

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 146**

51 Int. Cl.:

C01B 15/027 (2006.01)

A61L 9/20 (2006.01)

B01J 19/12 (2006.01)

B01J 19/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.05.2015 PCT/US2015/029276**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2015 WO15171633**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2015 E 15723396 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 3140252**

54 Título: **Dispositivos para la generación de gas de peróxido de hidrógeno purificado**

30 Prioridad:

05.05.2014 US 201461988535 P

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

04.12.2019

73 Titular/es:

**SYNEXIS LLC (100.0%)
8837 Lenexa Drive
Overland Park, KS 66214, US**

72 Inventor/es:

**LEE, JAMES D. y
BOSMA, DOUGLAS J.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 734 146 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

Dispositivos para la generación de gas de peróxido de hidrógeno purificado

Solicitudes relacionadas**Campo**

- 5 La presente divulgación se refiere generalmente a un dispositivo para la producción de gas de peróxido de hidrógeno purificado (PHPG). Más específicamente, esta divulgación se refiere a superficies permeables al aire mejoradas, superficies catalíticas y procedimientos para aumentar la producción de PHPG.

Antecedentes

- 10 Es habitual encontrar en el ambiente microbios patógenos, mohos, mildiú, esporas, y contaminantes orgánicos e inorgánicos. Se desea la desinfección y el control microbiano en espacios ambientales para mejorar la salud. En el pasado, se han usado numerosas formas en un intento de purificar el aire y desinfectar superficies. Por ejemplo, ya se sabe que las especies reactivas de oxígeno (ROS) producidas por, por ejemplo, los procedimientos de oxidación fotocatalítica pueden oxidar contaminantes orgánicos y destruir microorganismos. Más particularmente, se sabe que el radical hidroxilo, los radicales de hidroperoxilo, el cloro y el ozono, productos finales de la reacción fotocatalítica, son capaces de oxidar compuestos orgánicos y destruir microorganismos. Sin embargo, existen limitaciones a los procedimientos y los dispositivos conocidos, no solo debido a la limitación de la eficacia sino también debido a problemas de seguridad.

- 20 ROS es el término que se usa para describir el aire altamente activado que resulta de la exposición del aire de un ambiente húmedo a la luz ultravioleta. La luz en el intervalo ultravioleta emite fotones a una frecuencia que cuando se absorbe tiene suficiente energía para romper los enlaces químicos. La luz UV a longitudes de onda de 250 a 255 nm se usa rutinariamente como un biocida. La luz por debajo de aproximadamente 181 nm, hasta 182 a 187 nm es competitiva con la descarga corona en su capacidad para producir ozono. Tanto la ozonización como la radiación UV se usan para la desinfección en sistemas de agua comunales. El ozono se usa actualmente para tratar aguas residuales industriales y torres de refrigeración.

- 25 El peróxido de hidrógeno generalmente se conoce por tener propiedades antimicrobianas y se ha usado en solución acuosa para desinfección y control microbiano. Sin embargo, los intentos de usar el peróxido de hidrógeno en el estado gaseoso, se han visto limitados por dificultades técnicas para la producción de gas de peróxido de hidrógeno purificado (PHPG). Las soluciones acuosas vaporizadas de peróxido de hidrógeno producen un aerosol de microgotas compuesto de una solución de peróxido de hidrógeno acuoso. Varios procedimientos para "secar" soluciones de peróxido de hidrógeno vaporizado (VHP) producen, en el mejor de los casos, una forma hidratada de peróxido de hidrógeno. Estas moléculas de peróxido de hidrógeno hidratado están rodeadas por moléculas de agua unidas por atracción electrostática y fuerzas de London. Por lo tanto, la capacidad de las moléculas de peróxido de hidrógeno para interactuar directamente con el ambiente por medios electrostáticos se atenúa en gran medida por el agua molecular unida, la cual altera efectivamente la configuración electrostática fundamental de la molécula de peróxido de hidrógeno encapsulada. Además, la concentración más baja de peróxido de hidrógeno vaporizado que se puede alcanzar está generalmente muy por encima del límite de seguridad de 1,0 ppm en el lugar de trabajo de la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), haciendo estos procedimientos inadecuados en áreas ocupadas.

- 40 Los fotocatalizadores que son eficaces para la destrucción de contaminantes orgánicos en fluido incluyen pero no están limitados a TiO_2 , ZnO , SnO_2 , WO_3 , CdS , ZrO_2 , SB_2O_4 y Fe_2O_3 . El dióxido de titanio es químicamente estable, tiene un espacio de banda adecuado para la fotoactivación UV/Visible, y es relativamente económico. Por lo tanto, la química fotocatalítica del dióxido de titanio ha sido estudiada extensamente en los últimos 30 años para la eliminación de compuestos orgánicos e inorgánicos del aire y agua contaminados.

- 45 Dado que los fotocatalizadores pueden generar radicales hidroxilo del agua absorbida cuando se activan por luz ultravioleta de energía suficiente, podrían utilizarse en la producción de PHPG para liberar dentro del ambiente cuando se aplican en la fase gaseosa. Las aplicaciones existentes de fotocatalisis, sin embargo, se han concentrado en la generación de un plasma que contiene muchas especies químicas reactivas diferentes. Además, la mayoría de las especies químicas en el plasma fotocatalítico son reactivas con peróxido de hidrógeno, e inhiben la producción de gas de peróxido de hidrógeno por medios de reacciones que destruyen el peróxido de hidrógeno. Además, cualquier gas orgánico que se introduzca dentro del plasma inhibe la producción de peróxido de hidrógeno tanto por reacción directa con peróxido de oxígeno como por la reacción de sus productos oxidados con peróxido de oxígeno.

- 55 El propio reactor fotocatalítico también limita la producción de PHPG para liberar dentro del ambiente. Dado que el peróxido de hidrógeno tiene mayor potencial químico que el oxígeno para ser reducido como un oxidante de sacrificio, éste se reduce preferentemente a medida que se desplaza corriente abajo en los reactores fotocatalíticos tan rápido como se produce por la oxidación de agua.

Tabla 1: Semirreacciones de oxidación/reducción

Fotoactivación del catalizador	Potencial de reducción estándar (eV)
$h\nu \rightleftharpoons h^+ + e^-$ (en catalizador de TiO_2)	$\leq -3,2$
$h\nu \rightleftharpoons h^+ + e^-$ (en catalizador de TiO_2 con cocatalizador)	$\leq -2,85$
Pérdida de electrones libres debido a recombinación de hueco de electrón	
$h^+ + e^- \rightleftharpoons \text{calor}$ (en catalizador de TiO_2)	$\geq 3,2$
$h^+ + e^- \rightleftharpoons \text{calor}$ (en catalizador de TiO_2 con cocatalizador)	$\geq 2,85$
Formación de radicales hidroxilo (solo si el agua se absorbe en sitios activos en el catalizador, previniendo la recombinación de hueco de electrón)	
$h^+ + H_2O \rightleftharpoons OH^* + H^+$	2,85
Pérdida favorecida termodinámicamente de radicales hidroxilo por reducción de electrones libres en un reactor de plasma concentrado, pero evitada en un reactor PHPG	
$OH^* + e^- + H^+ \rightleftharpoons H_2O$	2,02
La combinación de radicales hidroxilo para formar peróxido de hidrógeno no es favorecida termodinámicamente comparada con la reducción de electrones libres en un reactor de plasma, pero es promovida por un reactor PHPG al crear un campo de radical hidroxilo diluido separado de electrones libres	
$2OH^* \rightleftharpoons H_2O_2$	1,77
Reacciones espontaneas que podrían destruir cualquier peróxido de hidrógeno en reactores de plasma concentrado, pero los cuales son evitados por un reactor PHPG al crear un campo de radical de hidroxilo diluido separado de electrones libres y luz	
$2OH^* + H_2O_2 \rightleftharpoons 2H_2O + O_2$	2,805
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	1,78
$H_2O_2 + h\nu \rightleftharpoons 2OH^*$ (por fotólisis)	1,77
$e^- + H_2O_2 \rightleftharpoons OH^* + OH^-$	0,71
Reacciones que crean peróxido de hidrógeno a través de la reducción de dióxígeno forzada en un reactor PHPG, pero no en un reactor de plasma concentrado	
$e^- + O_2 \rightleftharpoons O_2^-$ (La primera etapa no es espontánea)	- 0,13
$2H^+ + 2e^- + O_2 \rightleftharpoons H_2O_2$ (Reacción global)	0,70
Otras reacciones comunes en un reactor de plasma concentrado, pero las cuales no ocurren en un reactor PHPG, el cual no usa longitudes de onda de luz productoras de ozono	
$O_2 + h\nu \rightleftharpoons 2O^*$ (por fotólisis)	$\leq -5,13$
$2O^* + 2O_2 \rightleftharpoons 2O_3$	2,99

(continuación)

Fotoactivación del catalizador	Potencial de reducción estándar (eV)
$O_3 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons O_{2(g)} + H_2O$	2,075
$O_3 + H_2O + 2e^- \rightleftharpoons O_{2(g)} + 2OH^-$	1,24
Destrucción de ozono de peróxido de hidrógeno	
$O_3 + H_2O_2 \rightleftharpoons H_2O + 2O_2$	1,381

5 Adicionalmente, varias reacciones secundarias generan una variedad de especies que se convierten en parte del plasma fotocatalítico, y las cuales inhiben la producción de PHPG para liberar dentro del ambiente como se describió anteriormente.

