior al valor umbral. La una o más lámparas se pueden ajustar además a un modo de potenciación si la concentración de TOC medida o calculada alcanza o está por encima de un segundo valor umbral.

Los reactores de radiación actínica que pueden utilizarse en los sistemas divulgados en la presente memoria se describen con más detalle en la solicitud PCT en copropiedad n.º PCT/US2016/030708.

Una realización de un sistema para tratamiento de agua se ilustra esquemáticamente en la figura 3 y se indica en general con 300. El agua a tratar, por ejemplo, aguas residuales, aguas subterráneas, agua de alta pureza, etc., se suministra desde una fuente de alimentación 305 al conducto 310. Se proporciona uno o más precursores para uno o más radicales libres (p. ej., H_2O_2 que es un precursor de radicales hidróxidos o una sal de persulfato que es un precursor de radical sulfato) desde la fuente de precursor 320 de radicales libres a través del conducto 325 y se mezcla con el agua a tratar desde la fuente de alimentación 305. La mezcla de agua/precursor se dirige a través de un conducto 330 hacia una entrada de un reactor 335 AOP UV. Los contaminantes del agua a tratar se oxidan y destruyen mediante la exposición a la radiación UV en el reactor 335 AOP UV. El reactor 335 AOP UV produce un efluente purificado o agua 340 del producto que se dirige a un punto de uso 345. El efluente 340 puede cumplir o superar una pureza deseada. Tal como se utiliza el término en la presente memoria, la pureza del efluente o agua del producto que sale del reactor de radiación actínica se refiere a una concentración de uno o más contaminantes en el efluente o agua del producto. En algunas realizaciones, el punto de uso 345 puede ser la fuente de alimentación 305, por ejemplo, cuando el sistema se utiliza para tratar agua de una piscina, caldera u otra fuente de agua y devuelve el agua tratada a la misma fuente. El punto de uso 345 puede incluir un sistema de a bordo, un sistema de plataforma de perforación, un sistema acuático (por ejemplo, una piscina o una fuente), un sistema de agua potable, o un fondo de un sistema de perforación petrolera. El punto de uso 345 puede incluir un sistema de agua de enfriamiento de un barco o una plataforma marítima o un tanque de lastre de un barco.

Uno o más sensores 315 pueden medir uno o más parámetros, por ejemplo, temperatura, caudal, concentración de contaminantes, pH, potencial de oxidación-reducción (ORP), carbono orgánico total (TOC), concentración de oxígeno y/o hidrógeno disuelto, pureza, etc. de cualquiera del agua a tratar, mezcla de agua/precursor y/o efluente 340 purificado. Un controlador del sistema, descrito más adelante, puede recibir lecturas del uno o más sensores 315 y ajustar uno o más parámetros de funcionamiento del sistema para obtener un nivel deseado de un parámetro o parámetros leídos por el uno o más sensores 315. Los parámetros de funcionamiento del sistema pueden incluir, por ejemplo, la intensidad de la luz UV producida en el reactor AOP UV, la dosis de radiación UV aplicada al agua a tratar en el reactor AOP UV, el caudal del agua a tratar, la tasa o cantidad de adición del precursor de radicales libres al agua a tratar, o cualquier otro parámetro de funcionamiento del sistema.

Se pueden incluir varias bombas o válvulas adicionales en el sistema 300 para controlar el flujo de las diversas soluciones acuosas implicadas, pero no se ilustran para mayor claridad.

En una o más realizaciones, cualquiera de las cuales puede ser relevante para uno o más aspectos, los sistemas y técnicas divulgados en la presente memoria pueden utilizar uno o más subsistemas que ajustan o regulan o por lo menos facilitan el ajuste o la regulación de por lo menos un parámetro de funcionamiento, estado o condición de por lo menos una operación unitaria o componente del sistema o una o más características o propiedades físicas de una corriente de proceso. Para facilitar dichas características de ajuste y regulación, una o más realizaciones pueden utilizar controladores y aparatos indicativos que proporcionan un estado, situación o condición de uno o más componentes o procesos. Por ejemplo, se puede utilizar por lo menos un sensor para proporcionar una representación de una propiedad intensiva o una propiedad extensiva de, por ejemplo, agua de la fuente de alimentación 305 o agua que entra o sale de la celda electroquímica o del recipiente del reactor AOP UV o uno o más de otros procesos posteriores. Así, según una realización particularmente ventajosa, los sistemas y técnicas pueden implicar uno o más sensores u otros aparatos indicativos, tales como analizadores de composición o celdas de conductividad, que proporcionan, por ejemplo, una representación de un estado, condición, característica o calidad del agua que entra o sale de cualquiera de las operaciones unitarias del sistema.

Diversos parámetros de funcionamiento del sistema 300 divulgado en la presente memoria pueden controlarse o ajustarse por un sistema de control o controlador asociado en función de diversos parámetros medidos por diversos sensores ubicados en diferentes porciones del sistema. El controlador puede estar programado o configurado para regular la introducción de un precursor de radicales libres en el agua a tratar antes de un reactor AOP en función de por lo menos en uno o más de los factores siguientes: un caudal del agua a tratar o un nivel de uno o más contaminantes en el agua a tratar.

El controlador puede programarse o configurarse para regular uno o más parámetros de funcionamiento del reactor AOP en función de uno o más de caudal o concentración de contaminantes del agua a tratar que entra en el reactor AOP, o temperatura o pH del agua a tratar que entra en el reactor AOP.

El controlador utilizado para monitorizar y controlar el funcionamiento de los diversos elementos de los sistemas divulgados en la presente memoria puede incluir un sistema de control computarizado. Diversos aspectos del controlador pueden implementarse como software especializado que se ejecuta en un sistema 400 informático de propósito general tal como el que se muestra en la figura 4. El sistema 400 informático puede incluir un procesador 402 conectado a uno o más dispositivos 404 de memoria, tales como una unidad de disco, una memoria de estado sólido u otro dispositivo para almacenar datos. La memoria 404 se utiliza típicamente para almacenar programas y datos durante el funcionamiento del sistema 400 informático. Los componentes del sistema 400 informático pueden acoplarse mediante un mecanismo 406 de interconexión, que puede incluir uno o más buses (p. ej., entre componentes que están integrados dentro de una misma máquina) y/o una red (p. ej., entre componentes que residen en máquinas distintas). El mecanismo 406 de interconexión habilita el intercambio de comunicaciones (p. ej., datos, instrucciones) entre componentes del sistema 400. El sistema 400 informático también incluye uno o más dispositivos 408 de entrada,

por ejemplo, un teclado, un ratón, una bola de seguimiento, un micrófono, una pantalla táctil y uno o más dispositivos 410 de salida, por ejemplo, un dispositivo de impresión, una pantalla de visualización y/o un altavoz.

Los dispositivos 410 de salida también pueden comprender válvulas, bombas o conmutadores que pueden utilizarse para introducir un precursor de una especie de radical libre desde la fuente de precursor 320 de radicales libres en el agua a tratar y/o para controlar la velocidad de las bombas o el estado (abierto o cerrado) de las válvulas de los sistemas como se divulga en la presente memoria. Uno o más sensores 414 también pueden proporcionar entrada al sistema 400 informático. Estos sensores pueden incluir, por ejemplo, sensores 315 que pueden ser, por ejemplo, sensores de presión, sensores de concentración química, sensores de temperatura o sensores de cualquier otro parámetro de interés para los sistemas divulgados en la presente memoria. Estos sensores pueden estar ubicados en cualquier porción del sistema donde serían útiles, por ejemplo, antes del punto de uso 345 o del reactor 335 AOP, o en comunicación fluida con la fuente de alimentación 305. Además, el sistema 400 informático puede contener una o más interfaces (no se muestran) que conectan el sistema 400 informático a una red de comunicación de forma adicional o alternativa al mecanismo 406 de interconexión.

El sistema 412 de almacenamiento, que se muestra más en detalle en la figura 5, incluye típicamente un medio 502 de grabación no volátil susceptible de escritura y legible por ordenador en el que se almacenan señales que definen un programa que se ejecutará mediante el procesador 402 o información que se procesará mediante el programa. El medio puede incluir, por ejemplo, un disco o una memoria flash. Típicamente, en funcionamiento, el procesador hace que los datos se lean desde el medio 502 de grabación no volátil a otra memoria 504 que permite un acceso más rápido a la información por parte del procesador que el medio 502. Esta memoria 504 es típicamente una memoria volátil de acceso aleatorio, tal como una memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM) o una memoria estática (SRAM). Puede estar ubicada en el sistema 412 de almacenamiento, como se muestra, o en el sistema 404 de memoria. El procesador 402 generalmente manipula los datos dentro de la memoria 504 del circuito integrado y luego copia los datos al medio 502 después de que se completa el procesamiento. Se conocen diversos mecanismos para gestionar el movimiento de datos entre el medio 502 y el elemento 504 de memoria de circuito integrado, y los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria no se limitan a ellos. Los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria no se limitan a un sistema 404 de memoria o un sistema 412 de almacenamiento en concreto.

El sistema informático puede incluir hardware especialmente programado de propósito especial, por ejemplo, un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC). Los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria pueden implementarse en software, hardware o firmware, o cualquier combinación de los mismos. Además, dichos procedimientos, acciones, sistemas, elementos de los sistemas y componentes de los mismos pueden implementarse como parte del sistema informático descrito anteriormente o como un componente independiente.

Aunque el sistema 400 informático se muestra a modo de ejemplo como un tipo de sistema informático en el que se pueden poner en práctica diversos aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria, se debe apreciar que los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria no se limitan a implementarse en el sistema informático como se muestra en la figura 4. Diversos aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria pueden ponerse en práctica en uno o más ordenadores que tengan una arquitectura o componentes diferentes a los que se muestran en la figura 4.

El sistema 400 informático puede ser un sistema informático de propósito general que se puede programar utilizando un lenguaje de programación informática de alto nivel. El sistema 400 informático también puede implementarse utilizando hardware especialmente programado y de propósito especial. En el sistema 400 informático, el procesador 402 es típicamente un procesador disponible comercialmente, tal como los bien conocidos procesadores de clase Pentium™ o Core™ disponibles en Intel Corporation. Hay muchos otros procesadores disponibles, incluidos controladores de lógica programable. Hay muchos otros procesadores disponibles, el ejemplo del procesador, un sistema operativo Windows disponible en Microsoft Corporation, sistema MAC OS X disponible en Apple Computer, el sistema operativo Solaris disponible en Sun Microsystems, o UNIX y/o LINUX disponibles en diversas fuentes. Un procesador de este tipo normalmente ejecuta un sistema operativo que puede ser, por ejemplo, el sistema operativo Windows 7, Windows 8 o Windows 10 disponible en Microsoft Corporation, el sistema operativo MAC X disponible en Apple Computer, el sistema operativo Solaris disponible en Sun Microsystems o UNIX disponible en diversas fuentes. Se pueden utilizar muchos otros sistemas operativos.

El procesador y el sistema operativo juntos pueden definir una plataforma informática para la que se escriben programas de aplicación en lenguajes de programación de alto nivel. Debe entenderse que la invención no se limita a una plataforma, procesador, sistema operativo o red de un sistema informático en concreto. Asimismo, será evidente para los expertos en la materia que los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria no están limitados a un lenguaje de programación o sistema informático específico. Además, se debe apreciar que también se podrían utilizar otros lenguajes de programación apropiados y otros sistemas informáticos apropiados.

Una o más partes del sistema informático pueden estar distribuidas en uno o más sistemas informáticos (no se muestran) acoplados a una red de comunicaciones. Estos sistemas informáticos también pueden ser sistemas informáticos de propósito general. Por ejemplo, diversos aspectos de la invención pueden distribuirse entre uno o más sistemas informáticos configurados para proporcionar un servicio (p. ej., servidores) a uno o más ordenadores cliente, o para realizar una tarea global como parte de un sistema distribuido. Por ejemplo, diversos aspectos y realizaciones

divulgados en la presente memoria pueden realizarse en un sistema cliente-servidor que incluye componentes distribuidos entre uno o más sistemas de servidor que realizan diversas funciones según diversos aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria. Estos componentes pueden ser código ejecutable, intermedio (p. ej., IL) o interpretado (p. ej., Java) que se comunica a través de una red de comunicación (p. ej., Internet) utilizando un protocolo de comunicación (p. ej., TCP/IP). En algunas realizaciones, uno o más componentes del sistema 400 informático pueden comunicarse con uno o más de otros componentes a través de una red inalámbrica, incluyendo, por ejemplo, una red de telefonía celular.

