



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 700**

51 Int. Cl.:

A61L 9/00 (2006.01)

A61L 2/00 (2006.01)

A62B 7/08 (2006.01)

C02F 1/78 (2006.01)

G01N 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05725285 .0**

96 Fecha de presentación : **10.03.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1748799**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.02.2007**

54

Título: **Procedimiento y aparato para controlar la concentración de un producto químico esterilizante en un fluido.**

30

Prioridad: **25.05.2004 US 853084**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.10.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.10.2011

73

Titular/es: **STERIS CORPORATION**
5960 Heisley Road
Mentor, Ohio 44060, US

72

Inventor/es: **Centanni, Michael, A.**

74

Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 366 700 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

Procedimiento y aparato para controlar la concentración de un producto químico esterilizante en un fluido

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a sistemas de descontaminación, y más particularmente a un procedimiento y a un aparato para controlar la concentración de un producto químico esterilizante en un fluido.

Antecedentes de la invención

10 Los procedimientos de descontaminación se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, y han utilizado una gama igualmente amplia de agentes de esterilización. Tal como se usa aquí, el término "descontaminación" se refiere a procesos, incluyendo, pero no limitados a, "la desactivación de biocontaminación", "la desactivación de contaminación química", "esterilización", "desinfección" y "saneamiento". Los productos químicos utilizados para llevar a cabo la descontaminación se refieren aquí de manera intercambiable como descontaminantes o esterilizantes.

15 Los sistemas de descontaminación se basan en el mantenimiento de ciertos parámetros de proceso con el fin de lograr una esterilidad objetivo o un nivel de aseguramiento de la descontaminación. Para los sistemas de descontaminación de vapor de peróxido de hidrógeno, esos parámetros incluyen la concentración de peróxido de hidrógeno líquido en un esterilizante líquido sujeto a evaporación, la concentración del peróxido de hidrógeno vaporizado en un esterilizante vaporizado, el grado de saturación, la temperatura y la presión y el tiempo de exposición. Mediante el control de estos parámetros, la esterilidad deseada de los niveles de aseguramiento de descontaminación puede ser obtenida con éxito.

20 La patente US 4 843 867 describe un sistema de monitorización de la concentración de vapor esterilizante de un vapor condensable en presencia de al menos un vapor condensable adicional. El sistema comprende un sensor de punto de rocío, un dispositivo para la medición de una propiedad adicional de otro vapor, tal como la humedad, y un microprocesador para ajustar los resultados de medición en un modelo calculado. El sistema también comprende una cámara de esterilización y un inyector que inyecta una cantidad medida de vapor condensable de varios componentes en la cámara.

25 El documento US 2002/0168289 A1 describe un sistema de esterilización que comprende una fuente de esterilizante líquido, medios de regulación del flujo de esterilizante, medios de control, un vaporizador y una cámara de vaporización. El esterilizador se mide mediante un sensor de absorción de luz adaptado para detectar un componente, tal como vapor de peróxido de hidrógeno, en un vapor de múltiples componentes.

30 En el documento US 2002/0144727 A1 se describe un sistema y un procedimiento para asegurar la relación de concentración constante en las mezclas de múltiples fluidos utilizadas en el proceso de obleas, en particular para la disolución de gas en un líquido de procesamiento. El sistema controla de forma independiente el flujo de masa de una línea de suministro de líquido y una línea de suministro de gas por medio de reguladores de presión y medidores de flujo correspondientes. Un sensor de la concentración de la mezcla líquida proporciona información de retroalimentación a un controlador.

35 Varios tipos de sensores para la medición de los componentes de un fluido se conocen, por ejemplo, en el documento US 3 778 706, un circuito de sonda de capacitancia mide el contenido de agua en una corriente de gas de múltiples fases, tal como la producida por un pozo de gas natural o petróleo. En el documento US 6 196 052 B1, un dispositivo de detección de gas piezoeléctrico se describe para varias aplicaciones de detección de gas.

La presente invención proporciona un procedimiento y un aparato para el control de las concentraciones de un descontaminante o esterilizante.

Descripción de la invención

40 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, se proporciona un sistema de descontaminación que comprende: (a) una primera fuente de un primer esterilizante líquido que incluye un producto químico esterilizante en una primera concentración, (b) una segunda fuente de un segundo esterilizante líquidos, que incluyen dicho producto químico esterilizante a una segunda concentración, (c) unos primeros medios de regulación para la regulación de un caudal del primer esterilizante líquido, (d) unos segundos medios de regulación para la regulación de un caudal del segundo líquido esterilizante; (e) medios de control para controlar dichos primeros y segundos medios de regulación para producir un esterilizante líquido mezclado que comprende el primer y segundo esterilizantes líquidos; (f) un vaporizador que recibe dicho esterilizante líquido mezclado para producir un esterilizante vaporizado; y (g) una cámara de recepción de dicho esterilizante vaporizado.

50 El sistema de descontaminación también comprende un primer sensor para detectar la concentración de dicho

producto químico esterilizante en el esterilizante líquido mezclado, siendo dicho primer sensor un sensor capacitivo, en el que una propiedad eléctrica de un condensador es indicativa de la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante líquido mezclado.

5 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para controlar un sistema de descontaminación que tiene (a) una primera fuente de un primer esterilizante líquido que incluye un producto químico esterilizante en una primera concentración, y (b) una segunda fuente de un segundo esterilizante líquido, que incluye dicho esterilizante químico en una segunda concentración, comprendiendo el procedimiento: (1) regular un caudal del primer esterilizante líquido y del segundo líquido para producir un esterilizante líquido mezclado que comprende un primer y segundo esterilizante líquido, (2) vaporizar el esterilizante líquido mezclado para producir un esterilizante vaporizado, y (3) introducir el esterilizante vaporizado en una cámara de tratamiento. El procedimiento también
10 comprende la etapa de detectar la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante líquido mezclado, en el que una propiedad eléctrica de un condensador es indicativa de la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante líquido mezclado.

15 Otra de las ventajas de la presente invención es la provisión de un procedimiento y un aparato para el control de las concentraciones de productos químicos que permite que la concentración de un producto químico esterilizante dentro de una cámara de esterilización sea controlada dentro de un rango de concentración deseado.

Otra de las ventajas de la presente invención es la provisión de un procedimiento y un aparato para el control de las concentraciones de productos químicos que permite proporcionar una concentración ideal de productos químicos esterilizantes a una cámara de esterilización.

20 Una de las ventajas de la presente invención es la provisión de un procedimiento y un aparato para el control de las concentraciones de productos químicos que controla la concentración de un producto químico esterilizante vaporizado en una cámara de tratamiento mediante la regulación de la concentración de un producto químico esterilizante líquido antes de la vaporización.

25 Otra de las ventajas de la presente invención es la provisión de un procedimiento y un aparato para el control de las concentraciones de productos químicos que permite controlar la concentración de un producto químico esterilizante dentro de una cámara de esterilización para compensar la vida media y la absorción asociada con el producto químico esterilizante.

Estos y otros objetos se harán evidentes a partir de la descripción de una realización preferida junto con los dibujos que se acompañan y las reivindicaciones adjuntas.

30 **Breve descripción de los dibujos**

La invención puede tomar la forma física en algunas partes y la disposición de las partes, una realización preferida de las cuales se describen en detalle en la memoria y se ilustra en los dibujos adjuntos que forman parte de la misma, y en donde:

La figura 1 es una vista esquemática de un sistema de descontaminación;

35 La figura 2 es un diagrama esquemático de un sensor capacitivo de ejemplo para determinar la concentración de un producto químico esterilizante utilizado en un sistema de descontaminación, de acuerdo con una primera realización;

La figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra un sensor capacitivo de ejemplo para determinar la concentración de un producto químico esterilizante utilizado en un sistema de descontaminación, de acuerdo con una segunda realización;

40 La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra un sensor capacitivo de ejemplo para determinar la concentración de un producto químico esterilizante utilizado en un sistema de descontaminación, de acuerdo con una tercera realización;

La figura 5 es una vista desde arriba en planta de un sensor piezoeléctrico de ejemplo para determinar la concentración de un producto químico esterilizante utilizado en un sistema de descontaminación;

45 La figura 6 es una vista lateral en alzado del sensor que se muestra en la figura 5;

La figura 7 es una vista en perspectiva del sensor que se muestra en la figura 5.

Descripción detallada de la realización preferida

Con referencia ahora a los dibujos, en los que las proyecciones son con el propósito de ilustrar una realización

preferida de la invención únicamente, y no con el propósito de limitar la misma, la figura 1 muestra un sistema de descontaminación 10 que tiene sensores S1 y S2 para determinar la concentración de un producto químico esterilizante utilizado en el sistema 10. En la realización mostrada, el sistema 10 es un sistema de descontaminación de circuito cerrado para la descontaminación de objetos con peróxido de hidrógeno, y más particularmente, con peróxido de hidrógeno vaporizado. Debe entenderse que la presente invención también es adecuada para su uso en conexión con sistemas de descontaminación de bucle abierto.