10 En general, los radicales hidroxilo se producen por la oxidación de agua y se requiere que existe un potencial de oxidación de al menos 2,85 eV. El catalizador, por lo tanto, debe activarse por fotones con al menos esta energía requerida. Los fotones con menor energía de 2,85 eV no producirán radicales hidroxilo, pero los fotones con energía de al menos 1,71 eV pueden fotolizar el peróxido de hidrógeno en radicales hidroxilo. El exceso de luz con energía de 1,71 eV o superior debería evitarse debido a la destrucción de peróxido de hidrógeno.

15 Dentro de un reactor de plasma, en donde es posible que los electrones libres se recombinen con radicales hidroxilo y formen iones hidróxido, esta es la reacción favorecida termodinámicamente porque ésta tiene el potencial de reducción más alto, 2,02 eV. Todas la reacciones con potenciales de reducción menores, tales como la combinación de radicales hidroxilo para formar peróxido de hidrógeno, 1,77 eV, no son favorecidas. En casos excepcionales en donde se produce la formación de peróxido de hidrógeno, se creará un exceso estequiométrico de dos electrones libres. En este caso el exceso estequiométrico de electrones libres hace posible que tengan lugar las reacciones de potencial menor, más especialmente la reducción de la molécula de peróxido de hidrógeno en un radical hidroxilo y un ion hidróxido, 0,71 eV, después más adelante en agua por reducción separada del radical y del ion.

20 En un reactor de plasma, la abundancia de electrones libres asegura que prevalezca la reducción de radicales hidroxilo, y que cualquier peróxido de hidrógeno que se pueda formar teóricamente sea reducido inmediatamente de nuevo en agua.

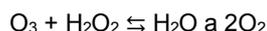
25 Por el contrario, en un reactor PHPG, la producción de peróxido de hidrógeno es favorecida debido a que el reactor separa radicales hidroxilo de los electrones libres, evitando la reducción de los radicales hidroxilo en agua. Esto permite que se produzca la siguiente reacción más favorecida, la combinación de radicales hidroxilo para formar peróxido de hidrógeno. El peróxido de hidrógeno puede reducirse de nuevo en agua por descomposición (reacción de moléculas de peróxido de hidrógeno entre sí), pero este efecto se minimiza asegurando así que el peróxido de hidrógeno producido se diluya.

30 También, puesto que el reactor PHPG separa radicales hidroxilo del electrón libre restante en el catalizador, los electrones libres son forzados a reducir otras especies, en este caso dioxígeno. La reducción de dioxígeno en el ion superóxido tiene un potencial de reducción negativo, -0,13 eV, el cual indica que esta no es espontánea, pero solo ligeramente. La no espontaneidad se supera por la acumulación de electrones libres en el catalizador, creando un incremento de presión de reducción termodinámica. Esta reacción no espontánea es la primera de cuatro etapas en la reducción de oxígeno a peróxido de hidrógeno, siendo las tres restantes espontáneas. Es importante señalar que cuando las cuatro etapas se combinan en una única reacción de reducción, el potencial general es positivo, o espontáneo. Es fácil omitir el hecho de que la primera etapa no espontánea debe ocurrir para que tengan lugar las tres etapas espontáneas restantes.

35 La reducción de dioxígeno en peróxido de hidrógeno, forzada por la eliminación de radicales hidroxilo de los electrones libres restantes en el catalizador, tiene como resultado, por supuesto, la producción deseada de aún más peróxido de hidrógeno.

40 Las reacciones enumeradas en la Tabla 1 son las más pertinentes. Se pueden añadir otras reacciones conocidas en la técnica y comparar sus reacciones de contribución relativa en la superficie del catalizador determinadas por sus potenciales relativos en comparación con las reacciones clave. Especialmente, como sucede en la formación de ozono por reactores de plasma, se introduce otra reacción de alto potencial que destruye el peróxido de oxígeno. Para evitar completamente la producción de ozono, solo se necesita evitar el uso de luz a longitudes de onda de 186 nm y menores.

45 Las longitudes de onda usadas para activar fotocatalizadores también son lo suficientemente energéticas como para fotolizar el enlace de peróxido en una molécula de peróxido de hidrógeno y también son un inhibidor de la producción de PHPG para liberar en el ambiente. Además, la práctica de usar longitudes de onda de luz que producen ozono introduce otra especie dentro del plasma fotocatalítico que destruye peróxido de hidrógeno.



En la práctica, las aplicaciones fotocatalíticas se han centrado en la producción de un plasma, que con frecuencia contiene ozono, usado para oxidar contaminantes orgánicos y microbios. Tales plasmas son fundamentalmente efectivos dentro de los límites del propio reactor, por naturaleza tienen estabilidad química limitada más allá de los confines del reactor y degradan activamente las cantidades limitadas de gas de peróxido de hidrógeno que pueden contener. Además, dado que el plasma es fundamentalmente efectivo dentro del propio reactor, muchos diseños maximizan el tiempo de residencia para facilitar una oxidación más completa de los contaminantes orgánicos y microbios a medida que éstos pasan a través del reactor. Puesto que el peróxido de hidrógeno tiene un alto potencial para reducirse, el tiempo de residencia maximizado da como resultado la producción minimizada de peróxido de hidrógeno.

También, la mayoría de las aplicaciones de fotocatalisis producen especies químicas ambientalmente objetables. La primera de ellas es el propio ozono, un producto intencional de muchos sistemas. Además, puesto que los contaminantes orgánicos que pasan a través de un reactor son rara vez oxidados en una exposición, son necesarios múltiples intercambios de aire para lograr la oxidación completa a dióxido de carbono y agua. Cuando ocurre una oxidación incompleta, se produce una mezcla de aldehídos, alcoholes, ácidos carboxílicos, acetonas, y otras especies orgánicas parcialmente oxidadas producen por el reactor. Con frecuencia, los reactores fotocatalíticos pueden incrementar realmente la concentración general de contaminantes orgánicos en el aire al fraccionar moléculas orgánicas grandes en múltiples moléculas orgánicas pequeñas tales como formaldehído.

Los procedimientos para vaporizar soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno producen, en el mejor de los casos, formas hidratadas de peróxido de hidrógeno. También, a pesar de que los sistemas fotocatalíticos son capaces de producir peróxido de hidrógeno, estos tienen múltiples limitaciones que inhiben en gran medida la producción de PHPG para liberar en el ambiente. Se han desvelado anteriormente procedimientos y dispositivos para producir PHPG en la Solicitud de EE.UU. N.º 12/187.755, publicada el 1 de Mayo de 2012, como Publicación de Patente EE.UU. N.º 2009/0041617.

El documento WO2010/093796 muestra un dispositivo similar.

Campo de la divulgación

La presente solicitud proporciona e incluye dispositivos y procedimientos mejorados para generar gas de peróxido de hidrógeno purificado (PHPG).

Sumario de la invención

La presente divulgación proporciona, e incluye, dispositivos mejorados para producir gas de peróxido de hidrógeno purificado (PHPG) no hidratado que comprenden un alojamiento, un mecanismo de distribución de aire que proporciona un flujo de aire, una estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador en su superficie, una fuente de luz, en la que el flujo de aire pasa a través de la estructura de sustrato permeable al aire y el dispositivo produce PHPG y lo dirige fuera del alojamiento cuando está en funcionamiento.

La presente divulgación proporciona, e incluye, un dispositivo para producir gas de peróxido de hidrógeno purificado (PHPG) no hidratado cuando se instala en un sistema de calefacción, ventilación, y aire acondicionado (HVAC) que comprende una estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador en su superficie y una fuente de luz en la que el aire fluye desde el sistema HVAC a través de la estructura de sustrato permeable al aire y el dispositivo produce PHPG y lo dirige lejos de la estructura de sustrato permeable al aire cuando está en funcionamiento y dentro de un espacio calentado, ventilado y de aire acondicionado.

Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1A a 1C son ilustraciones de una realización de la presente divulgación diseñada para instalarse como parte de un sistema HVAC. Especialmente, el alojamiento y el mecanismo de distribución de aire se proporcionan por el sistema HVAC (por ejemplo, los conductos y sistema de ventiladores respectivamente).

Las Figuras 2A a 2C son ilustraciones de un ejemplo de dispositivo generador de PHPG independiente de acuerdo con la presente divulgación.