Debe tenerse en cuenta que los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria no están limitados a la ejecución en ningún sistema o grupo de sistemas en concreto. Asimismo, debe tenerse en cuenta que los aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria no están limitados a ninguna arquitectura distribuida, red o protocolo de comunicación en concreto. Diversos aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria pueden programarse utilizando un lenguaje de programación orientado a objetos, tal como SmallTalk, Java, C++, Ada o C# (C Sharp). También se pueden utilizar otros lenguajes de programación orientados a objetos. De forma alternativa, se pueden utilizar lenguajes de programación funcionales, de secuencia de comandos y/o lógicos, por ejemplo, lógica de escalera. Diversos aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria pueden implementarse en un entorno no programado (p. ej., documentos creados en HTML, XML u otro formato que, cuando se visualizan en una ventana de un programa de navegador, representan aspectos de una interfaz gráfica de usuario (GUI) o realizan otras funciones). Diversos aspectos y realizaciones divulgados en la presente memoria pueden implementarse como elementos programados o no programados, o cualquier combinación de los mismos.

Un ejemplo de una lámpara UV que puede utilizarse en un reactor AOP UV como se divulga en la presente memoria se ilustra en la figura 6, indicada en general en 600. La lámpara 600 UV es una lámpara de descarga de gas que tiene un tubo 605 de lámpara sellado. El tubo 605 de la lámpara está formado por un material transparente, o por lo menos parcialmente transparente a la radiación UV, por ejemplo, cuarzo. El tubo 605 de la lámpara contiene un gas que emite radiación ultravioleta cuando se excita mediante corriente eléctrica proporcionada por electrodos (no se muestran) dispuestos en extremos opuestos dentro del tubo 605 de la lámpara. El gas puede incluir vapor de mercurio que puede mezclarse con uno o más de neón, argón y/o xenón. Las lámparas UV disponibles comercialmente se pueden obtener de Alphacure (Northamptonshire, Reino Unido), Signify (Philips Lighting, Países Bajos), Heraeus Noblelight GmbH (Hanau, Alemania) o Light Sources (LSI, Orange, CT).

Desde los extremos opuestos del tubo 605 de la lámpara se extienden secciones de cuarzo 610 que tienen secciones transversales en general rectangulares o en forma de I. Estas secciones de cuarzo 610 se denominan pinzas 610. Las pinzas 610 incluyen conductores eléctricos para llevar corriente eléctrica desde conexiones eléctricas externas a los electrodos dentro del tubo 605 de la lámpara.

Las pinzas 610 están montadas dentro y aseguradas por un adhesivo o cemento, por ejemplo, pasta adhesiva de cerámica (disponible en Fortafix, Hartlepool, Reino Unido) dentro de porciones centrales de las tapas 615 de los extremos dispuestas en lados opuestos del tubo 605 de la lámpara en extremos distales de las pinzas 610 opuestas a los extremos proximales de las pinzas 610 que entran en contacto con el tubo 605 de la lámpara. Las tapas 615 de los extremos están formadas de un material cerámico, por ejemplo, alúmina (Al_2O_3) o una mezcla principalmente de alúmina y uno o más de otros materiales cerámicos diferentes, por ejemplo, el 95 % de Al_2O_3 , CaO (1 %), SiO_2 (2 %), y MgO (2 %). Las tapas 615 de los extremos pueden tener una sección transversal sustancialmente triangular como se ilustra en la figura 6 en la que los vértices de la sección transversal triangular están truncados y sustituidos por porciones 615A con la punta arqueada. Las porciones 615A con la punta arqueada pueden tener superficies externas que definen porciones de círculo. También se puede considerar que las tapas 615 de los extremos incluyen tres lóbulos que se extienden hacia fuera desde las regiones centrales de las tapas 615 de los extremos y que terminan en las porciones 6125A con la punta arqueada. La forma triangular de las tapas 615 de los extremos puede facilitar la conexión eléctrica de la lámpara 600 UV a conectores eléctricos conocidos en la técnica, por ejemplo, como se describe en la patente estadounidense n.º 8,876,359.

En otras realizaciones, las tapas 615 de los extremos pueden ser circulares o de cualquier otra forma que permita que las tapas 615 de los extremos encajen dentro de un tubo de cuarzo que tenga una forma deseada. Las superficies externas de las porciones 6125A con la punta arqueada pueden curvarse para coincidir con la curvatura de una pared interna de un tubo de cuarzo en el que se dispondrá el tubo 605 de la lámpara. Así, las tapas 615 de los extremos pueden considerarse que tienen porciones de superficies periféricas externas que están contorneadas para amoldarse a una superficie interna del tubo de cuarzo.

Las tapas 615 de los extremos incluyen elementos de polarización termoconductores, por ejemplo, resortes 620 (disponibles comercialmente en iConn Engineering, Huntington Beach, CA) que circunscriben sus perímetros. Tal como se utiliza el término en la presente memoria, "polarización" se refiere al soporte/posicionamiento de las tapas de los extremos y del tubo de la lámpara 605 dentro de un tubo de cuarzo. Los elementos de polarización termoconductores también pueden proporcionar conducción de calor desde las tapas 615 de los extremos al tubo de cuarzo y pueden proporcionar amortiguación de vibraciones para el tubo 605 de la lámpara dentro del tubo de cuarzo. Los resortes 620 están dispuestos dentro de muescas 625 definidas en las superficies de las porciones perimetrales de las tapas 615 de los extremos. Los resortes 620 pueden estar formados por bobinas inclinadas en ángulos de, por ejemplo, aproximadamente 70° en relación con las superficies de las porciones perimetrales de las tapas 615 de los

extremos para permitir la compresión bajo carga radial, lo que facilita la instalación y reduce la vibración. Los resortes 620 pueden estar formados de un metal, por ejemplo, acero inoxidable. Los resortes 620 pueden proporcionar un buen contacto entre la lámpara y un tubo de cuarzo en el que se puede instalar la lámpara, lo que proporciona una vía de alta conductividad térmica para la transferencia de calor desde el tubo 605 de la lámpara a través de las pinzas 610 y las tapas 615 de los extremos hasta el tubo de cuarzo. El material de las tapas de los extremos puede tener una conductividad térmica de aproximadamente 15-25 W/m·K, mientras que el adhesivo cerámico puede tener una conductividad térmica de aproximadamente 1,5 W/m·K y el resorte puede tener una conductividad térmica de aproximadamente 15 W/m·K. La figura 7 ilustra, tanto en una vista en sección transversal como en una vista desde un extremo, cómo se puede colocar la lámpara UV dentro de un tubo 700 de cuarzo con el tubo 605 de la lámpara centrado coaxialmente dentro del tubo 700 de cuarzo y con un eje central paralelo o superpuesto a un eje central del tubo 700 de cuarzo. El tubo 700 de cuarzo puede, en uso, sumergirse en agua sometida a tratamiento en un reactor UV y puede transferir calor al agua sometida a tratamiento que actúa como un disipador de calor para el conjunto de la lámpara y ayuda a enfriar dicho conjunto de lámpara.

Las ranuras 630 están definidas en las superficies externas de las tapas 615 de los extremos, por ejemplo, en una de las porciones 615A con la punta arqueada de una o ambas tapas 615 de los extremos como se ilustra en la figura 6. Un conductor 635 eléctrico, por ejemplo, una varilla de metal utilizada para proporcionar corriente a un extremo de la lámpara 600 tiene porciones dispuestas dentro de las ranuras 630. Las porciones del conductor 635 pueden retenerse en las ranuras 630 mediante los resortes 620. Las ranuras 630 pueden permitir que el conductor 635 se expanda y se mueva ligeramente, por ejemplo, a causa de cambios de temperatura, lo que reduce la tensión que podría aplicarse a las tapas 615 de los extremos si el conductor 635 estuviera en cambio asegurado de forma fija en las tapas 615 de los extremos. Se debe entender que las conexiones eléctricas al tubo 605 de la lámpara se omiten de los diagramas presentados en la presente memoria por motivos de sencillez.

En algunas realizaciones, un sistema AOP UV existente puede modificarse o actualizarse para incluir lámparas UV como se describe en la presente memoria, por ejemplo, como se ilustra en las figuras 6 y 7. Un procedimiento para modernizar una celda del sistema AOP UV para aumentar la fiabilidad del sistema puede incluir la instalación de una o más lámparas UV como se divulga en la presente memoria en el AOP UV.

Ejemplos:

Ensayo de vibraciones

Se realizaron ensayos para evaluar cómo las lámparas configuradas según se divulga en la presente memoria (por ejemplo, como se ilustra en las figuras 6 y 7) respondían a la vibración aplicada en comparación con las lámparas estándar que tienen las tapas de los extremos circulares y que no incluyen resortes que circunscriben las tapas de los extremos. La configuración del ensayo se ilustra en la figura 8. Cada lámpara se montó en una carcasa del reactor UV atornillada a una mesa de vibración y se sometió a ensayo seis veces; en tres direcciones (ejes x, y y z) y se repitió después de dos horas de vibración de bajo nivel. Las figuras 9A-9C ilustran los resultados de los ensayos de vibración de las lámparas estándar en los ejes X, Y y Z, respectivamente. En los gráficos de las figuras 9A-9C, el eje Y representa las fuerzas g registradas y el eje X representa la frecuencia vibratoria aplicada. Hubo pocos cambios entre el barrido inicial y el de dos horas, lo que indica que la lámpara no se mueve ni se "asienta" después de la instalación. Existen picos significativos en la resonancia de la lámpara fuera del control en magnitudes altas, donde se espera que se produzca el mayor daño a la lámpara.

Las figuras 10A a 10C ilustran los resultados de los ensayos de vibración de las lámparas mejoradas configuradas como se divulga en la presente memoria en los ejes X, Y y Z, respectivamente. Hubo pocos cambios entre el barrido inicial y el de dos horas, lo que indica que la lámpara no se mueve ni se "asienta" después de la instalación. Sin embargo, todavía existen picos de resonancia, los picos son de magnitudes más bajas y, en general, la vibración de la lámpara coincide mucho más con el control. Se encontró que las lámparas configuradas como se divulga en la presente memoria presentan niveles más bajos de vibración en respuesta a la aplicación de vibración desde una fuente externa en comparación con las lámparas estándar, como lo muestran las magnitudes de resonancia reducidas y la respuesta de barrido de frecuencia que coinciden más estrechamente con el control.

Los gráficos de las figuras 9A-10C muestran la respuesta de diversos puntos de la disposición de ensayo a la vibración aplicada. Las líneas que representan el control provienen de un punto fijo del lecho vibratorio, por lo que fundamentalmente muestran el barrido de frecuencia que se está aplicando. Las líneas que representan la vibración de la cámara muestran una respuesta parecida a la del lecho en la dirección Z (vertical), pero tienen su propia respuesta separada cuando están en la dirección X o Y. Las líneas que representan las vibraciones medidas directamente desde las lámparas situadas dentro de las cámaras muestran los picos en la resonancia de las lámparas. Las lámparas son más resistentes a las vibraciones de frecuencia más baja y los picos de resonancia que se observaron en la nueva lámpara en general estaban en niveles de fuerza g más bajos.

Ensayo de temperatura de las pinzas

Un modo de fallo que se observó en las lámparas estándar fue la rotura de las pinzas. Se teorizó que este modo de fallo se debía al ciclo térmico de las pinzas y a la tensión inducida asociada. Las lámparas UV pueden alcanzar

temperaturas de hasta 1.000 °C y, por lo tanto, pueden provocar tensiones inducidas térmicamente significativas en las pinzas cuando se encienden o se apagan. Se realizaron ensayos para determinar si las lámparas UV configuradas como se divulga en la presente memoria (por ejemplo, como se ilustra en las figuras 6 y 7) podrían ayudar a reducir la variación de temperatura observada en las pinzas en comparación con las lámparas UV estándar.