El sensor S1 se describe respecto a la determinación de la concentración de peróxido de hidrógeno líquido en un esterilizante líquido de múltiples componente. El sensor S2 se describe respecto a la determinación de la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado en un esterilizante de múltiples componentes en fase de vapor. Por supuesto, se apreciará que los sensores S1 y S2 de acuerdo con la presente invención pueden encontrar una aplicación ventajosa en la determinación de la concentración de productos químicos esterilizantes que no sean peróxido de hidrógeno.

En la realización mostrada, el sistema 10 incluye un aislador o habitación 22 que define una cámara de tratamiento interno 24. Se debe entender que la cámara de tratamiento 24 puede tomar la forma de una región. Se contempla que los artículos a descontaminar pueden colocarse en un aislador o habitación 22. Un vaporizador (también conocido como generador) 32 está conectado a la cámara 24 del aislador o habitación 22 mediante de un conducto de suministro 42. El conducto de suministro 42 define una entrada 44 a la cámara 24. El vaporizador 32 está conectado a un primer suministro de esterilizante líquido 52 y un segundo suministro de esterilizante líquido 152 mediante una línea de alimentación 54 y líneas de suministro de alimentación 53 y 153. El esterilizante líquido recibido por el vaporizador 32 se vaporiza mediante medios convencionalmente conocidos.

Una bomba 62 accionada mediante un motor 64 se proporciona para transportar cantidades dosificadas de un esterilizante líquido desde el primer suministro de esterilizante líquido 52 al vaporizador 32. De manera similar, una bomba 162 accionada mediante un motor 164 se proporciona para transportar cantidades dosificadas de un esterilizante líquido desde el segundo suministro de esterilizante líquido 152 al vaporizador 32. En una realización preferida, las bombas 62 y 162 son bombas de medición de control electrónico. Las bombas convencionales de medición transfieren fluido en dos etapas, a saber, una carrera de admisión y una carrera de salida. Durante la carrera de admisión, el líquido es recogido en una cavidad de la bomba delante de una válvula de comprobación de entrada. Durante la carrera de salida, la válvula de admisión se cierra, se abre una válvula de salida, y el fluido es forzado a salir. El flujo se puede variar cambiando la longitud de la carrera o mediante el ajuste de la frecuencia del ciclo. El caudal de la bomba se controla electrónicamente.

A través del control de la operación de las bombas 62 y 162, la tasa de flujo de esterilizante líquido recibido por vaporizador 32 de cada uno del primer y segundo suministros de esterilizante líquido 52 y 152 se puede regular selectivamente, tal como se describirá en detalle a continuación. Se debe apreciar que el sistema 10 puede incluir otros dispositivos para regular el flujo de esterilizante líquido esterilizante del primer y segundo suministros de líquido 52 y 152, incluyendo pero no limitado a válvulas, caudalímetros, etc.

Un interruptor de presión 72 se proporciona en la línea de alimentación 54. El interruptor de presión 72 es operable para proporcionar una señal eléctrica en caso de que una cierta presión de carga estática no exista en la línea de alimentación 54.

El aislador o habitación 22 y el vaporizador 32 son parte de un sistema de circuito cerrado que incluye un conducto de retorno 46 que conecta a un puerto de salida 48 con el aislador o habitación 22 (y la cámara 24) al vaporizador 32. Un ventilador 82, accionado por un motor 84, está dispuesto dentro del conducto de retorno 46 entre el aislador o la habitación 22 y el vaporizador 32. El ventilador 82 es operable para circular esterilizante y un gas portador, preferiblemente aire, a través del sistema de circuito cerrado. Un primer filtro 92 y un destructor catalítico 94 están dispuestos en un conducto de retorno 46 entre el ventilador 82 y el aislador o la habitación 22, tal como se ilustra en la figura 1. El primer filtro 92 es preferiblemente un filtro HEPA y se proporciona para eliminar los contaminantes que fluyen a través del sistema 10. El destructor catalítico 94 es operable para destruir el peróxido de hidrógeno vaporizado (H_2O_2) que fluye a su través, como es conocido convencionalmente. El destructor catalítico 94 convierte el peróxido de hidrógeno vaporizado (H_2O_2) en agua y oxígeno. Un secador de aire 112, un segundo filtro 114 y un calentador 116 están dispuestos en una línea de retorno 46 entre el ventilador 82 y el vaporizador 32. El secador de aire 112 es operable para eliminar la humedad del aire inyectado a través del sistema de circuito cerrado. El segundo filtro 114 es operable para filtrar el aire soplado a través del conducto de retorno 46 mediante el ventilador 82. El calentador 116 es operable para calentar el aire soplado a través del conducto de retorno 46 mediante el ventilador 82. En este sentido, el aire se calienta antes de la entrada de aire al vaporizador 32.

El controlador 132 es un sistema de microprocesador o microcontrolador programado para controlar la operación del sistema 10. Tal como se ilustra en la figura 1, el controlador 132 está conectado eléctricamente también a los motores 64, 84 y 164, y a las bombas 62 y 162. El controlador 132 también incluye preferiblemente (o se conecta con) un

dispositivo de almacenamiento de datos 133 para el almacenamiento de datos.

El sensor S2 puede tomar la forma de un sensor adecuado para determinar la concentración de los productos químicos utilizados en el sistema esterilizante 10. El sensor S1 se coloca preferiblemente dentro de la línea de alimentación 54 para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno líquido en la misma. Del mismo modo, el sensor S2 se coloca preferiblemente dentro de la cámara 24 para detectar la concentración de peróxido de hidrógeno en fase de vapor en la misma. Los sensores de ejemplo S1 y S2 a continuación se describirán en detalle. De acuerdo con la presente invención, se contempla que el sistema 10 pueda estar configurado con un sólo sensor S1, o los sensores S1 y S2 en combinación. Además, debe apreciarse que en una realización alternativa, los sensores adicionales podrían estar ubicados en cualquiera o las dos líneas de alimentación 53 y 153, o dentro del primer y segundo suministros de esterilizante 52 y 152, para determinar la concentración del peróxido de hidrógeno líquido en el mismo.

Un sensor de ejemplo S1 es el sensor 300, que se muestra en la figura 2.

En términos generales, el sensor 300 incluye un condensador 305 que actúa como un elemento de detección. Las propiedades eléctricas del condensador 305 responden a un producto químico esterilizante utilizado en el sistema 10. En este sentido, debe tenerse en cuenta que la constante dieléctrica de un condensador depende de la "polarizabilidad" electrónica. La polarización es la capacitancia de las moléculas para formar un dipolo en un campo eléctrico o la capacitancia del campo eléctrico para alinear o girar un dipolo inherente, tal como las moléculas de agua.

De acuerdo con la realización ilustrada en la figura 2, el sensor 300 toma la forma de un "circuito de puente". Como es bien sabido por los expertos en la materia, los circuitos de puente se utilizan para determinar el valor de una impedancia desconocida en términos de impedancias de valor conocido. Las mediciones de alta precisión son posibles porque se utiliza una condición nula para determinar la impedancia desconocida. El circuito de puente se utiliza para determinar un valor de capacitancia indicativo de la concentración de un producto químico esterilizante utilizado en el sistema 10.

El sensor 300 generalmente comprende una fuente de voltaje 322, un detector nulo 330, un potenciómetro electrónico 340, un condensador 315 de una capacitancia conocida C_1 , y el condensador 305 que tiene una capacitancia C_x .

El condensador 305 está directamente expuesto al agente esterilizante líquido que fluye a través de línea de alimentación 54. El esterilizante líquido llena el espacio entre las placas conductoras del condensador 305, actuando así como aislante o "dieléctrico" del condensador 305. La capacitancia C_x del condensador 305 variará de acuerdo con la concentración del producto químico esterilizante en el esterilizante líquido.

En una realización preferida, el condensador 305 es un condensador de placas paralelas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el condensador 305 se puede construir de una forma diferente. Por ejemplo, el condensador 305 puede ser un condensador cilíndrico o esférico. Si un condensador esférico se utiliza como condensador 305, los orificios deben estar colocados en la capa externa del condensador 305 de manera que el agente esterilizante líquido puede entrar y salir del condensador.