Descripción detallada

Antes de explicar con detalle los aspectos de la invención, se debe comprender que la invención no está limitada necesariamente en su aplicación a los detalles expuestos en la siguiente descripción o como se ilustra en los Ejemplos. La invención es capaz de otros aspectos y de ser practicada y llevada a cabo de varias maneras.

La presente divulgación proporciona e incluye dispositivos para producir gases de peróxido de hidrógeno purificado (PHPG) no hidratado. En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, un dispositivo para producir gas purificado no hidratado incluye un alojamiento, un mecanismo de distribución de aire, una fuente de luz ultravioleta, una estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador en su superficie en el que el flujo de aire pasa

a través de la estructura de sustrato permeable al aire y dirige el PHPG producido por el dispositivo fuera del alojamiento cuando el dispositivo está en funcionamiento.

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el dispositivo produce PHPG y dirige el gas PHPG fuera del alojamiento. Sin estar limitados por la teoría, la producción de gas PHPG está limitada por la velocidad y determinada por la tasa de absorción de humedad del aire en los sitios activos del catalizador. Por consiguiente, se cree que la tasa máxima de producción de gas PHPG es dependiente de la humedad y se puede calcular asumiendo las siguientes condiciones: 1. un catalizador completamente hidratado; 2. suficiente intensidad de luz para proporcionar la activación completa del catalizador; 3. una producción del 100 % sin pérdidas debido a fotólisis del peróxido de hidrógeno o descomposición del peróxido de hidrógeno; y 4. un gran exceso de oxígeno para reducir. Puesto que dos fotones producen dos radicales hidroxilo, dos electrones libres, y dos iones de hidrógeno, y una molécula de oxígeno está fácilmente disponible, se producen dos moléculas de peróxido de hidrógeno. Por lo tanto, la proporción de fotones usados para producir moléculas de peróxido de hidrógeno es 1:1 en circunstancias excepcionalmente ideales. En un grado P25 de TiO₂ existen hasta 14 x 10¹⁴ sitios activos por centímetro cuadrado. En un grado P90 de TiO₂ existen hasta 42 x 10¹⁴ sitios activos por centímetro cuadrado. De tal manera, en el mejor de los casos un catalizador completamente hidratado puede producir inmediatamente 42 x 10¹⁴ moléculas de peróxido de hidrógeno usando agua absorbida. Después de eso, la tasa de producción vendrá determinada por la tasa a la cual el agua se absorbe dentro del catalizador, lo cual es dependiente de la humedad.

En otro aspecto, el dispositivo produce PHPG en una tasa suficiente para establecer una concentración en el estado estable de PHPG de al menos 0,005 ppm en un volumen de aire cerrado de 10 metros cúbicos.

En un aspecto, el dispositivo produce una concentración de al menos 0,005 ppm en un volumen de aire de 10 metros cúbicos (m³) en el que 10 por ciento del volumen de aire se reemplaza cada hora con aire fresco que no contiene PHPG.

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el gas de peróxido de hidrógeno se puede medir en un volumen de aire. Puesto que actualmente no existe ningún dispositivo para medir gas de peróxido de hidrógeno a niveles por debajo de 0,10 ppm, se pueden emplear los procedimientos para medir la cantidad de peróxido de hidrógeno en el tiempo o los procedimientos que emplean una bomba calibrada. En un aspecto, se puede usar una tira de prueba de peróxido de hidrógeno que se usa normalmente para medir concentraciones aproximadas en solución acuosa para detectar la presencia de PHPG en el tiempo. En un aspecto, una tira de prueba de peróxido de hidrógeno puede medir el PHPG acumulado hasta una hora para dar lecturas aproximadas de la concentración de PHPG precisas de hasta 0,01 ppm. En ciertos aspectos, una tira de prueba que acumula 0,5 ppm durante el transcurso de cinco minutos cuando se expone durante intervalos de veinte segundos, indica una concentración aproximada de 0,033 ppm (por ejemplo, 0,5 ppm dividido entre 15). En otros aspectos, un tubo Draeger, diseñado para detectar concentraciones de peróxido de hidrógeno de tan solo 0,10 ppm después de extraer 2.000 centímetros cúbicos de aire usando una bomba calibrada, proporciona lecturas de concentraciones menores precisas de 0,005 ppm usando volúmenes más grandes de aire para la medición. En ciertos aspectos, un tubo Draeger que indica una medición de PHPG en 0,10 ppm después de extraer 4.000 centímetros cúbicos proporciona una concentración de 0,05 ppm. En otro aspecto, un tubo Draeger que indica 0,10 ppm después de extraer 6.000 centímetros cúbicos, mide una concentración de PHPG aproximada de 0,033 ppm.

De acuerdo con la presente divulgación, el gas de peróxido de hidrógeno purificado (PHPG) no hidratado comprende peróxido de hidrógeno gaseoso (H₂O₂) que está sustancialmente libre de hidratación, ozono especies de plasma, o especies orgánicas.

Como se usa en el presente documento, la expresión “sustancialmente libre de ozono” significa una cantidad de ozono por debajo de aproximadamente 0,015 ppm de ozono. En un aspecto, “sustancialmente libre de ozono” significa que la cantidad de ozono producido por el dispositivo está por debajo o cerca del nivel de detección (LOD) usando medios de detección convencionales. Los detectores de ozono se conocen en la técnica y tienen umbrales de detección en las partes por billón usando detección de punto de ionización. Un detector de ozono adecuado es el detector de gas Honeywell Analytics Midas® capaz de detectar 0,036 hasta 0,7 mm de ozono.

Como se usa en el presente documento, sustancialmente libre de hidratación significa que el gas de peróxido de hidrógeno está al menos 99 % libre de moléculas de agua unidas por atracción electrostática y fuerzas de London.

También como se usa en el presente documento, un PHPG que está sustancialmente libre de especies de plasma significa gas de peróxido de hidrógeno que está al menos 99 % libre de ion hidróxido, radical de hidróxido, ion hidronio, y radical de hidrógeno.

Como se usa en el presente documento la expresión “superior a” se refiere a al menos aproximadamente 3 %, 5 %, 7 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, o incluso algunas veces aún más superior.

Como se usa en el presente documento el término “mejorar” o “incrementar” refiere a al menos aproximadamente 2 %, al menos aproximadamente 3 %, al menos aproximadamente 4 %, al menos aproximadamente 5 %, al menos aproximadamente 10 %, al menos aproximadamente 15 %, al menos aproximadamente 20 %, al menos aproximadamente 25 %, al menos aproximadamente 30 %, al menos aproximadamente 35 %, al menos

aproximadamente 40 %, al menos aproximadamente 45 %, al menos aproximadamente 50 %, al menos aproximadamente 60 %, al menos aproximadamente 70 %, al menos aproximadamente 80 %, al menos aproximadamente 90 %, o un incremento mayor.

Como se usa en el presente documento, el término “aproximadamente” se refiere a $\pm 10\%$.

- 5 Los términos “comprende,” “que comprende,” “incluye,” “que incluye,” “que tiene,” y sus conjugaciones significan “que incluyen pero no limitado a”.

La expresión “que consiste en” significa “que incluye y está limitado a”.

- 10 La expresión “que consiste esencialmente en” significa que la composición, el procedimiento, o la estructura pueden incluir ingredientes, etapas, y/o partes adicionales, pero solo si los ingredientes, etapas y/o partes adicionales no alteran materialmente las características básicas y novedosas de la composición, el procedimiento, o la estructura reivindicados.

Como se usan en el presente documento, la forma singular “uno”, “una”, y “el”, “la” incluyen las referencias en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Por ejemplo, la expresión “un compuesto” o “al menos un compuesto” puede incluir una pluralidad de compuestos, que incluyen mezclas de los mismos.

- 15 Cuando un intervalo numérico se indica en el presente documento, significa que incluye cualquier numeral citado (fracción o entero) dentro de intervalo indicado. Las frases “variando/que varía entre” un primer número indicado y un segundo número indicado y “variando/que varía de” un primer número indicado “a” un segundo número indicado se usan en el presente documento de manera intercambiable y se pretende que incluyan el primer y segundo números indicados y todos los números fracciones y enteros entre ambos.

- 20 Como se usa en el presente documento el término “procedimiento” se refiere a maneras, medios, técnicas, y procedimientos para completar una tarea dada que incluye, pero no está limitada a, aquellas maneras, medios, técnicas y procedimientos ya sea conocidos o desarrollados fácilmente a partir de maneras, medios, técnicas, y procedimientos conocidos por los expertos en las técnicas agronómicas, químicas, farmacológicas, biológicas, bioquímicas, y médicas.