La figura 11A ilustra un ejemplo de una configuración de montaje utilizada previamente de una lámpara UV estándar en un tubo de cuarzo. En esta configuración de montaje, la tapa del extremo más cercana a las entradas eléctricas estaba suspendida dentro del tubo de cuarzo y no entraba en contacto con él. La tapa del extremo opuesto a las entradas eléctricas entró en contacto con el tubo de cuarzo en un lado. La figura 11B ilustra la variación de temperatura de la "pinza cercana" montada en la tapa del extremo más cercano a las entradas eléctricas y la "pinza lejana" montada en la tapa del extremo opuesto a las entradas eléctricas durante un período de 30 minutos después de encender la lámpara cuando el tubo de cuarzo estaba sumergido en agua con una temperatura de aproximadamente 12 °C. Estos resultados mostraron que había aproximadamente una diferencia de temperatura de 50 °C entre los puntos de la pinza cercana y lejana, con el punto de la pinza cercana funcionando a 340 °C y el punto de la pinza lejana funcionando a 290 °C una vez que las temperaturas se estabilizaron después de encender la lámpara. Sin estar vinculado a ninguna teoría en particular, se cree que esto se debió a que el extremo cercano estaba suspendido en el aire, mientras que el extremo lejano tenía contacto directo con el manguito de cuarzo más frío, como se muestra en la figura 11A.

En la figura 12A se ilustra una configuración de montaje alternativa de una lámpara UV estándar. En esta configuración, tanto la tapa del extremo más cercana a las entradas eléctricas como la tapa del extremo opuesto a las entradas eléctricas (incluida la "pinza cercana" y la "pinza lejana", respectivamente) entraron en contacto con el tubo de cuarzo en un lado. Para una mayor claridad, en esta figura se omiten las conexiones eléctricas al tubo de la lámpara. La figura 12B ilustra la variación de temperatura de la "pinza cercana" y la "pinza lejana" en la configuración de montaje de la figura 12A durante un período de 30 minutos después de encender la lámpara cuando el tubo de cuarzo estaba sumergido en agua con una temperatura de aproximadamente 12 °C. Estos datos muestran que cuando ambos extremos están en contacto con el manguito, las temperaturas globales observadas se reducen (270 °C en el extremo cercano, 240 °C en el extremo lejano) en comparación con el ensayo anterior, con el extremo cercano reducido en -75 °C y el extremo lejano reducido en -25 °C. También hay una diferencia menor entre el extremo cercano y el lejano (20 °C en lugar de 50 °C).

En un ensayo adicional, una lámpara configurada como se divulga en la presente memoria se montó en un tubo de cuarzo como se ilustra en la figura 7, descrita anteriormente. La figura 13 ilustra la variación de temperatura de la "pinza cercana" y la "pinza lejana" en la configuración de montaje de la figura 7 durante un período de 30 minutos después de encender la lámpara cuando el tubo de cuarzo se sumergió en agua con una temperatura de aproximadamente 12 °C. La protuberancia inicial en el gráfico de la figura 13 se debe a que la lámpara se detuvo y se reinició involuntariamente. La figura 13 ilustra que con una lámpara configurada como se divulga en la presente memoria, las pinzas en ambos extremos del tubo de la lámpara presentan resultados muy parecidos con respecto a la temperatura de funcionamiento, con ambos funcionando a -255 °C, significativamente más fríos y más uniformes que las lámparas estándar en cualquiera de las configuraciones de montaje sometidas a ensayo.

Análisis de elementos finitos de los perfiles de temperatura y tensión

Para verificar que los cambios de diseño realizados en las lámparas configuradas como se divulga en la presente memoria (por ejemplo, como se ilustra en las figuras 6 y 7) mejoraron los perfiles de temperatura y tensión en comparación con las lámparas UV estándar, se utilizó el análisis de elementos finitos (FEA) para producir un modelo térmico y de tensión de la lámpara estándar y una lámpara configurada como se divulga en la presente memoria. El análisis FEA se basó en ensayos internos de temperatura las pinzas para garantizar que el modelo fuera representativo de los resultados reales.

La figura 14A ilustra los resultados del análisis FEA térmico y de tensión para la lámpara estándar. La figura 14B ilustra los resultados del análisis FEA térmico y de tensión para una lámpara configurada como se divulga en la presente memoria. El análisis térmico coincide muy de cerca con los datos reales, lo que demuestra que el modelo es exacto. Los resultados del análisis térmico muestran una buena reducción de la temperatura en las pinzas de la lámpara configurada como se divulga en la presente memoria, lo que nuevamente coincide con los datos reales. El análisis de tensión muestra un alto nivel de tensión en las pinzas de la lámpara estándar (especialmente en el lado cercano, donde se observan la mayoría de los fallos). Sin estar vinculado a ninguna teoría en particular, se cree que esto se debe a la expansión de la cerámica que estira la pinza. La tensión observada sobrepasa significativamente la tensión de fluencia por tracción del cuarzo de las pinzas. La tensión se reduce en gran medida en la lámpara configurada como se divulga en la presente memoria y no sobrepasa la tensión de fluencia por tracción de las pinzas. La distribución de calor y tensión de la lámpara configurada como se divulga en la presente memoria es sustancialmente simétrica de un extremo de la lámpara al otro, mientras que la lámpara UV estándar presenta temperaturas y tensiones sustancialmente más altas en un extremo en comparación con el otro.

Ensayo del ciclo de encendidos

Para realizar un ensayo de duración acelerado/para el caso más desfavorable, se hicieron funcionar dos lámparas como las que se ilustran en las figuras 6 y 7 durante 20 minutos encendidas y 10 minutos apagadas durante 100 horas.

Esto se corresponde aproximadamente con un 1 de año de funcionamiento (1 encendido al día).

Antes de comenzar el ensayo, se averiguó la corriente de encendido, la corriente de funcionamiento y la tensión de funcionamiento para cada lámpara. Esto se repitió al final del ensayo para comprender los cambios que se habían producido. Durante el ensayo se monitorizó la corriente de encendido. Al final del ensayo, los parámetros de la lámpara todavía estaban dentro de las tolerancias características y ambas lámparas seguían funcionando bien.

Después del ensayo, también se inspeccionaron visualmente las lámparas para detectar posibles signos de desgaste o daños. Ambas lámparas mostraban signos negros en los extremos, presuntamente a causa de la pulverización catódica del electrodo (el revestimiento de tungsteno del electrodo se pierde y se condensa en el manguito de cuarzo). Esto es bastante normal en lámparas que han funcionado durante toda su vida útil y se ve agravado por los encendidos frecuentes, que es como se realizó este ensayo. Por lo demás, las lámparas parecían estar en buenas condiciones y no se pudo identificar ninguno de los modos de fallo anteriores (p. ej., rotura de pinza).

Este ensayo indica que el diseño de lámpara divulgado presenta un alto nivel de fiabilidad.

La fraseología y la terminología que se utilizan en la presente memoria son para fines de descripción y no deben considerarse limitantes. Tal como se usa en la presente memoria, el término "pluralidad" se refiere a dos o más elementos o componentes. Los términos "que comprende", "que incluye", "que transporta", "que tiene", "que contiene" y "que implica", ya sea en la descripción escrita o en las reivindicaciones y similares, son términos abiertos, es decir, significan "que incluyen, pero no se limitan a".

Así, el uso de dichos términos pretende englobar los elementos enumerados a continuación y sus equivalentes, así como elementos adicionales. Solo las expresiones de transición "que consisten en" y "que consisten fundamentalmente en" son expresiones de transición cerradas o semicerradas, respectivamente, con respecto a las reivindicaciones. El uso de términos ordinales como "primero", "segundo", "tercero" y similares en las reivindicaciones para modificar un elemento de la reivindicación no connota por sí solo ninguna prioridad, precedencia u orden de un elemento de la reivindicación sobre otro o el orden temporal en el que se realizan las acciones de un procedimiento, sino que se utilizan meramente como etiquetas para distinguir un elemento de reivindicación que tiene un determinado nombre de otro elemento con el mismo nombre (pero para el uso del término ordinal) para distinguir los elementos de reivindicación.

Habiendo descrito así varios aspectos de por lo menos una realización, debe apreciarse que a los expertos en la materia se les ocurrirán fácilmente diversas alteraciones, modificaciones y mejoras.

Por consiguiente, la descripción y los dibujos anteriores son solo a modo de ejemplo. El alcance de la invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de tratamiento de agua que comprende:

un reactor (100) de radiación actínica; y

por lo menos una lámpara (600) ultravioleta (UV) dispuesta dentro de un tubo (700) de cuarzo dentro del reactor de radiación actínica, incluyendo la por lo menos una lámpara (600) UV:

un tubo (605) de la lámpara que incluye un gas que emite luz ultravioleta en respuesta a la excitación eléctrica;

una primera pinza (610) que se extiende desde un primer extremo del tubo (605) de la lámpara y una segunda pinza (610) que se extiende desde un segundo extremo del tubo (605) de la lámpara; y

una tapa (615) del primer extremo acoplada a la primera pinza (610) y una tapa (615) del segundo extremo acoplada a la segunda pinza (610), la tapa del primer extremo y la tapa del segundo extremo dimensionadas para centrar el tubo (605) de la lámpara coaxialmente dentro del tubo (700) de cuarzo;

elementos (620) de polarización termoconductores dispuestos alrededor de las respectivas periferias externas de cada una de la tapa (615) del primer extremo y la tapa (615) del segundo extremo, en el que los elementos (620) de polarización termoconductores están dispuestos dentro de muescas (625) definidas dentro y que circunscriben las superficies periféricas externas de la tapa (615) del primer extremo y la tapa (615) del segundo extremo, y, en el que cada una de las tapas (615) del primer y segundo extremo incluyen ranuras (630) que se extienden hacia dentro desde las respectivas superficies periféricas externas; y

un conductor (635) eléctrico dispuesto dentro de las ranuras (630) y configurado para proporcionar potencia al tubo (605) de la lámpara.

2. El sistema de la reivindicación 1, en el que los elementos (620) de polarización termoconductores comprenden resortes metálicos.

3. El sistema de la reivindicación 1, en el que partes de las superficies periféricas externas de la tapa (615) del primer extremo y la tapa (615) del segundo extremo están contorneadas para amoldarse a una superficie interna del tubo (700) de cuarzo.

4. El sistema de la reivindicación 1, en el que las ranuras (630) son perpendiculares a las muescas (625).

5. El sistema de la reivindicación 2, en el que los resortes metálicos (620) retienen el conductor dentro de las ranuras (630).

6. El sistema de la reivindicación 1, en el que los elementos (620) de polarización termoconductores entran en contacto con una superficie interior del tubo (700) de cuarzo, sostienen el tubo (605) de la lámpara dentro del tubo de cuarzo y amortiguan las vibraciones que pasan desde el tubo de cuarzo a las tapas (615) del primer y segundo extremo.

7. Un procedimiento de tratamiento de agua, comprendiendo el procedimiento:

introducir el agua en una entrada de un reactor de radiación actínica que incluye por lo menos una lámpara (600) ultravioleta (UV) dispuesta dentro de un tubo (700) de cuarzo dentro del reactor de radiación actínica, incluyendo la por lo menos una lámpara (600) UV:

un tubo (605) de la lámpara que incluye un gas que emite luz ultravioleta en respuesta a la excitación eléctrica;

una primera pinza (610) que se extiende desde un primer extremo del tubo de la lámpara y una segunda pinza (610) que se extiende desde un segundo extremo del tubo de la lámpara; y

una tapa (615) del primer extremo acoplada a la primera pinza (610) y una tapa (615) del segundo extremo acoplada a la segunda pinza (610), la tapa del primer extremo y la tapa del segundo extremo dimensionadas para centrar el tubo (605) de la lámpara coaxialmente dentro del tubo (700) de cuarzo;

elementos (620) de polarización termoconductores dispuestos alrededor de las respectivas periferias externas de cada una de la tapa (615) del primer extremo y la tapa (615) del segundo extremo, en el que cada una de las tapas (615) del primer y segundo extremo incluyen ranuras (630) que se extienden hacia dentro desde la respectiva superficie periférica exterior; y

un conductor (635) eléctrico dispuesto dentro de las ranuras (630) y configurado para proporcionar potencia al tubo (605) de la lámpara;

irradiar el agua dentro del reactor de radiación actínica con luz UV de por lo menos una lámpara (600) UV para producir agua tratada; y extraer el agua tratada del reactor de radiación actínica.