El potenciómetro electrónico 340 funciona de la misma manera que un potenciómetro mecánico. En este sentido, el potenciómetro electrónico 340 es un dispositivo de tres terminales. Entre dos de los terminales hay un elemento de resistencia. El tercer terminal conocido como el "limpiador" se conecta a varios puntos a lo largo del elemento resistivo. En la realización ilustrada, el limpiador se controla digitalmente mediante el controlador 132 (véase la figura 1). El limpiador divide el elemento de resistencia en dos resistencias R_{BC} y R_{AC} . El potenciómetro electrónico 340 puede tomar la forma de un potenciómetro digital programable (DPPTM) disponible en Catalyst Semiconductor, Inc., de Sunnyvale, California.

En una realización preferida, la fuente de voltaje 322 proporciona una señal de voltaje de corriente alterna, tal como una forma de onda sinusoidal o de pulsos. El detector nulo 330 es un dispositivo para la detección de una condición nula (es decir, un cortocircuito), tal como un galvanómetro, un voltímetro, un amplificador selectivo de frecuencia, y similares.

El funcionamiento del sensor 300 se describirá a continuación en detalle. Los elementos del circuito de puente se conectan entre las uniones AC, BC, AD y BD. El potenciómetro electrónico 340 es operado por el controlador 132 para variar las resistencias R_{BC} y R_{AC} hasta que la diferencia de potencial entre las uniones A y B (V_{AB}) es igual a cero. Cuando se da esta situación, el puente se dice que está equilibrado o "anulado". Las siguientes relaciones se mantienen entonces para las tensiones en las ramas principales:

$$V_{AC} = V_{BC} \text{ y } V_{AD} = V_{BD},$$

en la que V_{AC} es la tensión entre las uniones A y C, V_{BC} es la tensión entre las uniones B y C, V_{AD} es la tensión entre las uniones A y D, y V_{BD} es la tensión entre las uniones B y D. Por lo tanto,

$$V_{AD}/V_{AC} = V_{BD}/V_{BC}$$

$$V_{AD} = V_{BD}/(V_{AC}/V_{BC})$$

5 El condensador 305 de capacitancia C_x está conectado entre las uniones A y D, y el condensador 315 de capacitancia conocida C_1 está conectado entre las salidas B y D. El potenciómetro electrónico 340, conectado desde la unión A a la unión C a la unión B, se ajusta mediante el controlador 132 para variar la tensión V_{AC} y V_{BC} .

10 Cuando un valor nulo es detectado mediante el detector nulo 330, la corriente I_1 fluye desde la unión C a la unión A a la unión D, y una corriente I_2 fluye desde la unión C a la unión B a la unión D. La tensión de salida V_{AC} a través de las uniones A a C, y la tensión V_{BC} a través de uniones B a C son:

$$V_{AC} = I_1 R_{AC} \text{ y } V_{BC} = I_2 R_{BC}$$

La tensión a través de un condensador con capacitancia C , corriente I , y la frecuencia es:

$$V = \frac{I}{2\pi f C}$$

Por lo tanto, las tensiones V_{AD} y V_{BD} se pueden expresar como:

$$V_{AD} = \frac{I_1}{2\pi f C_x} \quad V_{BD} = \frac{I_2}{2\pi f C_1}$$

15

Tal como se mencionó anteriormente, $V_{AD} = V_{BD}/(V_{AC}/V_{BC})$, $V_{AC} = I_1 R_{AC}$, y $V_{BC} = I_2 R_{BC}$. Por lo tanto,

$$C_x = C_1 \left(\frac{R_{BC}}{R_{AC}} \right)$$

20

En vista de la relación anterior, cuando se detecta una condición nula, los valores de la resistencia para R_{BC} y R_{AC} , junto con la capacitancia C_1 conocida del condensador 315, se puede utilizar para determinar el valor desconocido de la capacitancia C_x del condensador 305.

25

Las diferencias en los momentos dipolares de las diferentes moléculas se utilizan para determinar la concentración de peróxido de hidrógeno líquido en la línea de fluido 54. Tal como se mencionó anteriormente, el esterilizante líquido llena el espacio entre las placas conductoras del condensador 305, actúan así como el dieléctrico del condensador 305. Mediante la configuración de condensador 305 como un elemento de un circuito de puente, una medida de los valores de resistencia R_{AC} y R_{BC} , cuando el puente está equilibrado o anulado, se puede utilizar para determinar la capacitancia C_x del condensador 305. La capacitancia C_x del condensador 305 es indicativa de la concentración de peróxido de hidrógeno en la línea de fluido 54, ya que la permitividad del dieléctrico respectivo se ve afectada por la concentración relativa de peróxido de hidrógeno en el esterilizante líquido.

30

Es bien sabido que para un condensador de placas paralelas $C = (k\epsilon_0) (A/d) = (\epsilon) (A/d)$, donde C es la capacitancia, k es la constante dieléctrica, ϵ_0 es la permitividad de espacio libre ($8,85 \times 10^{-12}$ F/m), ϵ es la permitividad (Faradios/metro) del dieléctrico del condensador, A es el área de las placas del condensador (m^2), y d es la separación en metros entre el placas del condensador. A medida que aumenta ϵ , la capacitancia C se incrementará. Cuando el condensador es un condensador de placas paralelas con placas circulares de diámetro D , $C = (\pi D^2 \epsilon)/(4d)$.

35

Se apreciará que la constante dieléctrica k del condensador se puede determinar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$k = \frac{4dC}{\pi D^2 \epsilon_0},$$

donde el valor de la capacitancia, C , se determina tal como se mencionó anteriormente. La constante dieléctrica del

condensador también se puede determinar mediante la determinación de la capacitancia con el dieléctrico en posición entre las placas conductoras (C_d), y luego determinar la capacitancia sin el dieléctrico en posición (C_0). La relación de las dos capacitancias es igual a la constante dieléctrica,

$$k = \frac{C_d}{C_0}.$$

5 La respuesta de un condensador se ve influenciada por las características (por ejemplo, la frecuencia) de la forma de onda de corriente alterna aplicada al mismo. En este sentido, la reactancia capacitiva (X_c) es una función de la frecuencia. La reactancia capacitiva es la oposición ofrecida al flujo de la corriente alterna mediante capacitancia pura, y se expresa en ohmios ($X_c = 1/(2\pi fC)$). En consecuencia, la frecuencia de la forma de onda generada por la fuente de tensión 322 influye en la respuesta de los condensadores. Por lo tanto, la frecuencia seleccionada para la fuente de tensión 322 debe ser preferentemente una frecuencia que proporcionará una respuesta generalmente lineal para la capacitancia cuando varía la concentración de un producto químico esterilizante. Esto facilitará el uso de la interpolación y la extrapolación de los valores de la capacitancia, tal como se verá más adelante. Si no se obtiene una respuesta lineal adecuada, entonces un conjunto expandido de puntos de datos deben ser almacenados en el dispositivo de almacenamiento de datos 133.

15 Debe apreciarse que aunque una realización preferida de la presente invención incluye un sensor 300 en forma de un circuito de puente, otros tipos de circuitos y técnicas (incluyendo otros tipos de circuitos de puente, y medidores de capacitancia) conocidos por los expertos en la materia, puede ser convenientemente utilizados para medir la capacitancia. Por ejemplo, la figura 3 ilustra un sensor alternativo 300A. El sensor 300A es un circuito resonante LC, que incluye un condensador variable 325 (que tiene una capacitancia C_A), y el condensador 305 (que tiene una capacitancia C_x) que actúa como elemento sensor, tal como se describió anteriormente. Como la frecuencia de resonancia ($\omega_0 = [L(C_A + C_x)]^{-1/2}$), se puede determinar la capacitancia desconocida C_x del condensador 305.

La figura 4 ilustra otro sensor alternativo 300B adecuado para su uso en relación con la presente invención. El sensor 300B es un circuito sensor de la "transferencia de carga". Los circuitos de sensores de transferencia de carga son reconocidas por ofrecer resoluciones de fracciones de un femtoFaradio. En un circuito sensor de transferencia, la carga de la capacitancia C_x desconocida de un electrodo de sentido está determinada por la carga del electrodo de sentido en un potencial fijo, y luego transferir esa carga a un detector de carga que comprende un condensador 335 de capacitancia C_s conocida. En el sensor 300B, el condensador 305 de capacitancia C_x desconocida actúa como elemento de detección, tal como se describió anteriormente. En este sentido, el esterilizante líquido en la línea de fluido 54 llena el vacío entre las placas conductoras del condensador 305, lo cual actúa como un aislante o "dieléctrico" del condensador 305. El condensador 305 se conecta primero a una tensión de referencia de corriente continua (V_r) a través de un interruptor S1. El interruptor S1 se vuelve a abrir después de que el condensador 305 se carga de manera satisfactoria al potencial de V_r . Entonces, después de un retraso lo más breve posible para minimizar los efectos de la fuga provocada por la conductancia, el interruptor S2 se cierra y la carga (Q) presente en el condensador 305 se transfiere al condensador 335 (es decir, el detector de carga). Una vez que la carga Q es transferida satisfactoriamente al condensador 335, el interruptor S2 se vuelve a abrir. Mediante la lectura del voltaje V_s , la capacitancia C_x del condensador 305 se puede determinar. V_s puede ser la entrada a un amplificador para proporcionar el escalado necesario para presentar un convertidor de analógico a digital (ADC) con un rango útil de tensión para el procesamiento digital. El interruptor S3 actúa como medios de restablecimiento para restablecer la carga entre los ciclos de transferencia de carga, de manera que cada ciclo de transferencia de carga tiene una condición inicial consistente. Los interruptores S1, S2 y S3 pueden ser los interruptores o transistores electromecánicos. Preferiblemente, la lógica de control digital se utiliza para controlar los interruptores S1, S2 y S3. En una modalidad preferida, el condensador 335 se selecciona para ser significativamente mayor que el condensador 305.