- 25 En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, un alojamiento comprende un volumen que tiene al menos una abertura para la entrada de aire y al menos una abertura para la descarga de aire que tiene gas de peróxido de hidrógeno purificado no hidratado. En un aspecto, el alojamiento puede estar fabricado de plástico, metal, madera, o vidrio. De acuerdo con algunos aspectos, el alojamiento puede ser opaco. En otros aspectos, el alojamiento puede ser opaco a luz ultravioleta y permitir la transmisión de luz en el espectro visible. En un aspecto, el alojamiento puede incluir adicionalmente una superficie reflectora en el interior del dispositivo para reflejar la luz de vuelta a la estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador y por lo tanto incrementa la producción de gas de peróxido de hidrógeno purificado no hidratado. En un aspecto, un alojamiento puede comprender un material resistente a degradación por luz ultravioleta. En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el alojamiento se puede preparar a partir de plásticos seleccionados del grupo que consiste en acrílico, poliéster, silicona, poliuretano, y plástico halogenado. En algunos aspectos, el alojamiento se puede preparar a partir de una cerámica o porcelana. En algunos aspectos, el alojamiento se puede preparar a partir de polietileno, polipropileno, poliestireno, nylon, o policloruro de vinilo.

- 40 Como se usa en el presente documento, en otros aspectos, un alojamiento puede comprender un sistema de calefacción, ventilación, y aire acondicionado (HVAC). Haciendo referencia a las Figuras 1A a 1C, un dispositivo para producir PHPG es un dispositivo colocado dentro de un sistema HVAC existente que comprende una estructura de sustrato permeable al aire 102 que tiene un catalizador en su superficie y una fuente de luz 104 como se cita en los párrafos [0098] a [00106]. En otros aspectos, un dispositivo para producir PHPG es un dispositivo colocado en un sistema HVAC durante su construcción. Un aspecto de un dispositivo productor de PHPG adecuado para incorporarse dentro de un sistema HVAC se ilustra en las Figuras 1A a 1C. Como se ilustra, un dispositivo adecuado se puede instalar dentro de un sistema HVAC existente que tiene un conducto rectangular de acuerdo con los estándares nacionales e internacionales aplicables. Los sistemas HVAC adecuados y los estándares apropiados se conocen en la técnica, por ejemplo los estándares desarrollados por la Sheet Metal & Air Conditioning Contractors' National Association (SMACNA). Por ejemplo, el American National Standards Institute (ANSI) ha acreditado a la SMACNA como una organización normativa. Como se proporciona en el presente documento, los dispositivos adecuados para instalarse dentro de un sistema HVAC incluyen los elementos citados para dispositivos independientes pero en los que el alojamiento y el sistema de distribución de aire son proporcionados por el sistema HVAC. Los dispositivos adecuados para instalarse dentro de un sistema HVAC pueden comprender adicionalmente un sistema de distribución de aire adicional (por ejemplo, separado del sistema de distribución de aire del sistema HVAC como un todo). Los dispositivos adecuados para instalarse dentro de un sistema HVAC pueden comprender adicionalmente uno o más filtros adicionales para prevenir la contaminación con polvo o sustancias químicas.

- 55 En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, un dispositivo incluye un mecanismo de distribución de aire para proporcionar flujo de aire. En algunos aspectos, el flujo del aire es un flujo de aire continuo. En otros aspectos, el flujo del aire es discontinuo. En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el flujo de aire del dispositivo

puede ser un flujo laminar de aire a través de una estructura de sustrato permeable al aire. En otros aspectos, el flujo de aire puede ser flujo turbulento a través de un sustrato permeable al aire. En otro aspecto más, el flujo de aire puede ser transitorio. En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el flujo de aire del dispositivo puede tener un número Reynolds menor de 2.300. En otro aspecto, el flujo de aire del dispositivo puede tener un número Reynolds de entre 2.300 y 4.000. En otro aspecto más, el flujo de aire del dispositivo puede tener un número Reynolds mayor de 4000.

En algunos aspectos, un mecanismo de distribución de aire se coloca corriente arriba de una estructura de sustrato permeable al aire y proporciona un flujo de aire a través del sustrato permeable al aire. En otros aspectos, un mecanismo de distribución de aire se coloca después de un sustrato permeable al aire y extrae el aire a través del sustrato. En ciertos aspectos, el flujo de aire es proporcionado por uno o más ventiladores. En ciertos aspectos, el flujo de aire puede ser proporcionado por una fuente de aire comprimido. En un aspecto, la fuente de aire comprimido puede ser un tanque de aire comprimido. En otros aspectos, el aire comprimido puede ser proporcionado por un compresor de aire y un tanque de almacenamiento. En otro aspecto más, el flujo del aire es proporcionado por un sistema de control climático tal como un aire acondicionado, un horno, o un sistema de calefacción, ventilación, y aire acondicionado (HVAC).

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el dispositivo puede proporcionar un flujo de aire que tiene una velocidad, una dirección, y un ángulo de incidencia respecto a la estructura de sustrato permeable al aire.

Los dispositivos de la presente divulgación son proporcionados con un flujo de aire suficiente para minimizar el tiempo de contacto con la superficie fotocatalítica. Más específicamente, los dispositivos de la presente divulgación están diseñados para minimizar el contacto del gas de peróxido de hidrógeno que se genera durante la fotocatalisis con el sustrato fotocatalítico para minimizar la degradación del peróxido de hidrógeno por contaminación de ozono, iones hidróxido, radicales de hidróxido, iones hidronio, y radicales de hidrógeno. Esta minimización de la producción de ozono y contacto se diferencia de los filtros y dispositivos de "purificación de aire" que emplean principios fotocatalíticos similares. Al contrario que los dispositivos de la presente divulgación, los purificadores y filtros de aire están diseñados para maximizar el contacto del aire con la superficie catalítica y el plasma fotocatalítico. Aún más, los purificadores y filtros previos están diseñados para actuar dentro de un volumen cerrado y están diseñados para no expulsar PHPG sino para 'limpiar' el aire que contiene compuestos orgánicos volátiles (VOC), bacterias, microbios, esporas, virus, y otros contaminantes indeseables destruyendo o reduciendo los mismos. De modo similar, los filtros y purificadores previos están asociados a la producción de ozono y/o radicales hidróxido, cada uno de los cuales es indeseable en los dispositivos de la presente divulgación.

Los dispositivos de la presente divulgación incluyen y proporcionan mecanismos de distribución de aire capaces de proporcionar un flujo de aire que tiene una velocidad de aproximadamente 5 nanómetros/segundo (nm/s) a 10.000 nm/s, medido en la superficie de la estructura de sustrato permeable al aire. En ciertos aspectos, el caudal está entre 5 nm/s y 7.500 nm/s. En ciertos aspectos, el caudal está entre 5 nm/s y 5.000 nm/s. En ciertos aspectos, el caudal está entre 5 nm/s y 2.500 nm/s. En ciertos aspectos, el caudal está entre 5 nm/s y 5.000 nm/s. En ciertos aspectos, el caudal está entre 5 nm/s y 1.000 nm/s. En otros aspectos, el caudal del aire en la estructura de sustrato permeable al aire está entre 5 y 15 nm/s. En otro aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 15 nm/s y 30 nm/s. En un aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 30 nm/s y 50 nm/s. En un aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 50 nm/s y 75 nm/s. En un aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 75 nm/s y 100 nm/s. En un aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 100 nm/s y 250 nm/s. En un aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 250 nm/s y 500 nm/s. En un aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 500 nm/s y 750 nm/s. En un aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 750 nm/s y 1000 nm/s. En un aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 1000 nm/s y 2.500 nm/s. En un aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 2.500 nm/s y 5.000 nm/s. En un aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 5.000 nm/s y 7.500 nm/s. En un aspecto, la velocidad del caudal de aire está entre 7.500 nm/s y 10.000 nm/s. Como se proporciona en el presente documento, el flujo de aire máximo a través de la estructura permeable al aire está limitado por la reacción de radicales hidroxilo en peróxido de hidrógeno y la tasa de producción de gotas de PHPG. Sin quedar limitado por la teoría, se piensa que los radicales hidroxilo se mantienen en un equilibrio diluido suficiente el cual favorece su combinación para formar peróxido de hidrógeno, aunque se minimiza la descomposición en agua y oxígeno. La limitación de flujo máxima depende de la estructura permeable al aire, el catalizador, la humedad relativa y otras variables y uno experto en la materia puede fácilmente ajustar el flujo de aire para maximizar la producción de PHPG. En ciertos aspectos, los dispositivos adecuados para sistemas HVAC están diseñados para manejar flujos del aire de hasta 1132 metros cúbicos por minuto.

La presente divulgación proporciona, e incluye, caudales de aire a través de la estructura de sustrato permeable al aire de más de 2,83 m³/min. En un aspecto, los dispositivos de generación de PHPG para un sistema HVAC son proporcionados con un caudal de aire promedio de 4,10 m³/min. Para un dispositivo de generación de PHPG independiente, el mecanismo de distribución de aire proporciona un promedio de 3,25 m³/min a través de la estructura de sustrato permeable al aire.