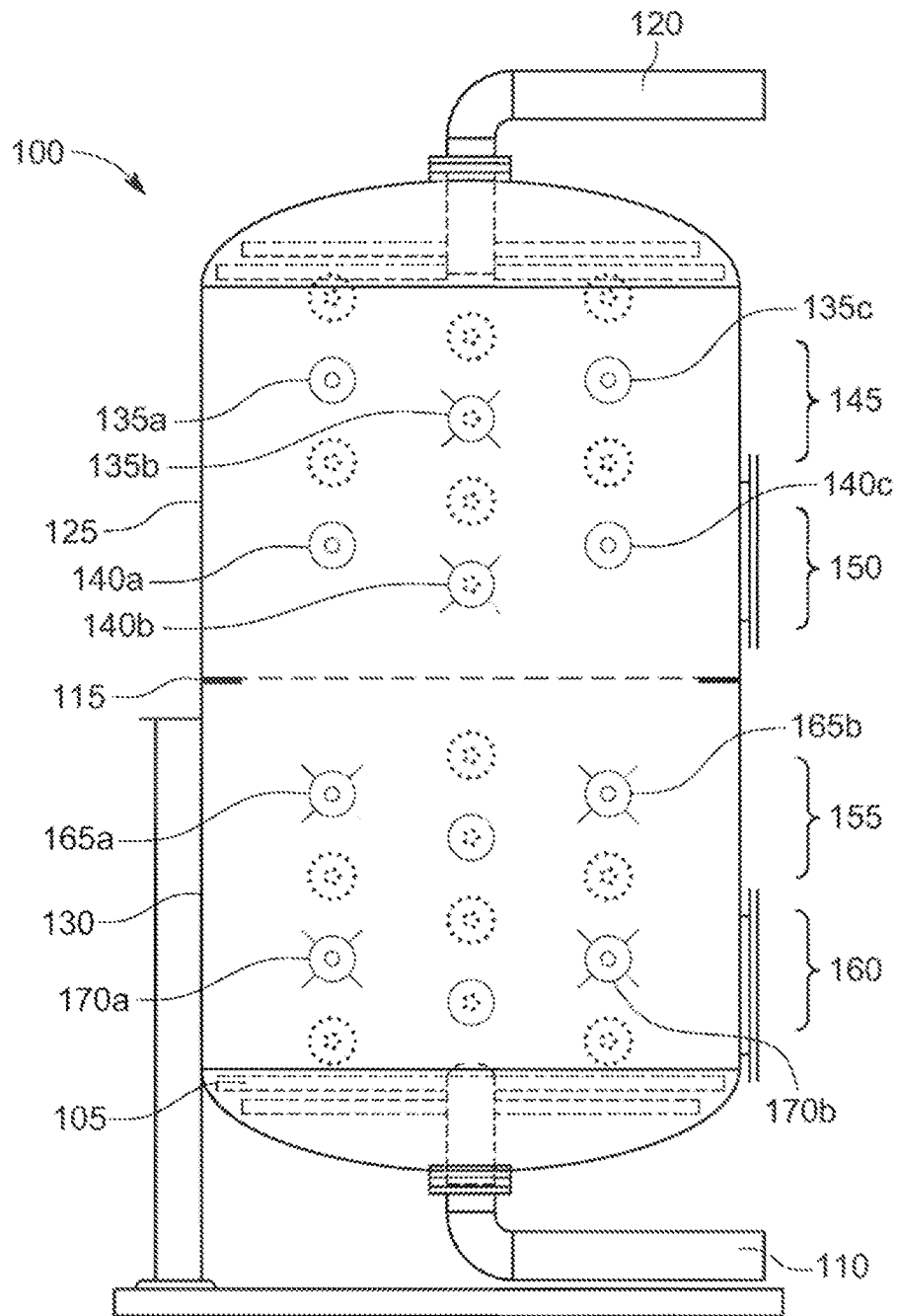


FIG. 1

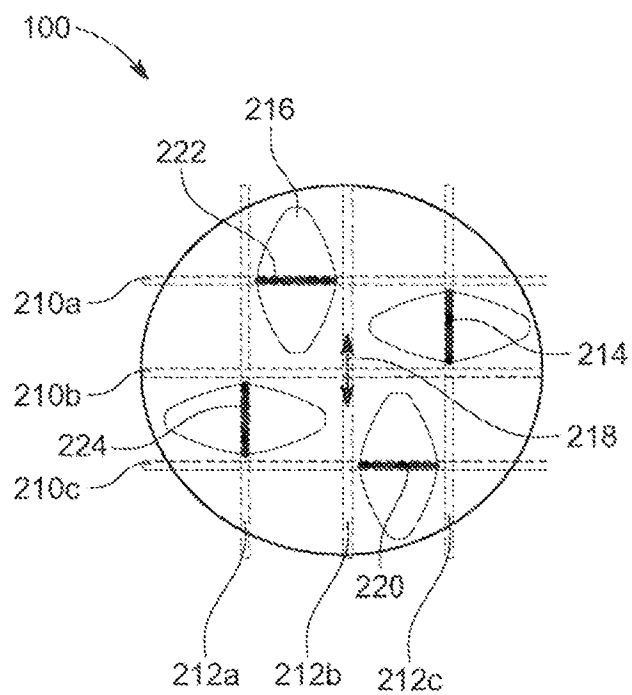


FIG. 2A

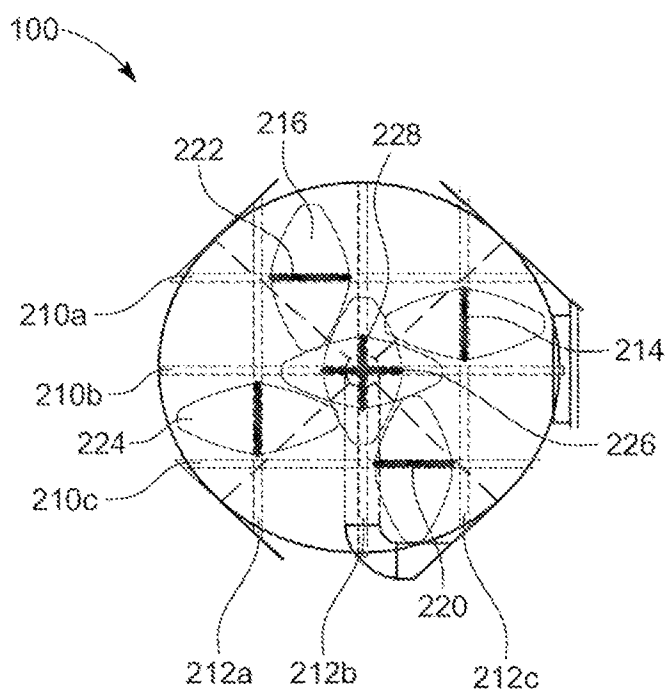


FIG. 2B

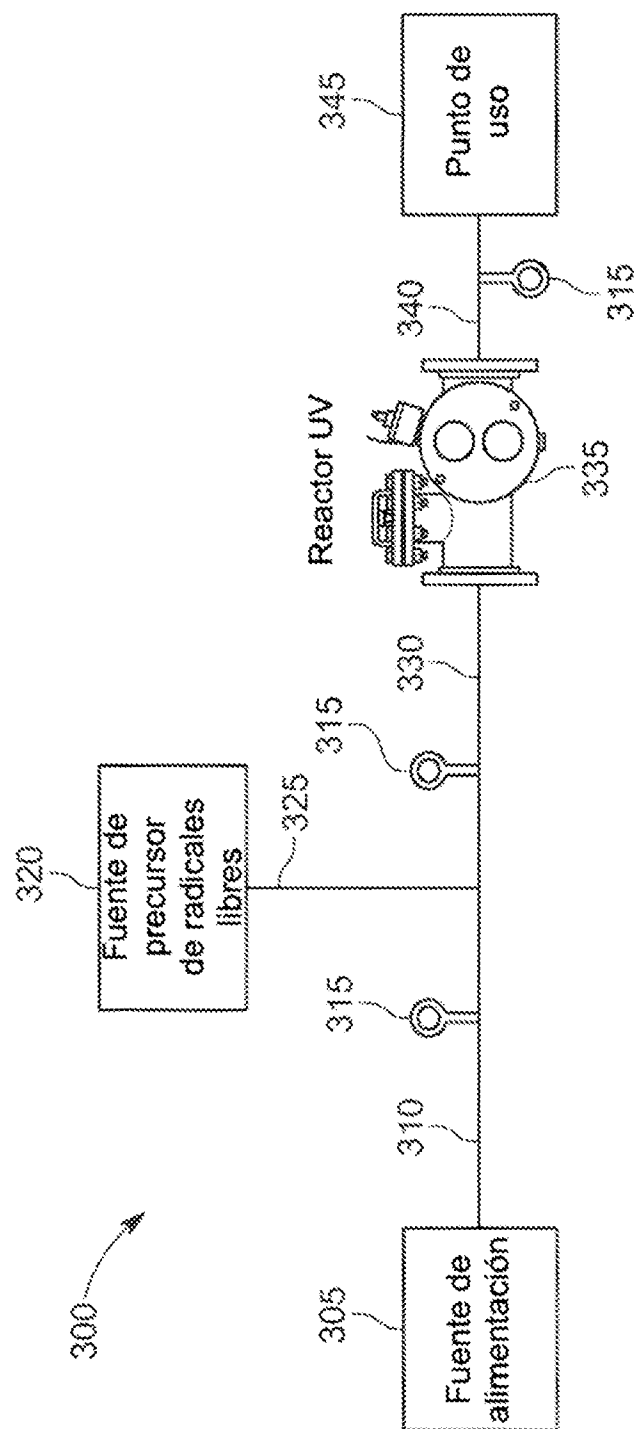


FIG. 3