Las ecuaciones que gobiernan el sensor 300B son las siguientes:

$$V_s = V_r [C_y / (C_y + C_s)]$$

45 por lo tanto,

$$C_y = V_s C_s / [V_r - V_s].$$

El sensor de transferencia de carga se ha aplicado en un circuito integrado (IC) autónomo convertidor de capacitancia a digital (CDC). Por ejemplo, Quantum Research Group produce un IC sensor CDC QProx™ (por ejemplo, IC sensor CDC QT300 y QT301) para detectar cambios de nivel femtofaradio en la capacitancia. El IC sensor CDC genera un valor digital correspondiente a la capacitancia de entrada detectada. El valor de un condensador de muestreo externo

controla la ganancia del sensor.

Otros circuitos de alta sensibilidad se proporcionan mediante dispositivos tales como el transductor de capacitancia PTL 110 de Process Tomography Limited de Cheshire, Reino Unido. El PTL 110 mide los pequeños valores de capacitancia (hasta 10 pF) con una resolución de 1 femtoFaradios. Un puente de capacitancia de precisión 1616 de IET Labs, Inc., de Westbury, Nueva York, permite la medición de capacitancias en el rango de 10⁻⁷ pF a 10 μ F. Tektronix produce el Tektronix 130 LC Meter que mide la capacitancia de 0,3 pF a 3 pF. También se ha reconocido en la literatura de la técnica anterior que los circuitos sensores de capacitancia que usan amplificadores operacionales y convertidores analógico a digital (ADCs) pueden obtener fácilmente resoluciones a 0,01 pF.

Con referencia ahora a la figura. 2, la determinación de la concentración de peróxido de hidrógeno líquido en la línea de alimentación 54 usando un condensador 305 de capacitancia Cx ahora se describe en relación con el sensor 300.

El condensador 305 está expuesto a concentraciones conocidas de peróxido de hidrógeno líquido en una solución acuosa para desarrollar un conjunto de datos, o una curva, los valores de capacitancia Cx en función de la concentración de peróxido de hidrógeno líquido en la solución acuosa. El conjunto de datos asociados, o curva, se programa o almacena en dispositivos de almacenamiento de datos 133 del controlador 132. Como la concentración del peróxido de hidrógeno líquido es variada, la correspondiente capacitancia Cx del condensador 305 se determina, y se almacena en el dispositivo de almacenamiento de datos 133. Por ejemplo, la capacitancia del condensador Cx se puede determinar a partir de varias concentraciones de una solución acuosa de peróxido de hidrógeno que comprende peróxido de hidrógeno líquido y agua (en un volumen fijo de la solución acuosa), incluyendo pero no limitado a:

0% de peróxido de hidrógeno líquido y 100% de agua,

25% de peróxido de hidrógeno líquido y 75% de agua,

50% de peróxido de hidrógeno líquido y 50% de agua,

75% de peróxido de hidrógeno líquido y 25% de agua, y

100% de peróxido de hidrógeno líquido y 0% de agua.

Después de que el conjunto de los datos se almacena en el dispositivo de almacenamiento de datos 133, la medición de la concentración del peróxido de hidrógeno líquido puede comenzar. El condensador 305 se expone a una solución acuosa de peróxido de hidrógeno. Una determinación de RAC y RBC, cuando el puente es nulo luego se utiliza para determinar el valor de la capacitancia Cx del condensador 305. Tal como se mencionó anteriormente, $C_x = C_1 (R_{BC}/R_{AC})$. Los datos almacenados en el dispositivo de almacenamiento de datos 133 son buscados para el valor medido de la capacitancia Cx para obtener la correspondiente concentración de peróxido de hidrógeno.

Una relación lineal entre la concentración y la capacitancia le permite a uno normalizar cualquier medida tomada con el fin de proporcionar la concentración absoluta del peróxido de hidrógeno. Si la capacitancia medida Cx del condensador 305 no se encuentra en los datos almacenados previamente, los datos almacenados pueden ser interpolados o extrapolados para obtener una concentración correspondiente a la medida de la capacitancia Cx del condensador 305. Tal como se señaló anteriormente, la frecuencia de la onda generada por la fuente de tensión 322 influirá en la respuesta de los condensadores. Cuando la capacitancia Cx del condensador 305 no presenta una respuesta lineal adecuada, un conjunto más amplio de puntos de datos deben ser almacenados en un dispositivo de almacenamiento de datos 133, de modo que la interpolación o la extrapolación no son necesarias.

Debe tenerse en cuenta que, si bien una realización preferida de la presente invención utiliza una medida de la capacitancia de un condensador para determinar la concentración, también se contempla que una medida de otras propiedades eléctricas asociadas con un condensador se pueda utilizar para determinar la concentración, incluyendo, pero no limitado a, la permitividad y la constante dieléctrica del dieléctrico del condensador.

Un sensor de ejemplo S2 es un sensor 200, tal como se muestra en las figuras 5 a 7.

En términos generales, el sensor 200 comprende un elemento 212 tiene una capa o recubrimiento 262 de un material que interactúa con, o es reactivo con, un producto químico esterilizante utilizado en el sistema 10, de tal manera que el movimiento mecánico o el movimiento del elemento 212 es convertido en una señal eléctrica.

El elemento 212 puede ser un componente en movimiento o en suspensión, pero en una realización preferida, el elemento 212 es un dispositivo piezoeléctrico, y más preferiblemente, es un cristal de cuarzo. Otros materiales piezoeléctricos, tales como a modo de ejemplo y sin limitación, sal de Rochelle, titanato de bario, turmalina, fluoruro de polivinilideno y cristales que carecen de un centro de simetría también se contemplan. En la realización mostrada, el elemento 212 es un disco plano y circular de cuarzo que tiene una primera superficie plana principal 214 y una segunda

superficie plana principal 216. Un electrodo 222 está dispuesto en la primera superficie principal 214 y un electrodo 232 está dispuesto opcionalmente en la segunda superficie principal 216.

El electrodo 222 incluye una parte de cuerpo principal 222a que está dispuesta centralmente en la primera superficie principal 214 y una porción de pata 222b que se extiende en una primera dirección en el borde del elemento 212. Del mismo modo, el electrodo 232 incluye una porción de cuerpo principal 232a que está dispuesta centralmente en la segunda superficie plana principal 216, y una porción de pata 232b que se extiende en una dirección opuesta a la primera dirección de la porción de pata 222b, en el que la porción de pata 232b se extiende hasta el borde del elemento 212. Las porciones de cuerpo principales 222a, 232a de los electrodos 222, 232 están dispuestas respectivamente en la primera y segunda superficies principales 214, 216 para alinearse entre sí en lados opuestos del elemento 212. Las porciones de pata 222b, 232b se extienden en direcciones opuestas desde las porciones del cuerpo central 222a, 232a, tal como se aprecia mejor en los dibujos. Los electrodos 222, 232 se depositan en la primera y segunda superficies planas 214, 216. Los electrodos 222, 232 pueden ser de cualquier material conductor de electricidad, pero se forman preferentemente de cobre, plata u oro. Los cables eléctricos 242, 244 están conectados a las porciones de pata 222b, 232b de los electrodos 222, 232. Los cables 242, 244 están soldados con electrodos 222, 232 para estar en contacto eléctrico con los mismos.