La presente divulgación también incluye y proporciona dispositivos que tienen una velocidad del caudal de aire suficiente para proporcionar un tiempo de residencia en la superficie del catalizador de menos de 1 segundo. Un experto en la materia entenderá que el tiempo disponible en una superficie catalizadora se ve afectada por, entre

otros parámetros, la velocidad del aire, el ángulo de incidencia, y el espesor del sustrato. En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el dispositivo proporciona un tiempo de residencia en la superficie del catalizador de un sustrato permeable al aire de menos de 2 segundos. En un aspecto, el tiempo de residencia es menor de 1 segundo. En algunos aspectos, el tiempo de residencia es menor de 500 ms. En un aspecto adicional, el tiempo de residencia es menor de 250 ms. En otro aspecto más, el tiempo de residencia está entre 1 y 500 ms.

En aspectos, la dirección del flujo del aire en la estructura permeable al aire puede ser provista en un ángulo respecto a la estructura permeable al aire (el ángulo de incidencia). Al contrario que en la presente divulgación, los dispositivos productores de PHPG desvelados en la Patente US-8.168.122, US-8.684.329 y US-9.034.255, proporcionan un aparato difusor para producir gas de peróxido de hidrógeno purificado (PHPG) no hidratado del aire ambiental húmedo que tiene un flujo de aire perpendicular a una estructura de sustrato permeable al aire delgada. Aquí, mostramos que la producción de PHPG se puede lograr usando flujos de aire que son incidentes al sustrato permeable al aire en ángulos de al menos 14°. Sin quedar limitados por la teoría, se cree que el ángulo de incidencia permisible está relacionado con el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire y la velocidad del caudal de aire. A medida que se reduce el espesor de la estructura de sustrato, el ángulo de incidencia también se puede reducir, comenzando en 90° (ángulo entre el flujo de aire y el sustrato) el cual proporciona la condición óptima para la producción de PHPG al mantener un tiempo de residencia corto de peróxido de hidrógeno en una superficie de sustrato. De modo similar, el ángulo de incidencia se puede reducir para un espesor de sustrato dado mientras incrementa la velocidad del flujo de aire, aunque ángulos menores de 14° no dieron lugar a la producción de niveles detectables de PHPG. Sin quedar limitados por la teoría, la tasa de producción de PHPG es máxima con un ángulo de incidencia de 90° y esencialmente no detectable cuando el ángulo de incidencia del flujo de aire es de aproximadamente 14 grados o menos. Entre aproximadamente 14° y 68°, la producción de PHPG se incrementa de forma estable. Inesperadamente, en ángulos de incidencia de tan solo 68° se producen niveles adecuados de PHPG, y coincidiendo con publicaciones previas, se produce la producción óptima cuando el flujo de aire es perpendicular. Por consiguiente, los dispositivos de la técnica que tienen superficies catalíticas que son paralelas al flujo de aire no producen PHPG, incluso si la luz de incidencia es perpendicular. Por lo tanto, los dispositivos en la técnica diseñados para generar ozono, peróxido y otras especies reactivas dentro de un reactor no producen PHPG y no dirigen PHPG fuera del reactor.

En ciertos aspectos, el flujo de aire puede ser proporcionado en un ángulo de incidencia de 90° respecto a la estructura de sustrato permeable al aire (por ejemplo, perpendicular al sustrato permeable al aire). En dispositivos que tienen un ángulo de incidencia de 90°, el tiempo de residencia del gas de peróxido de hidrógeno purificado no hidratado es mínimo para un flujo de aire dado y un espesor de sustrato. En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el ángulo de incidencia mínimo es 14°. En otros aspectos, el ángulo de incidencia del flujo de aire respecto a la estructura permeable al aire es de al menos 45° o mayor. En otro aspecto, el ángulo de incidencia es mayor de 50°. En otro aspecto más, el ángulo de incidencia es mayor de 60°. En un aspecto adicional, el ángulo de incidencia es mayor de 70°. En otro aspecto, el ángulo de incidencia es mayor de 75°. En un aspecto, el ángulo de incidencia puede ser mayor de 80°. En un aspecto adicional, el ángulo de incidencia puede ser mayor de 85°. En otro aspecto más, el ángulo de incidencia puede ser mayor de 89°. En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el ángulo de incidencia del flujo de aire puede estar entre 68° y 90° respecto a la estructura de sustrato. En otros aspectos, el ángulo de incidencia del flujo de aire puede estar entre 75° y 90° respecto a la estructura de sustrato. En otros aspectos, el ángulo de incidencia del flujo de aire puede estar entre 85° y 90° respecto a la estructura de sustrato.

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el flujo de aire a través de la estructura de sustrato permeable al aire es aire húmedo. En ciertos aspectos, el aire húmedo es aire húmedo ambiental. En otros aspectos, la humedad del aire que fluye a través de sustrato permeable al aire es del 20 % o más de HR. En aspectos adicionales, la humedad del aire que fluye a través del sustrato permeable al aire es del 30 % o más de HR. En algunos aspectos, la humedad relativa está entre el 35 % y el 40 %. En otros aspectos, la humedad del aire ambiental puede estar entre aproximadamente 20 % y aproximadamente 99 % de HR. En otros aspectos, la humedad del aire ambiental puede estar entre aproximadamente 20 % y aproximadamente 99 % de HR. En ciertos aspectos, la humedad del flujo de aire es menor de 80 %. En un aspecto, la humedad está entre el 20 % y el 80 %. En otros aspectos más, la humedad relativa está entre el 30 % y el 60 %. En otro aspecto, la humedad está entre el 35 % y el 40 %. En algunos aspectos, la humedad del aire que fluye a través de la estructura de sustrato permeable al aire está entre el 56 % y el 59 %. En aspectos de acuerdo con la presente divulgación la humedad relativa está entre el 20 % y el 80 %.

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el flujo de aire a través de la estructura de sustrato permeable al aire se puede complementar por humidificación. En ciertos aspectos, el aire ambiental se complementa con un humidificador para proporcionar un flujo de aire que tiene al menos 20 % de humedad. En ciertos aspectos, la humedad relativa del aire que fluye a través de la estructura de sustrato permeable al aire se mantiene entre 20 % y 80 %. En otro aspecto, el aire se puede humedecer hasta el 30 % o más de humedad relativa. En algunos aspectos, la humedad relativa del flujo de aire húmedo está entre el 35 % y el 40 %. En otros aspectos, la humedad del aire húmedo puede estar entre aproximadamente el 20 % y aproximadamente el 99 % o entre aproximadamente el 30 % y el 99 % de HR. En un aspecto, la humedad relativa después de humidificación es menor del 80 %. En un aspecto, la humedad relativa después de humidificación está entre el 20 % y el 80 %. En otros aspectos más, la humedad relativa después de la humidificación está entre el 30 % y el 60 %. En otro aspecto, la humedad relativa después de

humidificación está entre el 35 % y el 40 %. En algunos aspectos, la humedad relativa después de la humidificación del aire que fluye a través de la estructura de sustrato permeable al aire está entre el 56 % y el 59 %.

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, un dispositivo puede proporcionar un flujo de aire que recircula aire dentro de un espacio. En otros aspectos, un dispositivo puede proporcionar, por completo o en parte, un flujo de aire que comprende aire fresco. En ciertos aspectos, el dispositivo incluye y proporciona una fuente de aire fresco ya sea del exterior o de un flujo de aire filtrado independientes. En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el dispositivo se puede incluir en un sistema de aire acondicionado y ventilación que recircula el aire dentro de una habitación o edificio. En algunos aspectos, el aire recirculante del edificio o habitación se puede complementar con aire fresco del exterior.

Los dispositivos de la presente divulgación incluyen una estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador en la superficie configurado para producir gas de peróxido de hidrógeno purificado cuando se expone a una fuente de luz y se proporciona un flujo de aire. La estructura de sustrato puede variar en espesor, permeabilidad al aire, y catalizador de la superficie. En ciertos aspectos, la estructura de sustrato puede ser más gruesa o más delgada dependiendo del caudal del aire, el ángulo de incidencia del flujo del aire, la intensidad de la luz, y el tipo de catalizador. La selección del espesor, flujo del aire, ángulo de flujo del aire, y otros parámetros está destinada a proporcionar una morfología de superficie de sustrato para minimizar el tiempo de residencia de las moléculas de peróxido de hidrógeno en una superficie de la estructura de sustrato permeable al aire. Sin quedar limitado por la teoría, se piensa que el gas de peróxido de hidrógeno que se genera en la superficie de sustrato se libera desde la superficie y por lo tanto se evita que sea reducido de vuelta en agua por el sustrato o hidróxido.