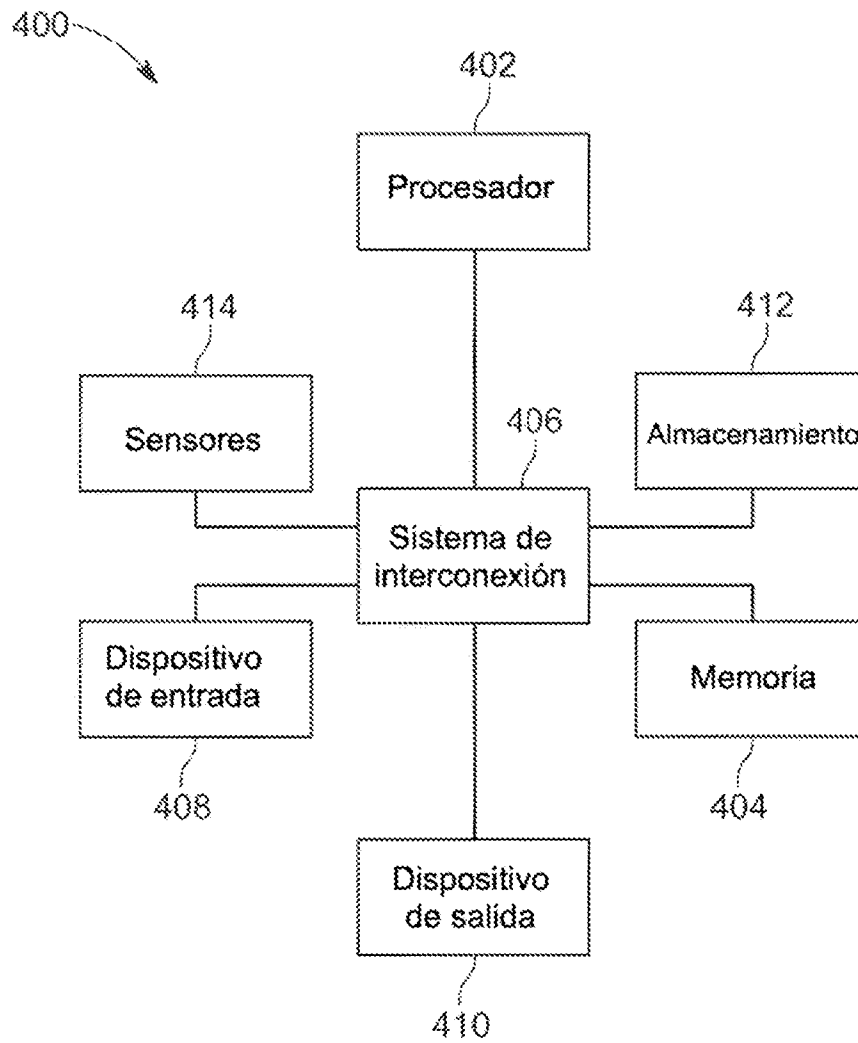


FIG. 4

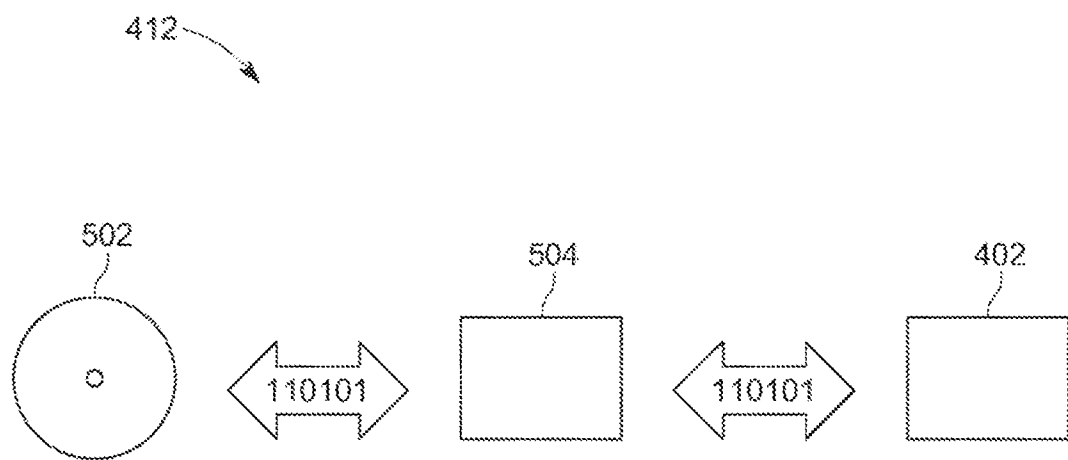


FIG. 5

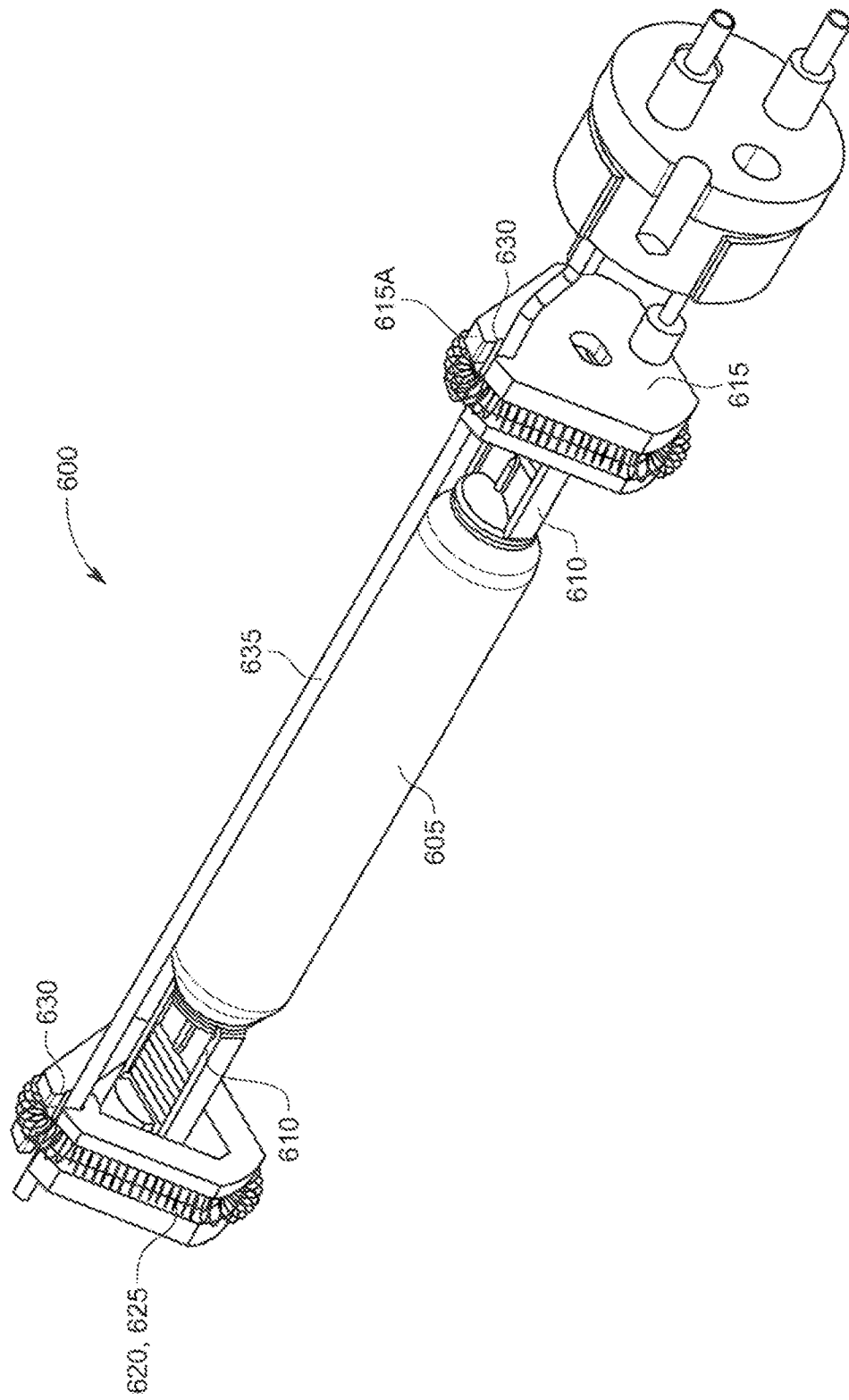


FIG. 6

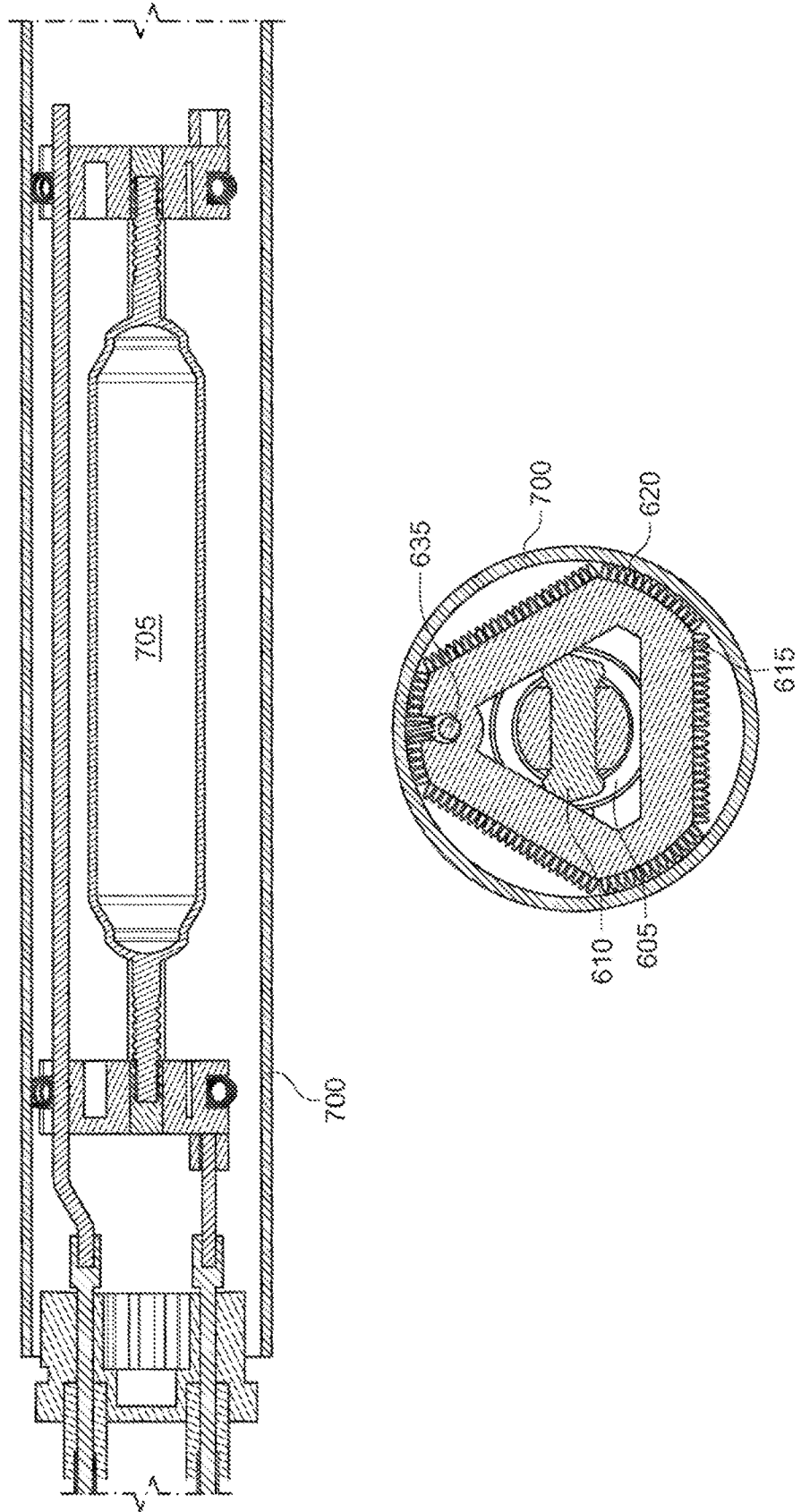


FIG. 7