Por lo menos una de las dos superficies principales 214, 216 del elemento 212 se recubren con una capa 262 de un material que interactúa o reacciona con el producto químico esterilizante utilizado en el sistema 10. En la realización mostrada, la capa 262 está en la superficie principal 214. En la realización mostrada, la capa 262 se define mediante dos áreas de capa arqueadas o en forma de medialuna 262a, 262b del material aplicado a la primera superficie principal 214 del elemento 212. Las áreas de capa arqueadas 262a, 262b están dispuestas en la primera superficie principal 214 de tal manera que los electrodos 222 están dispuestos entre las mismas. El material que forma las áreas de capa 262a, 262b están preferentemente unidas de forma fija a la superficie 214 del elemento 212. Tal como se puede apreciar a partir de una descripción adicional de la presente invención, la masa del material en el elemento 212 depende de las características de rendimiento deseado del sensor 200. Tal como se indicó anteriormente, el material que forma las áreas de capa 262a, 262b son preferiblemente uno que interactúa o reacciona con el producto químico esterilizante utilizado en el sistema 10.

En la realización ilustrada de la presente invención, el producto químico esterilizante que se detectada mediante el sensor 200 es peróxido de hidrógeno vaporizado, y el material que forma las áreas de capa 262a, 262b en la primera superficie principal 214 del sensor 200 es un óxido de metal, es decir, dióxido de plomo (PbO_2). Se cree que otros óxidos de metal que tiene varios estados, tales como óxido de plata (II) (AgO) y óxido de manganeso (IV) (MnO_2), se pueden utilizar. También se contempla que óxidos de metal que tiene estados mixtos de valencia, tal como a modo de ejemplo y no limitativo, un óxido de metal que tiene una mezcla de óxido de los estados individuales y divalentes puede ser utilizado.

Las áreas de capa 262a, 262b se forman preferentemente mediante un proceso de deposición de película delgada. Se debe entender que el término “deposición de película delgada” incluye la deposición física de vapor (PVD) y la deposición química de vapor (CVD). PVD se utiliza de acuerdo con una realización preferida de la presente invención. PVD incluye los procesos de evaporación, deposición de haz de electrones asistida por haz iónico, y “pulverización” (que incluye la deposición de haz de iones).

La evaporación incluye procesos tales como la evaporación del haz de electrones (también denominado aquí como “deposición de haz de electrones”), así como procesos en los que un material se calienta el interior de una cámara de vacío mediante un calentador para formar un vapor, sin el uso de un haz de electrones. El calentamiento está clasificado como (a) resistivo o inductivo (b). Los procesos de evaporación que no utilizan un haz de electrones se utilizan para depositar SiO_2 o películas delgadas de SiO , y también se pueden utilizar en combinación con una ayuda de haz de iones. La evaporación asistida con haz de iones (con y sin el uso de un haz de electrones) se indica colectivamente como “deposición asistida con haz de iones”.

La pulverización se refiere a un proceso de descarga luminiscente por el cual el bombardeo de un cátodo libera átomos de la superficie que luego depositan sobre una superficie cercana a formar una capa. Por ejemplo, la pulverización se produce cuando las partículas energéticas ionizadas chocan con la superficie de un material objetivo, provocando la emisión de partículas y la erosión de la superficie de un sólido. Este proceso de pulverización particular también se conoce aquí como “deposición de haces de iones”.

En la realización ilustrada, el sensor 200 está dispuesto dentro de la cámara 24, como el sensor S2 y se conecta al controlador del sistema 132 para proporcionar señales eléctricas entre los mismos (figura 1). El controlador 132 incluye un circuito oscilante (no mostrado) que está conectado al sensor 200 a convertir el movimiento del sensor 200 en señales eléctricas, como se conoce convencionalmente. El dispositivo de almacenamiento de datos 133 del controlador 132 almacena los datos indicativos de las respuestas eléctricas del sensor 200 a concentraciones predeterminadas de un producto químico esterilizante para ser detectado. En la realización descrita hasta ahora, en donde el elemento 212

es un cristal de cuarzo y las áreas de capa 262a, 262b son dióxido de plomo, los datos relativos al sensor 200 que se almacenan en el dispositivo de almacenamiento de datos 133 son datos empíricos acumulados bajo condiciones controladas de laboratorio.

5 Los datos empíricos relativos al sensor 200 que se almacenan en el dispositivo de almacenamiento de datos 133 se pueden adquirir de la siguiente manera. Se mide la frecuencia natural de un cristal de cuarzo (sin un recubrimiento). El dióxido de plomo se aplica al cristal de cuarzo y la masa del recubrimiento se determina mediante la ecuación Sauerbre. El cristal de cuarzo es expuesto entonces a diferentes concentraciones controladas de peróxido de hidrógeno vaporizado. Un gráfico de la variación de la frecuencia por unidad de masa del recubrimiento (o, usando la ecuación Sauerbre, el cambio en el peso por unidad de masa de recubrimiento) frente a la concentración del producto químico esterilizante se produce y se almacena en un dispositivo de almacenamiento de datos dentro en el controlador 132. Alternativamente, los datos pueden ser almacenados, no como un gráfico, sino en tablas de consulta. Tal como se puede apreciar, si un recubrimiento de espesor uniforme se aplica a un cristal, el cambio en la frecuencia o el peso podría normalizarse sobre una base por unidad de área de superficie.

15 Como se ha sugerido, en una realización, el cambio en la frecuencia o el peso se divide por la masa del recubrimiento aplicado a los cristales de cuarzo para que, independientemente de la masa de los recubrimientos aplicados a los cristales, el cambio en la frecuencia se normalice a una unidad de masa del recubrimiento. Los datos obtenidos con otros cristales de cuarzo que pueden tener recubrimientos de diferentes cantidades de masa que el cristal de laboratorio todavía se puede comparar con los datos almacenados obtenidos a partir del cristal de laboratorio, ya que ambos conjuntos de datos se normalizan a un cambio en la frecuencia o el peso por unidad de masa del recubrimiento. Se puede apreciar que con medios de deposición modernos, puede que no sea necesario normalizar los datos, ya que los recubrimientos con poca variación física pueden ser depositados de un cristal a otro.

25 En otra realización, un cristal de cuarzo se recubre con óxido de plomo y luego se expone a concentraciones conocidas de peróxido de hidrógeno vaporizado a fin de desarrollar un conjunto de datos, o una curva, de los valores de equilibrio de la reducción de la frecuencia en función de la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado para el cristal de cuarzo. El cristal de cuarzo recubierto se instala entonces en un sistema 10. El conjunto de datos asociados, o curva, se programa o se almacena en el controlador 132 del sistema 10. Así, los datos almacenados en el sistema 10 coinciden con el sensor de cristal en el sistema 10, proporcionando así un sistema estandarizado. De esta manera, cada sistema 10 tiene un sensor de cristal de cuarzo recubierto con datos estándar asociados que lo definen, como el conjunto de los datos almacenados se produce por la exposición del cristal de cuarzo específico en concentraciones conocidas de peróxido de hidrógeno vaporizado.

30 El sensor 200 funciona basado en el concepto de que la frecuencia de un dispositivo piezoeléctrico cambiará en relación con un cambio en la masa de una capa en el dispositivo, como resultado de la exposición al peróxido de hidrógeno vaporizado.

35 Específicamente, la frecuencia de un dispositivo piezoeléctrico está relacionada con el cambio de masa, según lo determinado por la ecuación Sauerbre:

$$\Delta f = -(Cf)(\Delta m)$$

$$\Delta f = -(f_0^2/N\rho)\Delta m$$

en el que:

Δf es el cambio de frecuencia

40 Δm es el cambio de masa por unidad de área en la superficie del dispositivo piezoeléctrico

Cf es una constante de sensibilidad

f_0 es la frecuencia operativa del dispositivo piezoeléctrico antes del cambio de masa

N es la constante de frecuencia para el dispositivo piezoeléctrico

ρ es la densidad del dispositivo piezoeléctrico

45 Debe tenerse en cuenta que el uso de otros dispositivos eléctricos/mecánicos que soportan un material sensible al peróxido de hidrógeno vaporizado tal como se explica en este documento también se contemplan. En tal caso, un cambio en las propiedades físicas del dispositivo eléctrico/mecánico, ya que está expuesto al peróxido de hidrógeno vaporizado, se correlaciona con un cambio en la concentración del peróxido de hidrógeno vaporizado.

La presente invención se describe con más detalle en relación con el funcionamiento del sistema 10 (figura 1). Un ciclo

de descontaminación típico incluye una fase de secado, una fase de acondicionamiento, una fase de descontaminación y una fase de aireación.

El aislador o la habitación 22, el conducto de suministro 42 y el conducto de retorno 46 definen un circuito de bucle cerrado. Cuando un ciclo de descontaminación se inicializa primero, el controlador 132 hace que el motor del ventilador 84 accione el ventilador 82, lo que provoca un gas portador a circular por el circuito de bucle cerrado. En la realización que se muestra, el gas portador es aire. Durante una fase de secado, el vaporizador 32 no está en funcionamiento. El secador de aire 112 elimina la humedad del aire que circula a través del sistema de circuito cerrado, es decir, a través del conducto de suministro 42, el conducto de retorno 46 y la cámara 24 o aislamiento o habitación 22, tal como se ilustra con las flechas en la figura 1. Cuando el aire se ha secado a una humedad suficientemente baja, la fase de secado está completa.