De acuerdo con la invención, la estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador en su superficie está entre aproximadamente 5 nanómetros (nm) y aproximadamente 750 nm de espesor total. En ciertos aspectos, el espesor máximo de una estructura de sustrato permeable al aire es 650 nm. En un aspecto, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es entre 100 y 200 nm. En un aspecto, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es entre 145 y 150 nm. En un aspecto, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es entre 5 nm y 15 nm. En otro aspecto, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es entre 15 nm y 30 nm. En un aspecto, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es entre 20 nm y 40 nm. En un aspecto, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es aproximadamente 30 nm. En un aspecto adicional, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es entre 30 nm y 50 nm. En otro aspecto más, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es entre 50 nm y 75 nm. En un aspecto, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es entre 75 nm y 100 nm. En otro aspecto más, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es entre 100 nm y 250 nm. En un aspecto adicional, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es entre 250 nm y 500 nm. En ciertos aspectos, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire es entre 500 nm y 750 nm. En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador en su superficie es entre aproximadamente 5 nm y 100 nm. En un aspecto, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador en su superficie es entre aproximadamente 15 nm y 100 nm. En un aspecto, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador en su superficie es entre aproximadamente 20 nm y 100 nm. En un aspecto, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador en su superficie es entre aproximadamente 20 nm y 75 nm. En un aspecto, el espesor de la estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador en su superficie es entre aproximadamente 20 nm y 50 nm.

También se proporcionan e incluyen en la presente divulgación dispositivos que tienen una estructura de sustrato permeable al aire configurada como una malla. Como se usa en el presente documento, una "malla" hace referencia a una red de espacios en una red o circuito que comprende un circuito de cordones, hilos, o alambres. En algunos aspectos, una malla puede ser un paño o tela tejida. En algunos aspectos, una malla puede ser acero inoxidable tejido. En algunos aspectos, una malla puede ser acero inoxidable tejido en forma de panal. En otros aspectos, una malla puede ser un paño o tela no tejida. En ciertos aspectos, se puede preparar una malla a partir de una hoja sólida introduciendo orificios o perforaciones ya sea mecánicamente, térmicamente, o químicamente. En un aspecto, una malla se puede preparar a partir de una película.

En el transcurso del desarrollo de la presente divulgación, se observa que las estructuras de sustrato permeable al aire requieren una malla que tenga al menos 20 % de área abierta para generar cantidades efectivas de PHPG. De modo similar, cuando el área abierta de la malla es mayor de 60 %, la generación de PHPG es esencialmente eliminada. Por consiguiente, la presente divulgación proporciona e incluye, estructuras de sustrato permeable al aire que tiene una malla con una área abierta de entre 20 % y 60 % y un espesor máximo de hasta 750 nm. Los espesores adecuados de sustratos permeables al aire son proporcionados anteriormente en los párrafos [0060] y [0061]. También se incluyen estructuras de sustrato permeable al aire que tienen una malla con un área abierta de aproximadamente 40 %. En un aspecto la abertura de la malla es de aproximadamente 200 micrómetros y el espesor del hilo es de aproximadamente 152 micrómetros.

Una serie de pruebas adicionales revelaron que las telas no tejidas no son adecuadas para la preparación de sustratos permeables al aire cubiertos con un catalizador. Sin quedar limitados por la teoría, se piensa que la imposibilidad de identificar materiales no tejidos adecuados se debe a una malla insuficiente o irregular de los materiales no tejidos. Sin embargo, se cree que se pueden preparar materiales no tejidos adecuados. Por

consiguiente, se incluyen y proporcionan por la presente divulgación estructuras de sustrato permeable al aire no tejidas que tienen una malla de entre 20 y 60 % y un espesor de menos que 750 nm que son útiles en la preparación de dispositivos generadores de PHPG.

5 En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, una malla tiene más de 20 hebras por centímetro. En ciertos aspectos, el área abierta de la malla es menos de aproximadamente 120 hebras por centímetro. En un aspecto, la abertura de la malla es aproximadamente 200 micrómetros (μm), lo que corresponde a aproximadamente 41 % de área abierta para un espesor de hebra de aproximadamente 150 micrómetros. En ciertos aspectos, la malla incluye un área abierta de al menos aproximadamente 20 % y un espesor de hebra de aproximadamente 48 micrómetros.
10 % y 40 %. En otros aspectos, la malla tiene un tamaño de orificio de entre 25 μm y 220 μm y tiene un área abierta de entre 20 % y 40 %. En otros aspectos, la malla tiene un tamaño de orificio de entre 25 μm y 220 μm y un espesor de hebra de entre 48 μm y 175 μm .

15 En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, una malla se puede preparar de modo que tenga un patrón repetido y regular de espacios en la red o circuito. En otros aspectos, una malla de la presente divulgación puede tener un patrón no repetido o irregular de espacios. En otro aspecto más, la malla puede ser una serie aleatoria de espacios abiertos. En otro aspecto, la malla puede tener la apariencia de un panal. En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, los espacios abiertos dentro de la malla son redondos, triangulares, cuadrados, poligonales, poliédricos, elipsoides, o esféricos.

20 Una estructura de sustrato permeable al aire de la presente divulgación puede prepararse a partir de diversos materiales adecuados. En ciertos aspectos, una estructura de sustrato permeable al aire puede comprender un catalizador. En otros aspectos, una estructura de sustrato permeable al aire puede comprender un catalizador y un cocatalizador. En otros aspectos más, una estructura de sustrato permeable al aire puede comprender un catalizador, un cocatalizador, y un aditivo. En ciertos aspectos, una estructura de sustrato permeable al aire puede prepararse como una cerámica. En otros aspectos más, la estructura de sustrato permeable al aire consiste solamente en el catalizador o combinación de catalizador/cocatalizador.

25 La presente divulgación también proporciona sustratos permeables al aire que están cubiertos. En algunos aspectos, una estructura de sustrato permeable al aire puede comprender un material que está cubierto con uno o más catalizadores. En otros aspectos, una estructura de sustrato permeable al aire puede comprender un material que está cubierto con un catalizador y uno o más cocatalizadores. En otro aspecto más, una estructura de sustrato permeable al aire puede comprender un material que está cubierto con una mezcla de un catalizador, un cocatalizador, y un aditivo.
30

35 Se conocen en la técnica procedimientos para revestir un sustrato permeable al aire. En ciertos aspectos, un sustrato permeable al aire se recubre con un polvo de dióxido de titanio cristalino en una o más aplicaciones y se sinteriza en un horno. Los recubrimientos de la presente divulgación se pueden aplicar a una malla mediante varios procedimientos que incluyen, pero no se limitan a, procedimientos de solución de gel, pintado, inmersión, y recubrimiento de polvo. En otros aspectos, los catalizadores, cocatalizadores y aditivos de la presente divulgación pueden aplicarse a una malla por recubrimiento de barra, fundición de cinta, rociado ultrasónico y recubrimiento basado en red. Como se proporciona en el presente documento, el procedimiento para aplicar los catalizadores, cocatalizadores y aditivos es apropiado si se proporciona e incluye, retener la malla del sustrato permeable al aire subyacente como se ha mencionado anteriormente.

40 De acuerdo con la presente divulgación, una estructura de sustrato permeable al aire comprende una malla que tiene un porcentaje de área abierta de entre 20 % y 60 % después del recubrimiento. En otro aspecto, la malla puede tener un área abierta de entre 20 % y 30 %. En un aspecto, la malla puede tener un área abierta de entre 30 % y 40 %. En un aspecto adicional, la malla puede tener un área abierta de entre 40 % y 50 %. En otro aspecto más, la malla puede tener un área abierta de entre 50 % y 60 %. En ciertos aspectos, el porcentaje de área abierta de la malla puede estar entre 36 % y 38 %. En un aspecto, el porcentaje de área abierta es aproximadamente 37 %.
45