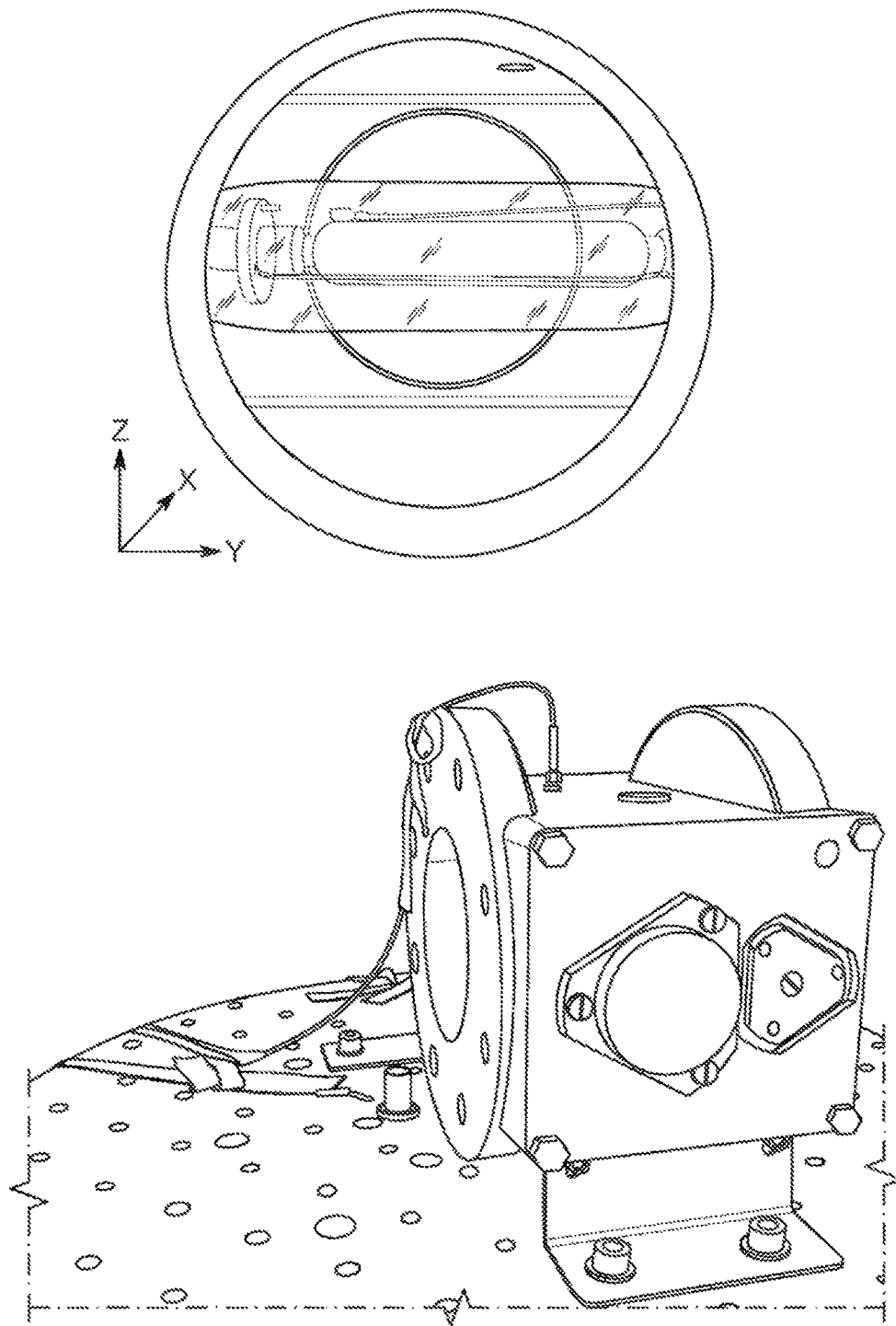


FIG. 8

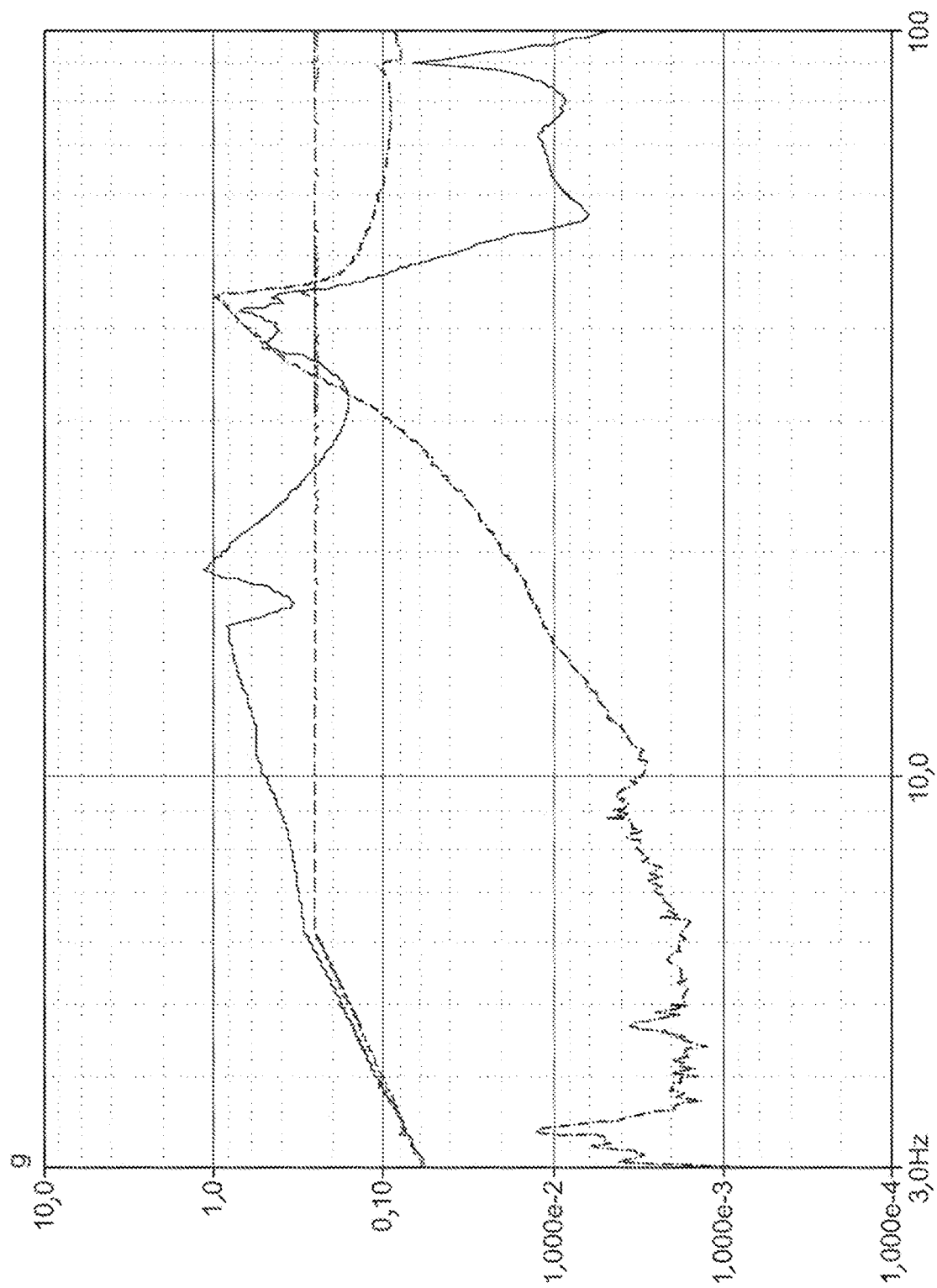


FIG. 9A

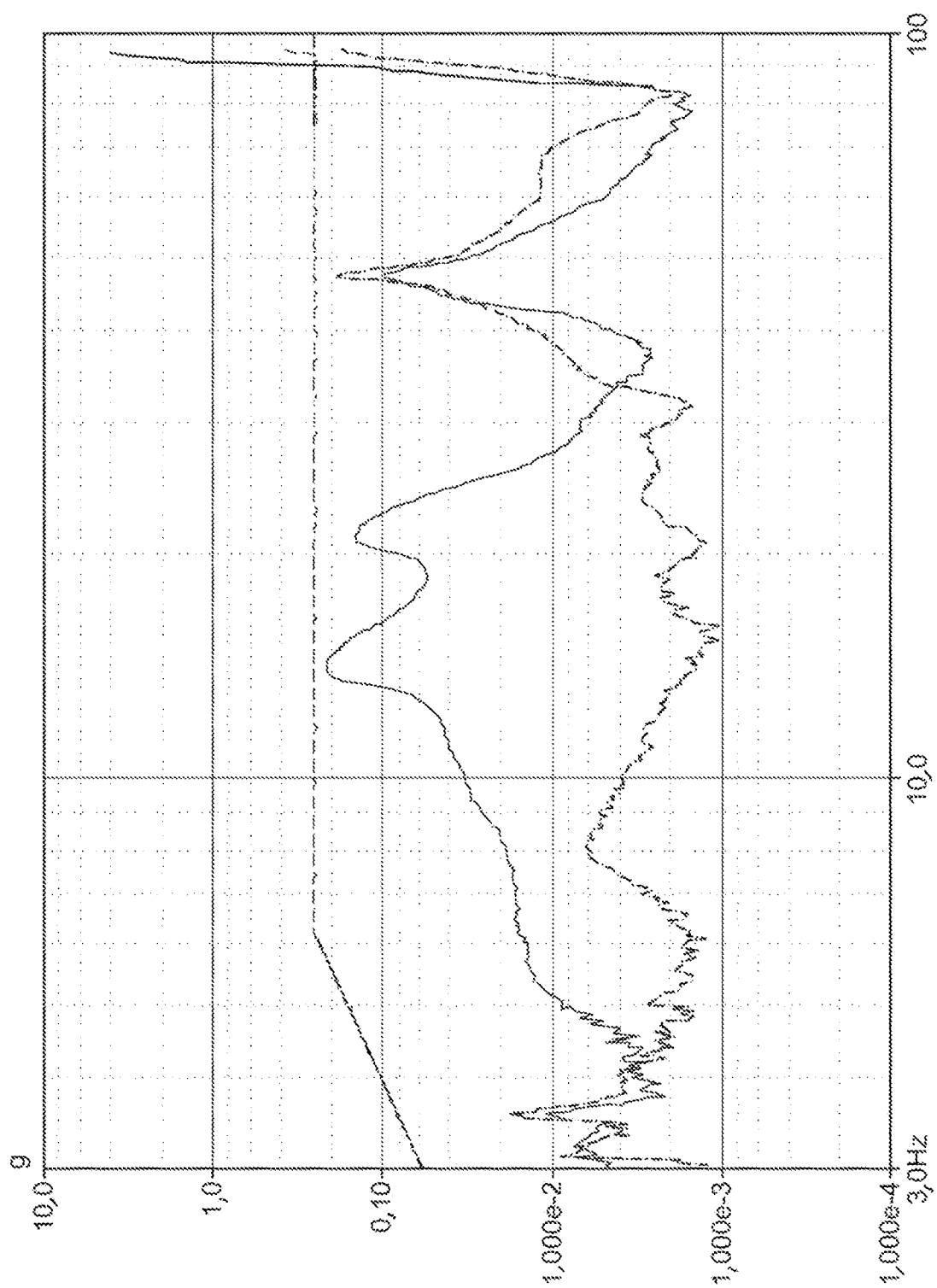


FIG. 9B

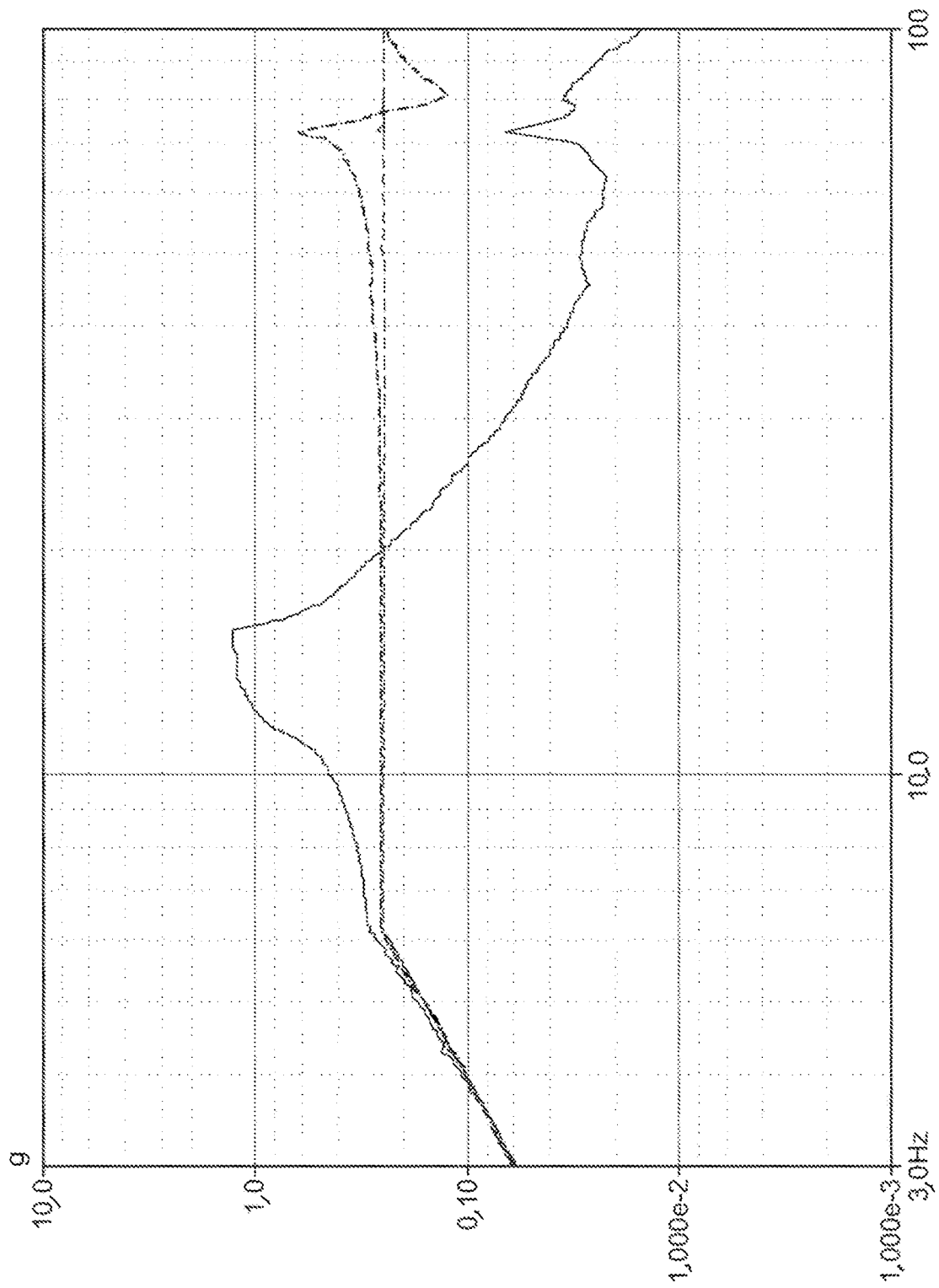


FIG. 9C