La fase de acondicionamiento se inicia a continuación mediante la activación del vaporizador 32 y los motores de alimentación de esterilizante 64, 164 para proporcionar esterilizante líquido al vaporizador 32. De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la concentración de peróxido de hidrógeno en el esterilizante líquido suministrado desde el primer suministro de esterilizante 52 es diferente de la concentración de peróxido de hidrógeno en el esterilizante líquido suministrado desde el segundo suministro de esterilizante 152.

A modo de modo de ejemplo, y no de limitación, el agente esterilizante líquido suministrado desde el primera suministro de esterilizante 52 puede estar compuesto de aproximadamente un 35% de peróxido de hidrógeno (en peso) y un 65% de agua (en peso), mientras que el esterilizante líquido suministrado por el segunda suministro de esterilizante 152 puede estar compuesto por aproximadamente un 50% de peróxido de hidrógeno (en peso) y un 50% de agua (en peso). Se debe entender que también se contemplan esterilizantes líquidos compuestos de diferentes proporciones de peróxido de hidrógeno y agua. Por ejemplo, el esterilizante líquido del primer suministro de esterilizante 52 puede estar compuesto de peróxido de hidrógeno del 90% al 100% (en peso) y del 0% al 10% de agua (en peso) y el esterilizante líquido del segundo suministro de esterilizante 152 puede estar compuesto del 90% al 100% de agua (en peso). En el caso del peróxido de hidrógeno acuoso, el peróxido de hidrógeno líquido es preferiblemente entre aproximadamente del 25% al 75% (en peso) del esterilizante líquido.

El caudal de las bombas 62 y 162 es controlado por el controlador 132 de mezcla esterilizante líquido del primer suministro de esterilizante 52 y el segundo suministro de esterilizante 152, lo que produce un esterilizante líquido mezclado con una concentración deseada de peróxido de hidrógeno líquido. A este respecto, las bombas 62 y 162 puede suministrar al vaporizador 32 esterilizante líquido con una concentración de peróxido de hidrógeno que va desde la concentración de peróxido de hidrógeno del esterilizante líquido del primer suministro de esterilizante 52 a la concentración de peróxido de hidrógeno del esterilizante líquido del segundo suministro de esterilizante 152.

Para proporcionar el vaporizador 32 con esterilizante líquido con una concentración de peróxido de hidrógeno del esterilizante líquido del primer suministro de esterilizante 52, el controlador de 132 reduce el caudal de la bomba de 162 a cero, y sólo permite esterilizante líquido del primer suministro de esterilizante 52 para pasar a la línea de alimentación 54. Del mismo modo, para proporcionar vaporizador 32 con esterilizante líquido con una concentración de peróxido de hidrógeno del esterilizante líquido del segundo suministro de esterilizante 152, el controlador 132 reduce el caudal de la bomba de 62 a cero, y sólo permite esterilizante líquido del segundo suministro de esterilizante 152 para pasar a la línea de alimentación 54.

Para proporcionar vaporizador 32 con esterilizante líquido con una concentración de peróxido de hidrógeno que se encuentra entre: (a) la concentración de peróxido de hidrógeno del esterilizante líquido del primer suministro de esterilizante 52 y (b) la concentración de peróxido de hidrógeno del líquido esterilizante del segundo suministro de esterilizante 152, el controlador 132 controla el caudal de las bombas 62 y 162 para permitir que tanto el suministro de esterilizante 52 como el suministro de esterilizante 152 suministren esterilizante líquido a la línea de alimentación 54.

El sensor S 1 suministra al controlador 132 datos que indican que la concentración de peróxido de hidrógeno en el esterilizante líquido que fluye dentro de la línea de alimentación 54. En respuesta a los datos proporcionados por el sensor S1, el controlador 132 controla las bombas 62 y 162 para modificar las tasas de flujo respectivas. En consecuencia, se puede producir un esterilizante líquido mezclado que tiene la concentración deseada de peróxido de hidrógeno. La concentración deseada de peróxido de hidrógeno líquido puede ser una función de la concentración de peróxido de hidrógeno en fase vapor detectada por el sensor S2 dentro de la cámara 24. Debe tenerse en cuenta que el controlador 132 también puede controlar las bombas 62 y 162, en respuesta a los datos proporcionados por el sensor S2.

Dentro del vaporizador 32, el esterilizante líquido se vaporiza para producir peróxido de hidrógeno vaporizado y vapor de agua, de una manera convencional conocida. El esterilizante vaporizado se introduce en el circuito de conducto de bucle cerrado y se transmite a través del conducto de suministro 42 mediante el gas portador (aire) en la cámara 24 en el aislador o la habitación 22. Durante la fase de acondicionamiento, el peróxido de hidrógeno vaporizado se inyecta en

la cámara 24 con una tasa relativamente alta para llevar el nivel de peróxido de hidrógeno hasta el nivel deseado en un corto período de tiempo. Durante la fase de acondicionamiento, el ventilador 82 hace que el aire circule continuamente a través del sistema de circuito cerrado. Como el peróxido de hidrógeno vaporizado entra en la cámara 24 desde el vaporizador 32, el peróxido de hidrógeno vaporizado también se retira de la cámara 24 a través de un destructor catalítico 94 donde se descompone en agua y oxígeno.

Después de que se haya completado la fase de acondicionamiento, se inicia la fase de descontaminación. Durante la fase de descontaminación, la tasa de inyección de líquido esterilizante al vaporizador 32 y a la cámara 24 se reduce para mantener la concentración constante de peróxido de hidrógeno en un nivel deseado. La fase de descontaminación se ejecuta durante un período predeterminado de tiempo, preferentemente con la concentración de peróxido de hidrógeno mantenida constante en un nivel deseado, durante un período de tiempo predeterminado que es suficiente para efectuar la descontaminación deseada dentro de la cámara 24.

Después de que se haya completado la fase de descontaminación, el controlador 132 hace que el vaporizador 32 cierre, cortando así el flujo de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la cámara 24.

A continuación, se ejecuta la fase de aireación para llevar el nivel de peróxido de hidrógeno hasta un límite permitido (alrededor de 1 ppm). En este sentido, tal como se apreciará, el ventilador 82 sigue haciendo circular el aire y esterilizante a través del sistema de circuito cerrado, lo que causa que el último del peróxido de hidrógeno vaporizado se rompa mediante el destructor catalítico 94.

El sensor 200 está expuesto a la atmósfera dentro de la cámara 24. Durante la fase de aireación del sistema 10, se determina una frecuencia operativa f_o del sensor 200 mediante el controlador 132. La frecuencia operativa f_o es esencialmente una frecuencia inicial de sensor 200 antes de cualquier cambio de masa que resultaría en la exposición del sensor 200 al peróxido de hidrógeno vaporizado. Durante la fase de acondicionamiento, el sensor 200 está expuesto al peróxido de hidrógeno vaporizado que entra en la cámara 24. El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) produce una reacción con el dióxido de plomo (PbO_2). Se cree que se produce la siguiente reacción:



La reacción entre el dióxido de plomo (PbO_2) de las áreas de capa 262a, 262b y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) produce un cambio en la masa de las áreas de capa 262a, 262b. El cambio en la masa del sensor 200 resulta en un cambio en la frecuencia operativa f_o del mismo. El controlador 132 monitoriza la frecuencia para determinar las "frecuencias medidas" f_m durante la fase de acondicionamiento, durante la fase de descontaminación y durante la fase de aireación. Las frecuencias medidas f_m se comparan con la línea de base de la frecuencia operativa f_o para determinar un cambio en la frecuencia. El controlador 132 determina entonces la concentración de peróxido de hidrógeno vaporizado dentro de la cámara 24 en un punto dado en el tiempo mediante la comparación de los cambios en la frecuencia en ese punto dado en el tiempo con los datos correspondientes almacenados en el controlador 132. El controlador 132 es, por lo tanto, capaz de determinar la concentración de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) dentro de la cámara 24 en un punto dado en el tiempo. En este sentido, se cree que un cambio en la frecuencia del sensor 200 es directamente proporcional a un cambio en la concentración de peróxido de hidrógeno. Por lo tanto, la concentración de peróxido de hidrógeno dentro de la cámara 24 se puede detectar en un momento determinado, y monitorizarse de manera continua, basado en un cambio en la frecuencia de sensor 200.