50 La presente divulgación proporciona e incluye estructuras de sustrato permeable que tienen un espesor de entre 5 nm y 750 nm y que tienen un área abierta de una malla entre 10 % y 60 %. En un aspecto, la estructura de sustrato puede tener un espesor seleccionado del grupo que consiste en de 5 nm a 10 nm, de 15 nm a 30 nm, de 20 nm a 40 nm, de 30 nm a 50 nm, de 50 nm a 75 nm, de 75 nm a 100 nm, de 100 nm a 250 nm, de 250 nm a 500 nm y de 500 nm a 750 nm y que tienen un área de malla entre 10 % y 20 %. En un aspecto, la estructura de sustrato puede tener un espesor seleccionado del grupo que consiste en de 5 nm a 15 nm, de 15 nm a 30 nm, de 20 nm a 40 nm, de 30 nm a 50 nm, de 50 nm a 75 nm, de 75 nm a 100 nm, de 100 nm a 250 nm, de 250 nm a 500 nm y de 500 nm a 750 nm de espesor y tiene un área abierta de malla entre 20 % y 30 %. En un aspecto, la estructura de sustrato puede tener un espesor seleccionado del grupo que consiste en de 5 nm a 15 nm, de 15 nm a 30 nm, de 20 nm a 40 nm, de 30 nm a 50 nm, de 50 nm a 75 nm, de 75 nm a 100 nm, de 100 nm a 250 nm, de 250 nm a 500 nm y de 500 nm a 750 nm de espesor y tiene un área abierta de malla entre 30 % y 40 %. En un aspecto, la estructura de sustrato puede tener un espesor seleccionado del grupo que consiste en de 5 nm a 15 nm, de 15 nm a 30 nm, de 20 nm a 40 nm, de 30 nm a 50 nm, de 50 nm a 75 nm, de 75 nm a 100 nm, de 100 nm a 250 nm, de 250 nm a 500 nm y de 500 nm a 750 nm de espesor y tiene un área abierta de malla entre 40 % y 50 %. En un aspecto, la estructura de sustrato puede tener un espesor seleccionado del grupo que consiste en de 5 nm a 15 nm, de 15 nm a 30 nm, de 20
60

nm a 40 nm, de 30 nm a 50 nm, de 50 nm a 75 nm, de 75 nm a 100 nm, de 100 nm a 250 nm, de 250 nm a 500 nm y de 500 nm a 750 nm de espesor y tiene un área abierta de malla entre 50 % y 60 %. En un aspecto, la estructura de sustrato puede tener un espesor seleccionado del grupo que consiste en de 5 nm a 15 nm, de 15 nm a 30 nm, de 20 nm a 40 nm, de 30 nm a 50 nm, de 50 nm a 75 nm, de 75 nm a 100 nm, de 100 nm a 250 nm, de 250 nm a 500 nm y de 500 nm a 750 nm de espesor y tiene un área abierta de malla entre 36 % y 38 %.

En otros aspectos, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 15 nm y 250 nm y tiene un área abierta de una malla entre 20 % y 50 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 15 nm y 100 nm y tiene un área abierta de una malla entre 20 % y 50 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 20 nm y 80 nm y tiene un área abierta de una malla entre 20 % y 50 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 20 nm y 50 nm y tiene un área abierta de una malla entre 20 % y 50 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 20 nm y 40 nm y tiene un área abierta de una malla entre 20 % y 50 %.

En otros aspectos, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 15 nm y 250 nm y tiene un área abierta de una malla entre 30 % y 50 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 15 nm y 100 nm y tiene un área abierta de una malla entre 30 % y 50 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 20 nm y 80 nm y tiene un área abierta de una malla entre 30 % y 50 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 30 nm y 50 nm y tiene un área abierta de una malla entre 30 % y 50 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 20 nm y 40 nm y tiene un área abierta de una malla entre 30 % y 50 %.

En otros aspectos, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 20 nm y 40 nm y tiene un área abierta de una malla entre 10 % y 60 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 20 nm y 40 nm y tiene un área abierta de una malla entre 20 % y 50 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 20 nm y 40 nm y tiene un área abierta de una malla entre 30 % y 40 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 20 nm y 40 nm y tiene un área abierta de una malla entre 36 % y 38 %. En otro aspecto, la estructura de sustrato permeable al aire tiene un espesor de entre 20 nm y 40 nm y tiene un área abierta de una malla de aproximadamente 37 %.

Los sustratos permeables al aire apropiados para recubrimiento con una mezcla de catalizador de la presente divulgación se conocen en la técnica. En ciertos aspectos, un sustrato permeable al aire comprende una hoja sólida que se reviste con un catalizador o mezcla que contiene un catalizador y que posteriormente se hace permeable al aire mediante la introducción de orificios o perforaciones como se proporciona arriba. En otros aspectos, un sustrato permeable al aire comprende una hoja sólida que se ha perforado y se reviste posteriormente con un catalizador o mezcla de catalizador.

Los sustratos permeables al aire apropiados para revestir con una mezcla de catalizador de acuerdo con la presente divulgación incluyen mallas, tales como tela tejida o tejido o tela no tejida o tejido. Como se proporciona en el presente documento, el recubrimiento de una malla apropiada con una mezcla de catalizador requiere que la malla no se ocluya y que la malla retenga un área abierta de entre 20 % y 60 % como se proporciona anteriormente.

Los sustratos permeables al aire de la presente divulgación pueden prepararse a partir de polímeros, fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras naturales, alambres de metal y otros materiales que pueden prepararse como una malla. Las mallas pueden ser mallas tejidas preparadas a partir de fibras naturales o sintéticas de monofilamento o hilos. En otros aspectos, las mallas tejidas pueden prepararse a partir de fibras sintéticas multifilamento o hilos. Las mallas tejidas de la presente divulgación pueden describirse mediante el número de hilos y tienen un diámetro de hilo. Las mallas tejidas comprenden hilos de urdimbre que discurren a lo largo de una malla tejida o tela e hilos de trama o relleno que discurren a través del ancho de una tela en ángulos rectos al hilo de urdimbre. En mallas tejidas que comprenden monofilamentos, están presentes hilos de diámetro igual y un número de hilos iguales en ambas direcciones de urdimbre y trama y aberturas de malla cuadradas (u orificios). Las mallas de tejido monofilamento puede tener números diferentes de hilos en la dirección de urdimbre y trama, dando como resultado aberturas de malla rectangular. Las mallas tejidas están disponibles en una amplia variedad de número de hilos.

Las mallas de monofilamento tejido apropiadas para los dispositivos de la presente divulgación comprenden mallas que tienen tamaños de orificio nominal (por ejemplo, aberturas de malla) que varían de 50 micrómetros a 1.200 micrómetros. En un aspecto, la malla de monofilamento tejido apropiada para recubrimiento como un sustrato permeable al aire tiene una abertura de malla de entre 100 y 300 micrómetros. En otro aspecto, un sustrato permeable al aire es una malla de monofilamento tejido que tiene una abertura de entre 150 y 250 micrómetros. En otro aspecto más, un sustrato permeable al aire es una malla de monofilamento tejido que tiene una abertura de malla de aproximadamente 200 micrómetros. En un aspecto, la abertura de malla de monofilamento tejido es de entre 175 y 225 micrómetros y tiene un espesor de hilo de entre 125 y 175 micrómetros. En otro aspecto más, la abertura de malla de monofilamento tejido de aproximadamente 200 micrómetros y tiene un espesor de hilo de aproximadamente 152 micrómetros.

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, una malla puede ser una malla extruida (también llamada "red

extruida”). En un aspecto, una malla extruida puede ser una malla extruida bi-planar. En otro aspecto, la malla extruida puede ser una malla mono-planar. La malla extruida puede comprender una red que tiene una variedad de aperturas (tamaños de orificio), pesos y espesores. Las mallas extruidas pueden prepararse a partir de polipropileno (PP), polietileno (PE), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de densidad media (MDPE), polietileno de baja densidad (LDPE), mezclas de polipropileno/polietileno (PP/PE), polietileno reticulado (PEX), polietileno de peso molecular ultra-alto (UHMWPE).

En un aspecto, una malla apropiada para recubrimiento de acuerdo con la presente divulgación es una malla de fibra de vidrio o tela. En algunos aspectos, la malla de fibra de vidrio es un plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP). En algunos aspectos, la malla de fibra de vidrio es una malla tejida. Las mallas de fibra de vidrio tejidas apropiadas incluyen tela de fibra de vidrio, estera de hebra cortada de fibra de vidrio, fibras para hilar tejidas. En algunos aspectos, una tela de fibra de vidrio es una combinación de fibra para hilar tejida y estera de hebra cortada. En otro aspecto, una tela de fibra de vidrio es S-2 GLASS™. En algunos aspectos, la tela de fibra de vidrio se prepara usando un tejido plano, un tejido de satén de eje largo, un tejido unidireccional, o tejido de tela cruzada. En un aspecto, una tela de fibra de vidrio comprende vidrio-E. En otro aspecto, una tela de fibra de vidrio comprende vidrio-C. En otro aspecto más, una tela de fibra de vidrio comprende vidrio-E y vidrio-C. En algunos aspectos la malla de fibra de vidrio o tela se combina con una resina para reforzar el material de fibra de vidrio. En un aspecto, la resina es poliéster. En otro aspecto, la resina es un epoxi.

En un aspecto, una malla apropiada para recubrimiento de acuerdo con la presente divulgación es un polímero. En un aspecto, la malla puede ser nylon, tereftalato de polibutileno (PBT), poliéster, polietileno, polipropileno, politetrafluoroetileno (PTFE), mezclas de polipropileno/polietileno (PP/PE) o hilos sintéticos o fibras.

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, una malla puede prepararse a partir de fibras naturales incluyendo algodón y lana. En algunos aspectos, la fibra natural es fibra de semilla, una fibra de hoja, una fibra de estera, una fibra de corteza, una fibra de fruta o una fibra de tallo. En otros aspectos, la fibra natural es cáñamo, sisal, yute, kenaf o bambú. En un aspecto, la malla puede prepararse a partir de seda.