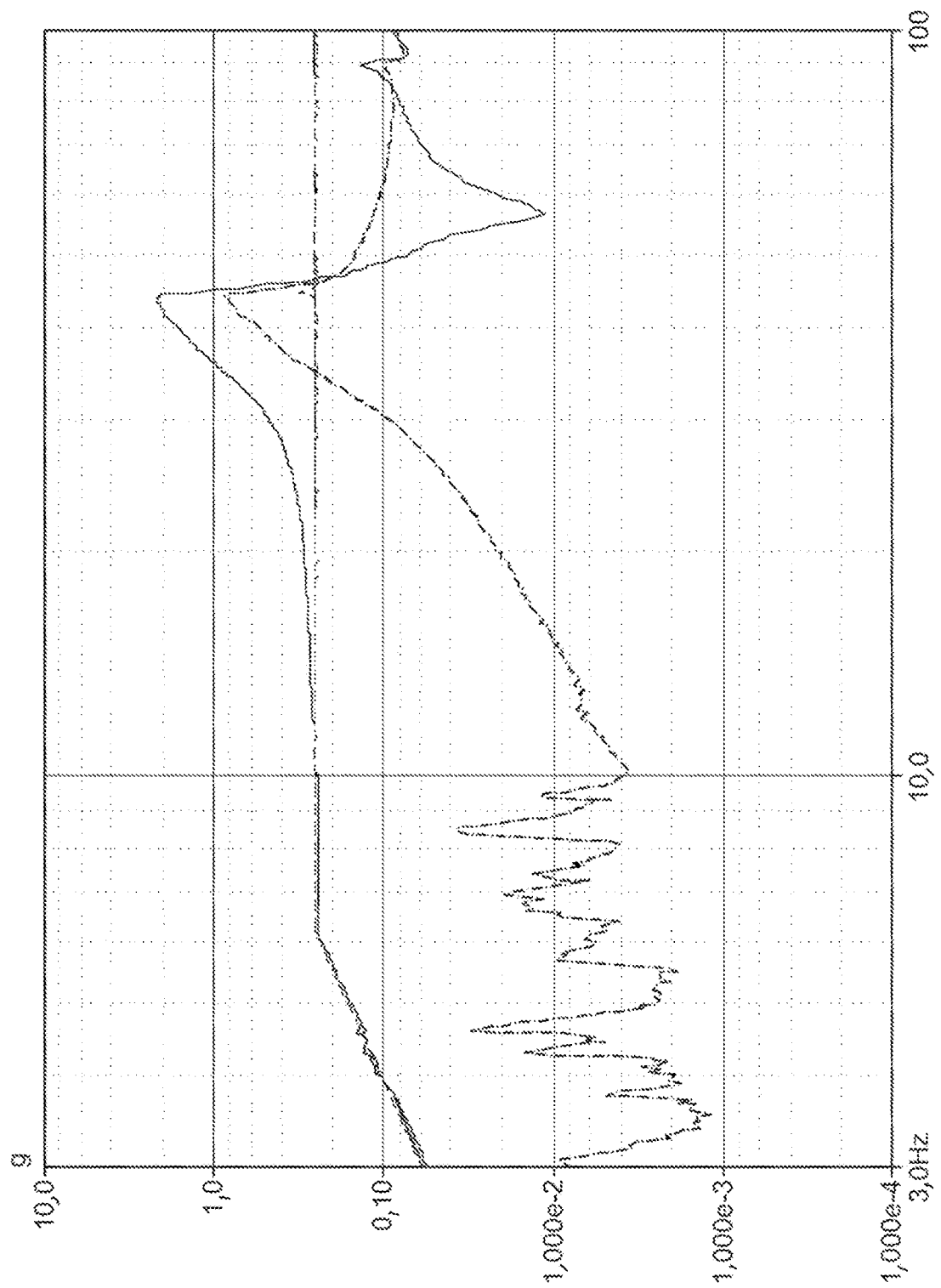


FIG. 10A

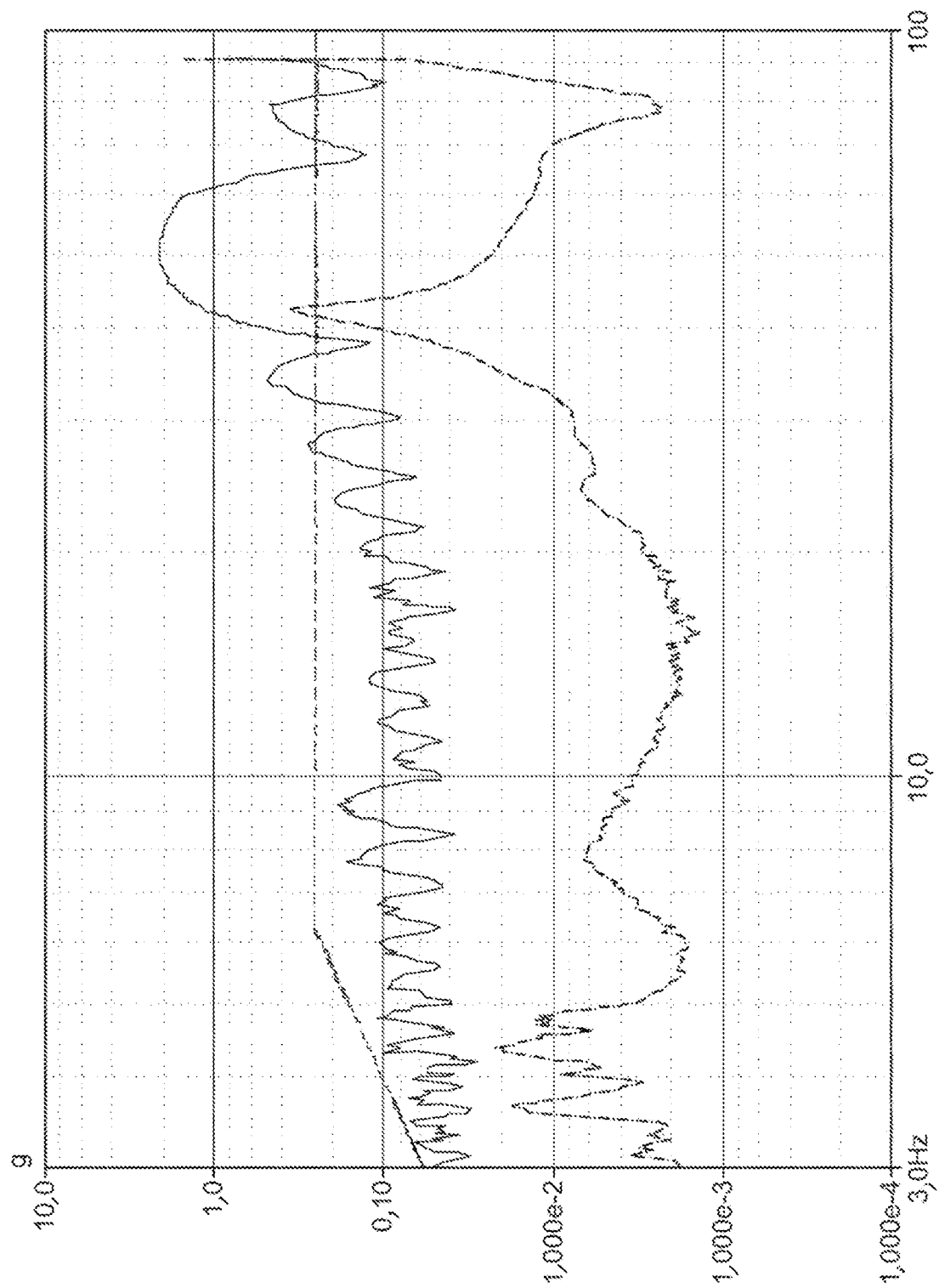


FIG. 10B

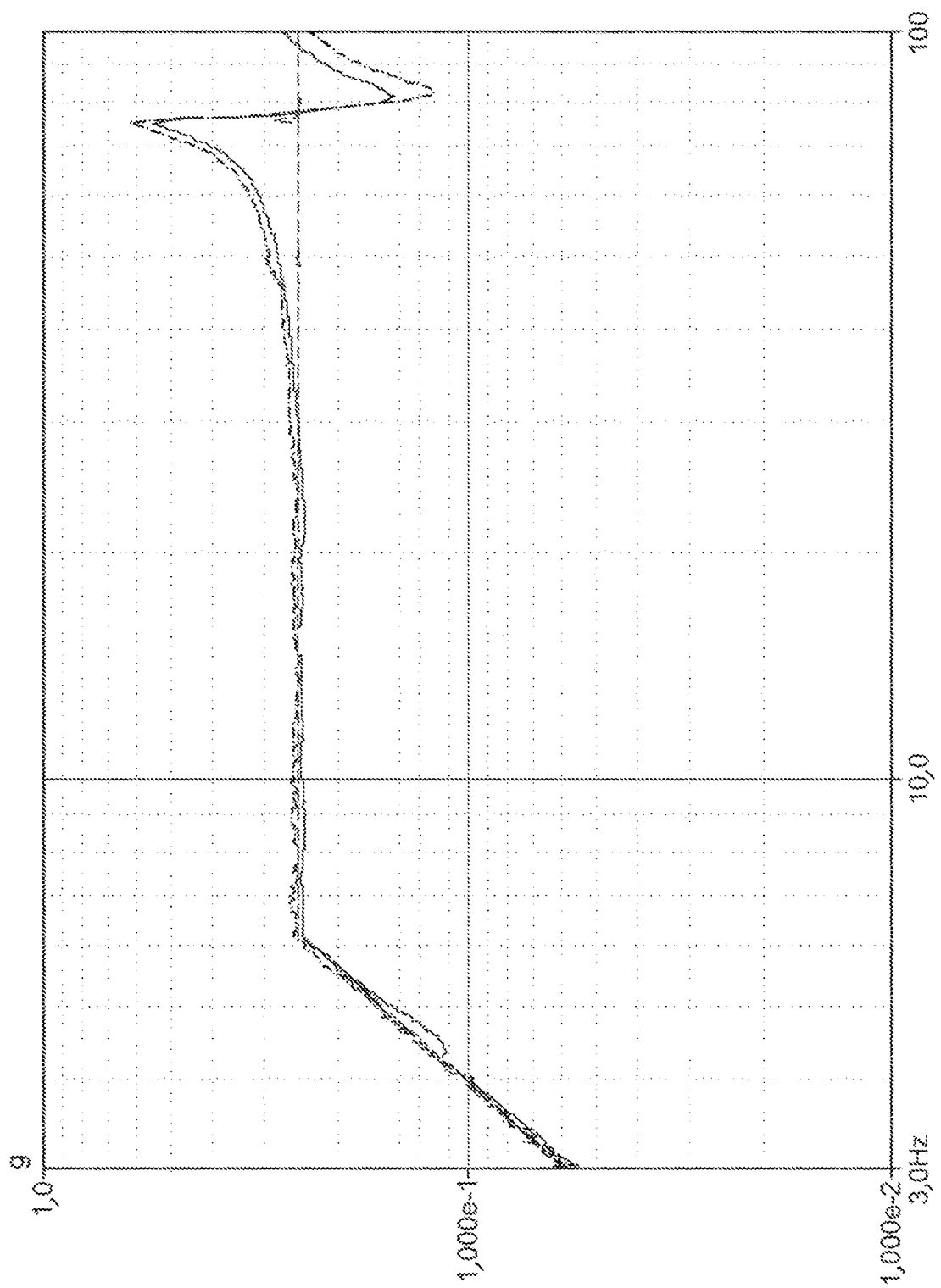


FIG. 10C

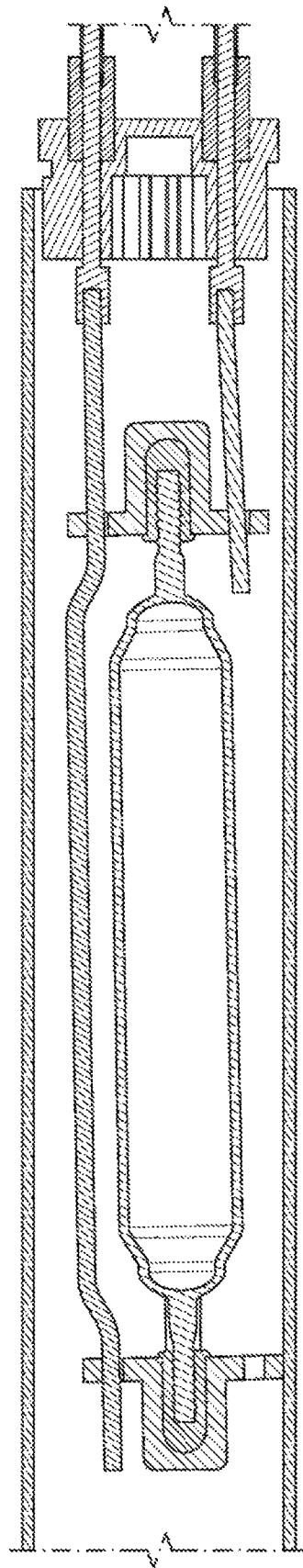


FIG. 11A