Debe apreciarse que aunque una realización preferida de la presente invención ha sido descrita con referencia a un esterilizante que comprende peróxido de hidrógeno y agua, se contempla que el esterilizante comprenda otros componentes químicos que también pueden ser utilizados en conexión con el presente invención. Estos otros componentes químicos pueden incluir productos químicos de desactivación, incluyendo pero no limitado a los productos químicos seleccionados del grupo consistente en: hipocloritos, yodóforos, cloruros de amonio cuaternario (Quats), desinfectantes ácidos, aldehídos (formaldehído y glutaraldehído), alcoholes, fenoles, ácido peracético (PAA), y dióxido de cloro.

Ejemplos específicos de productos químicos esterilizantes, incluyen, pero no están limitado a, peróxido de hidrógeno líquido, perácidos tales como ácido peracético, lejía, amoníaco, óxido de etileno, productos químicos que contienen flúor, productos químicos que contienen cloro, productos químicos que contienen bromo, peróxido de hidrógeno vaporizado, lejía vaporizada, perácido vaporizado, ácido peracético vaporizado, ozono, óxido de etileno, dióxido de cloro, compuestos que contienen halógenos, otros productos químicos altamente oxidantes (es decir, oxidantes) y sus mezclas.

Los productos químicos esterilizantes también se pueden combinar con otras sustancias químicas, incluyendo pero no limitado a, agua, agua desionizada, agua destilada, un alcohol (por ejemplo, un alcohol terciario), un compuesto químico que contienen glicol y mezclas de los mismos. Compuestos químicos que contienen glicol incluyen, pero no se limitan a, polietilenglicol, dietilenglicol, trietilenglicol, tetraetilenglicol, éteres de glicol, polipropileno, propileno glicol,

vapor de agua desionizada, vapor de agua destilada, un alcohol vaporizado (por ejemplo, un alcohol terciario), y sus mezclas. Estos productos químicos pueden actuar como fluidos portadores o diluyentes.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de descontaminación (10) que comprende:

una primera fuente (52) de un primer esterilizante líquido que incluye un producto químico esterilizante en una primera concentración; y

5 unos primeros medios de regulación (62) para la regulación de un caudal del primer esterilizante líquido;

caracterizado porque el sistema de descontaminación también comprende:

una segunda fuente (152) de un segundo esterilizante líquido que incluye dicho esterilizante químico en una segunda concentración;

unos segundos medios de regulación (162) para la regulación de un caudal del segundo esterilizante líquido;

10 medios de control (132) para el control de dichos primeros y segundos medios de regulación para producir un esterilizante líquido mezclado que comprende el primer y segundo esterilizante líquido;

un primer sensor (S1, 300, 300A, 300B) para la detección de la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante líquido mezclado, siendo dicho primer sensor (S1, 300, 300A, 300B) un sensor capacitivo, en el que una propiedad eléctrica de un condensador (305) es indicativa de la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante líquido mezclado;

15 un vaporizador (32) que recibe dicho esterilizante líquido mezclado para producir un esterilizante vaporizado; y una cámara (24) que recibe dicho esterilizante vaporizado.

2. Sistema según la reivindicación 1, en el que dichos medios de control (132) controlan dichos primeros y segundos medios de regulación (62, 162) de acuerdo con la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante líquido mezclado, detectado mediante dicho primer sensor (S1, 300, 300A, 300B).

3. Sistema (10) según la reivindicación 1, en el que dicho sistema (10) también comprende un segundo sensor (S2, 200) para de la detección de la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante vaporizado.

4. Sistema (10) según la reivindicación 3, en el que dichos medios de control (132) controlan dichos primeros y segundos medios de regulación (62, 162) de acuerdo con la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante vaporizado, detectada por dicho segundo sensor (S2, 200).

5. Sistema (10) según la reivindicación 3, en el que el segundo sensor (S2, 200) incluye un elemento (212) que tiene una capa (262) de un material que se reactiva con dicho producto químico esterilizante en el esterilizante vaporizado, de tal manera que el movimiento mecánico del elemento (212) se convierte en una señal eléctrica indicativa de la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante vaporizado.

30 6. Procedimiento para controlar un sistema de descontaminación (10) que tiene (a) una primera fuente (52) de un primer esterilizante líquido que incluye un producto químico esterilizante en una primera concentración, y (b) una segunda fuente (152) de un segundo esterilizante líquido que incluye dijo producto químico esterilizante en una segunda concentración, comprendiendo el procedimiento:

35 regular un caudal del primer esterilizante líquido y del segundo esterilizante líquido para producir un esterilizante líquido mezclado que comprende el primer y segundo esterilizantes líquidos;

detectar la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante líquido mezclado, en el que una propiedad eléctrica de un condensador (305) es indicativa de la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante líquido mezclado;

vaporizar el esterilizante líquido mezclado para producir un esterilizante vaporizado; e

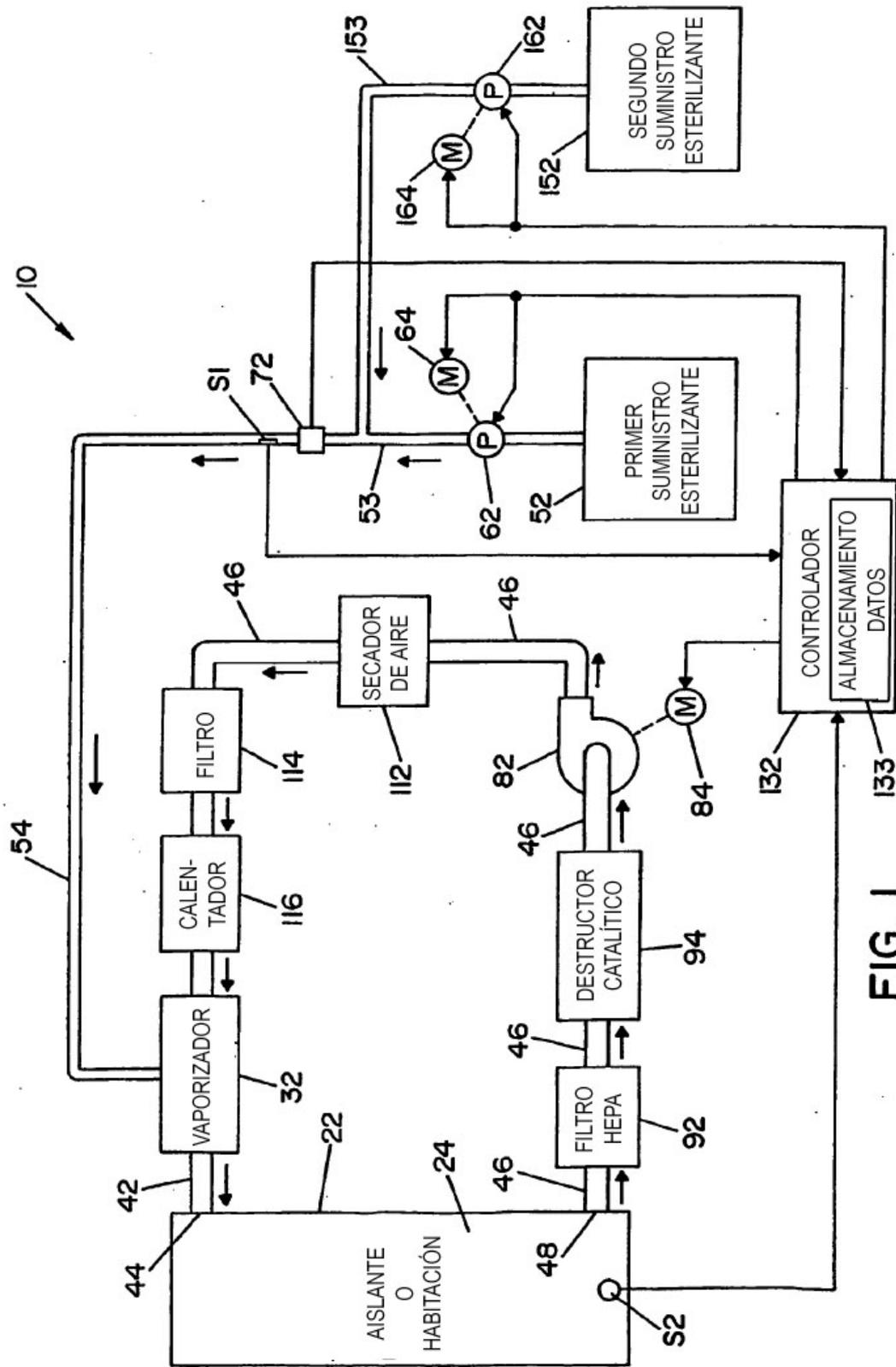
40 introducir el esterilizante vaporizado en una cámara de tratamiento (24).