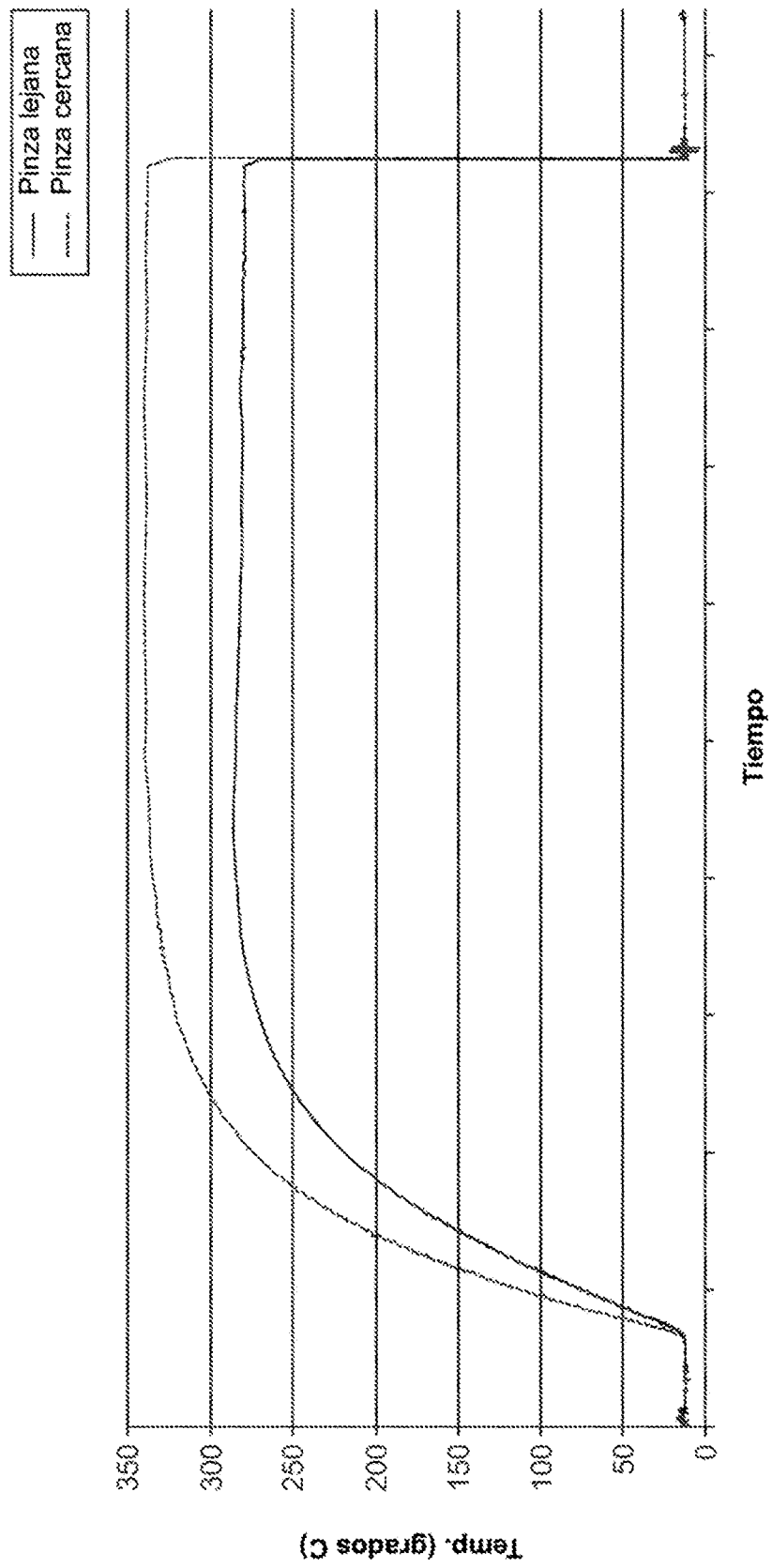


FIG. 11B

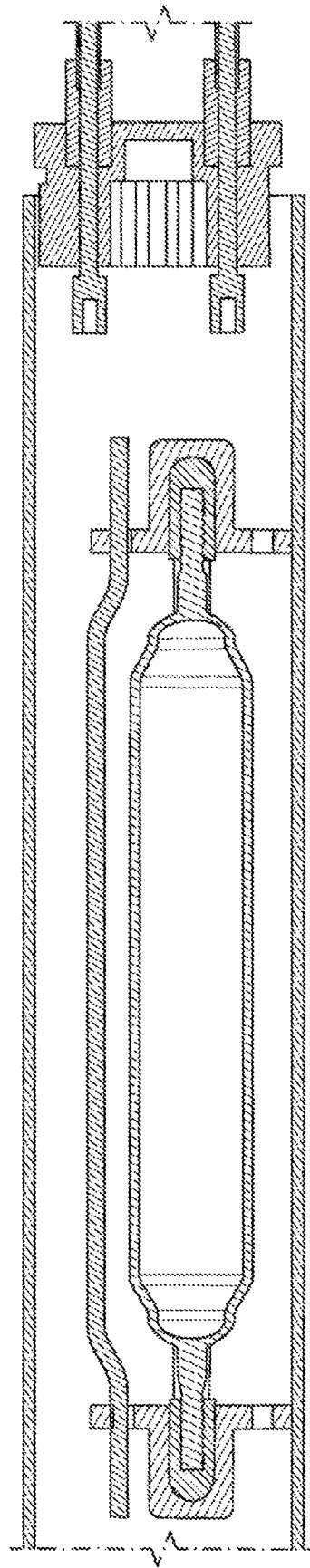


FIG. 12A

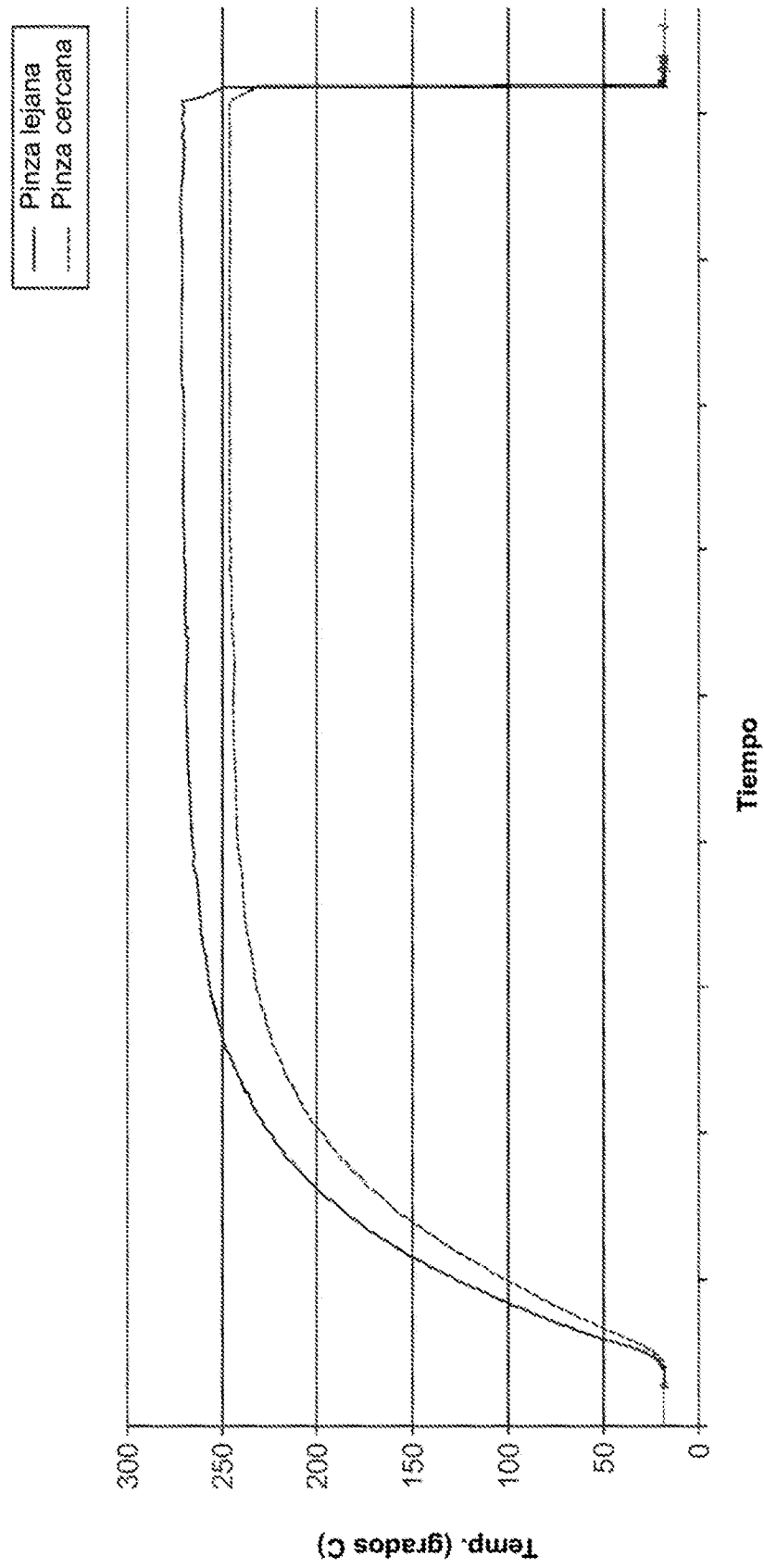


FIG. 12B

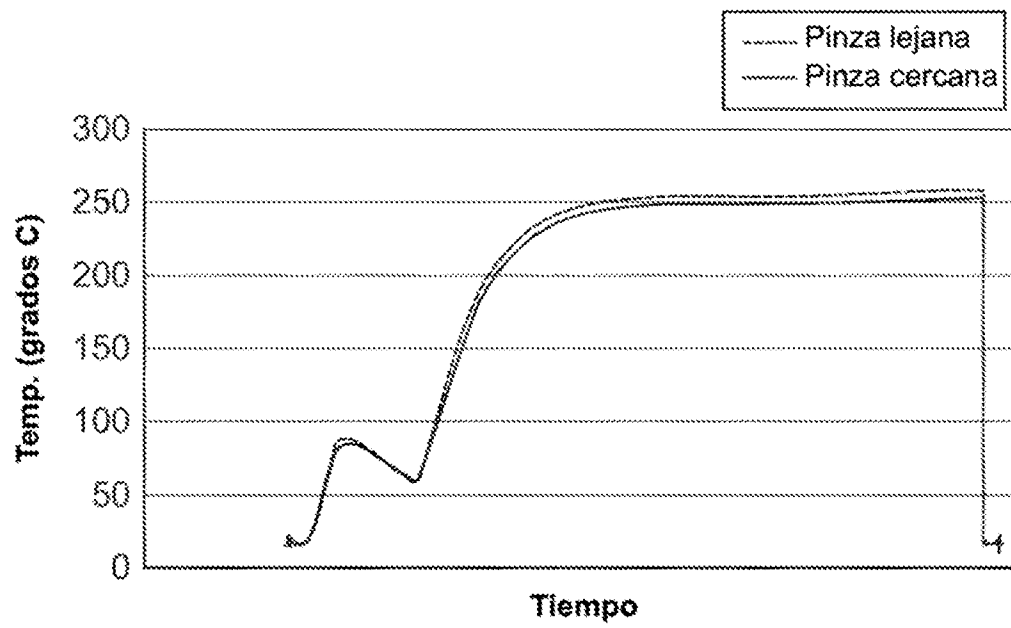


FIG.13