7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el caudal del primer y segundo líquido esterilizante se regula de acuerdo con la concentración detectada de dicho esterilizante químico en el esterilizante líquido mezclado.

8. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que dicho procedimiento también comprende la etapa de:

detectar la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante vaporizado.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el caudal del primer y segundo líquido esterilizante se regula de acuerdo con la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante vaporizado.
- 5 10. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el movimiento mecánico de un elemento (212) se convierte en una señal eléctrica indicativa de la concentración de dicho producto químico esterilizante en el esterilizante vaporizado, teniendo dicho elemento (212) una capa (262) de material que se reactiva con dicho producto químico esterilizante en el esterilizante vaporizado.
11. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que dicha primera concentración es mayor que la segunda concentración.
- 10 12. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que dicho producto químico esterilizante es peróxido de hidrógeno.
13. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que la concentración de dicho agente esterilizante químico en dicho esterilizante líquido mezclado se encuentra en un rango definido por dicha primera concentración y dicha segunda concentración.
- 15 14. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que dicha primera concentración de dicho producto químico esterilizante está entre un 25% y un 75% en peso de dicho primer esterilizante líquido.
15. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que dicho segundo esterilizante líquido comprende de un 90% a un 100% de agua, en peso.



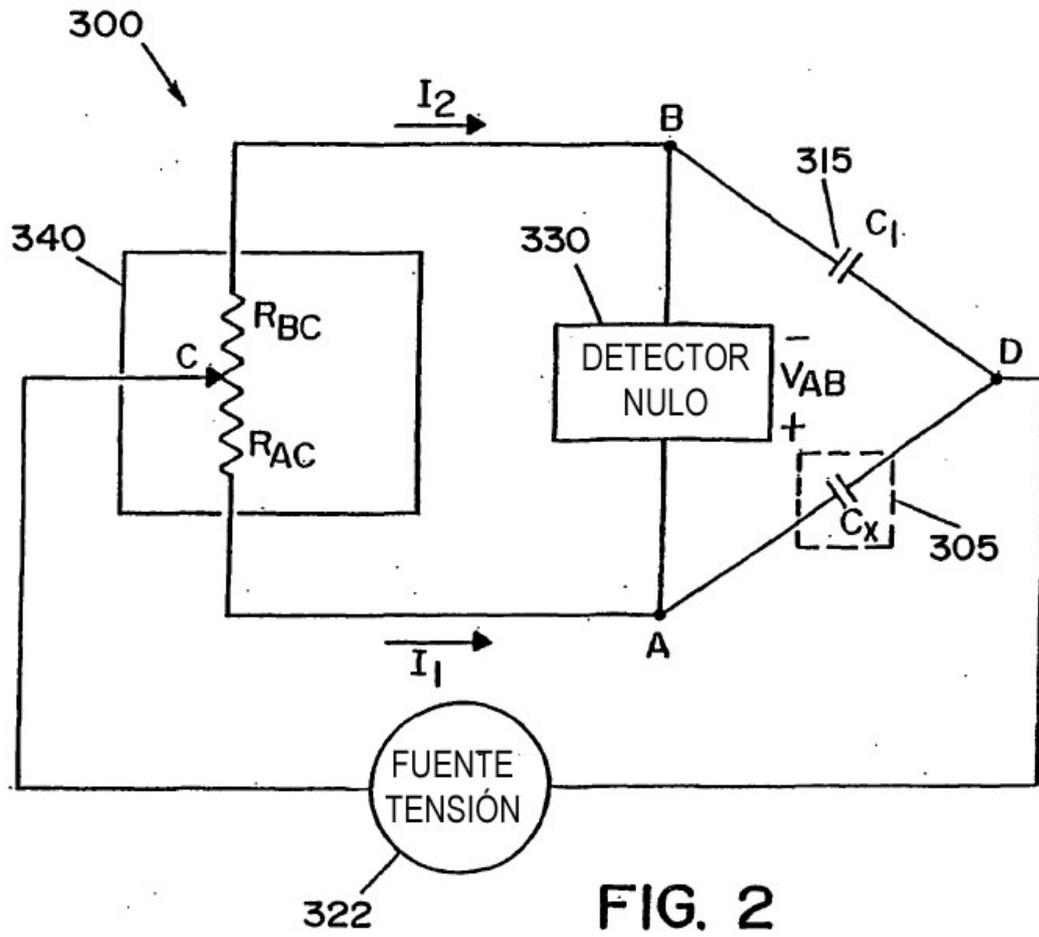


FIG. 2

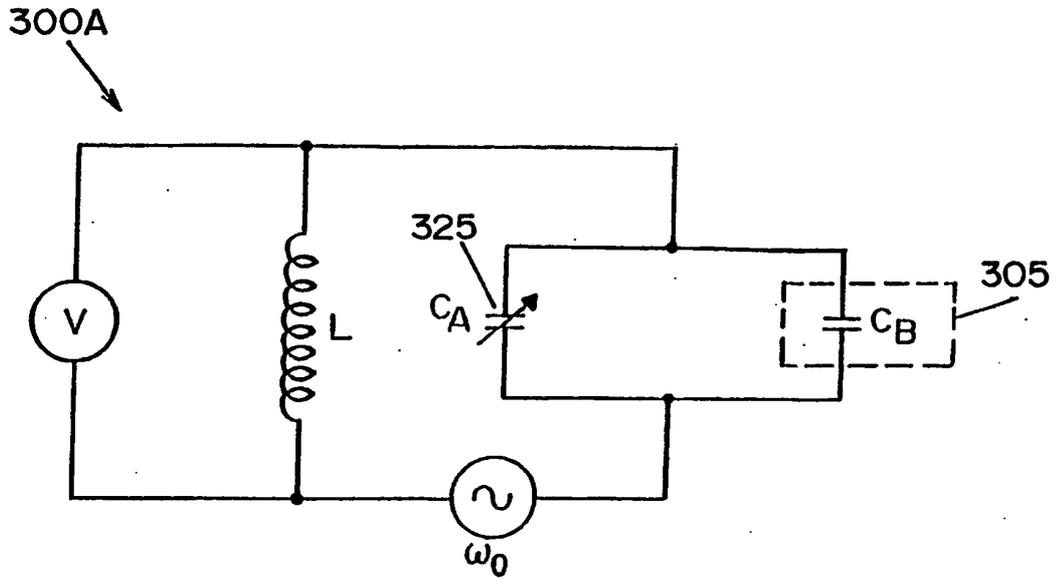


FIG. 3

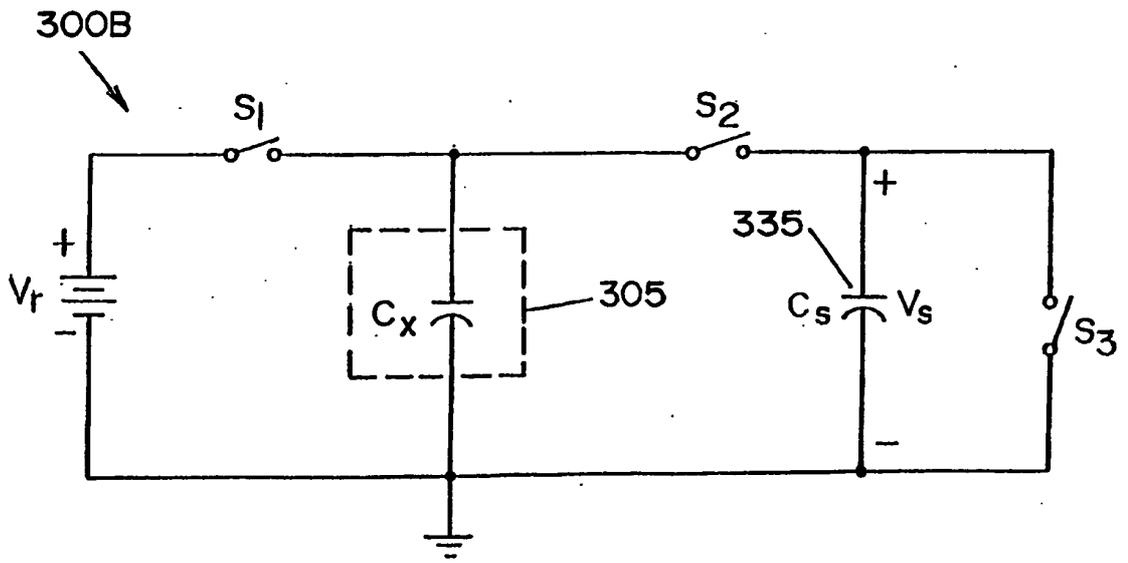


FIG. 4