Las mallas de acuerdo con la presente divulgación pueden ser una malla de metal o una malla de cerámica. Las mallas de metal apropiadas incluyen tamices electroformados. Los tamices electroformados apropiados para la preparación de sustratos permeables al aire revestidos con catalizador de acuerdo con la presente divulgación están disponibles en, por ejemplo, Industrial Netting (Minneapolis, MN). Los tamices electroformados pueden tener tamaños de orificio desde 8 micrómetros hasta 5000 micrómetros o más. En ciertos aspectos, los tamices electroformados varían de 36 % a 98 % de abierto. En algunos aspectos, el tamiz electroformado varía de 36 % a 98 % abierto y tiene un espesor de entre aproximadamente 20 nm y 75 nm.

Los dispositivos de la presente divulgación proporcionan, e incluyen, un catalizador sobre la superficie de dichas estructuras de sustrato permeable al aire. En ciertos aspectos, un catalizador puede ser una mezcla de catalizador comprendiendo uno o más catalizadores. En otros aspectos, una mezcla de catalizador puede comprender uno o más catalizadores y uno o más cocatalizadores. En otro aspecto, una mezcla de catalizador puede comprender uno o más catalizadores y uno o más aditivos. En un aspecto adicional, una mezcla de catalizador puede comprender uno o más catalizadores y uno o más cocatalizadores y uno o más aditivos. Las mezclas de catalizador pueden comprender adicionalmente solubilizantes, aglutinantes, modificadores de la viscosidad, agentes de isotonización, reguladores de pH, disolventes, tintes, agentes gelificantes, espesantes, tampones, y combinaciones de los mismos.

Un experto en la materia podría entender que la selección del catalizador determina el tipo de fotocatalisis que ocurre con iluminación con una fuente de luz y determina adicionalmente la longitud de onda y la intensidad de luz apropiada para generar gas peróxido de hidrógeno purificado no hidratado. Como se ha descrito anteriormente, los radicales hidroxilo producidos por fotocatalisis deben retirarse de la superficie catalítica antes de que experimenten reducción por los electrones libres en el catalizador o por otras especies reactivas producidas por fotocatalisis. Esto obliga a que éstos se combinen para formar peróxido de hidrógeno justo más allá del catalizador. Un experto en la materia debería entender que el tiempo de residencia del gas de peróxido de hidrógeno purificado no hidratado en el sustrato permeable al aire se determina por el espesor del sustrato, el ángulo de incidencia del flujo de aire y la velocidad del flujo de aire.

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el catalizador sobre la superficie de una estructura de sustrato permeable al aire es un metal, un óxido de metal, o mezclas de los mismos. También se proporcionan e incluyen en la presente divulgación catalizadores de cerámica. Los catalizadores de la presente divulgación incluyen, pero no están limitados a, dióxido de titanio, cobre, óxido de cobre, zinc, óxido de zinc, hierro, óxido de hierro, o mezclas de los mismos. Los catalizadores adecuados se proporcionan, por ejemplo en la Tabla 2. En algunos aspectos, el catalizador es dióxido de titanio en la forma de anatasa de rutilo. En ciertos aspectos, el dióxido de titanio es la forma anatasa. En algunos aspectos, el catalizador es dióxido de titanio en la forma de rutilo. En otros aspectos, el catalizador de dióxido de titanio es una mezcla de anatasa y rutilo. La anatasa absorbe fotones en longitud de onda menores de 380 nm, mientras que el rutilo absorbe fotones en longitudes de onda menores de 405 nm. También se proporcionan, catalizadores sobre la superficie que comprenden trióxido de tungsteno (WO₃) que proporciona el uso de un espectro completo de luz con energías de por lo menos 2,85 eV. Esto extiende la fuente de luz en el intervalo visible de luz más allá del intervalo donde TiO₂ es activo solo. Sin estar limitado por la teoría, el WO₃ proporciona

nuevos niveles de energía que TiO_2 no soporta y permite la adsorción de luz visible con suficiente energía para oxidar el agua en radicales libres. Por consiguiente, la presente divulgación además proporciona e incluye, fuentes de luz que proporcionan longitudes de onda en el intervalo visible cuando coincide con un sustrato de catalizador apropiado.

5

Tabla 2: Fotocatalizadores que tienen energías de espacio de banda apropiadas

Fotocatalizador	Energía de espacio de banda (electrón voltios (eV))
Si	1,1
WSe_2	1,2
CdS	2,4
WO_3	2,4-2,8
V_2O_5	2,7
SiC	3,0
TiO_2 (rutilo)	3,02
Fe_2O_3	3,1
TiO_2 anatasa	3,2
ZnO	3,2
SRTiO_3	3,2
SnO_2	3,5
ZnS	3,6

En ciertos aspectos, el catalizador puede ser óxido de tungsteno o una mezcla de óxido de tungsteno con otro metal o catalizador de óxido de metal. En algunos aspectos, el catalizador se selecciona del grupo que consiste en óxido de tungsteno(III), óxido de tungsteno (IV) (WO_2), óxido de tungsteno (VI) (WO_3), y pentóxido de tungsteno. En un aspecto, el óxido de tungsteno es dióxido de tungsteno (WO_2). En otro aspecto, el catalizador puede ser un catalizador de trióxido de tungsteno (WO_3) combinado con un cocatalizador de cesio. Véase "Development of a High-performance Photocatalyst that is Surface-treated with Cesium", disponible en el internet en www.aist.go.jp/aist_e/latest_research/2010/20100517/20100517.html.

El catalizador de la presente divulgación además puede incluir uno o más cocatalizadores. En ciertos aspectos, los cocatalizadores proporcionan capacidad de absorción de luz en el espectro visible (por ejemplo, longitudes de onda desde aproximadamente 390 nm a 700 nm). Los catalizadores y los procedimientos apropiados para preparar catalizadores para proporcionar catalizadores apropiados para dispositivos que tienen una fuente de luz que emite en el espectro visible se conocen en la técnica. Véase, Tukenmez, "Tungsten Oxide Nanopowders and Its Photocatalytic Activity under Visible Light Irradiation", Tesis, Department of Molecular Biology, Umea University, Suecia, (2013) disponible en el internet en: www.diva-portal.org/smash/get/diva2:643926/FULLTEXT01.pdf; Kim et al., "Photocatalytic Activity of TiO_2 Films Preserved under Different Conditions: The Gas-Phase Photocatalytic Degradation Reaction of Trichloroethylene," Journal of Catalysis 194(2):484-486 (2000); Blake et al., "Application of the Photocatalytic Chemistry of Titanium Dioxide to Disinfection and the Killing of Cancer Cells," Separation and Purification Methods 28(1):1-50 (1999); Sugihara et al., "Development of a Visible Light Responsive Photocatalyst using Tungsten Oxide under Indoor Lighting," National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) (2008). Los cocatalizadores de la presente divulgación incluyen, pero no están limitados a, platino, oro, plata, cobre, níquel, cesio o paladio. En algunos aspectos, el cocatalizador es un metal noble seleccionado del grupo que consiste en oro, platino, plata, rodio, rutenio, paladio, osmio e iridio. En un aspecto, el cocatalizador es oro. En otro aspecto, el cocatalizador es plata. En otro aspecto más, el cocatalizador es platino. En otro aspecto, el cocatalizador es una cerámica extruida. En ciertos aspectos, el cocatalizador es dióxido de zirconio (ZrO_2). En algunos aspectos, el cocatalizador es una cerámica de dióxido de titanio extruida (véase Shon et al., "Visible Light Responsive Titanium Dioxide (TiO_2) - a review" disponible en epress.lib.uts.edu.au).

La presente divulgación también incluye catalizadores de sustrato que comprenden paladio metálico, cobre y WO_3 que proporciona reacciones fotocatalíticas que ocurran a 460 nm en el espectro visible y proporciona un incremento de 7 veces de actividad en el catalizador. En otros aspectos, el catalizador comprende una mezcla de WO_3 y TiO_2 que incrementa las reacciones fotocatalíticas hasta 60 veces a una longitud de onda de 410 nm. En un aspecto adicional, la mezcla de WO_3 y TiO_2 proporciona una fuente de luz que comprende una lámpara XE a 400 nm. En aspectos adicionales, el catalizador se ajusta con iones de nitrógeno o WO_3 para proporcionar reacciones fotocatalíticas dentro del espectro de luz visible. En otros aspectos, la absorción en el espectro visible se proporciona por fotocatalizadores que comprenden una mezcla de TiO_2 y SiO_2 para crear un espacio de 3.3 eV.

40

Tabla 3: Cocatalizadores y longitudes de absorción

Cocatalizador	Longitud de onda
Oro (AU)	visible
Pt	
Ag	
Cerámica de dióxido de titanio	visible

Los cocatalizadores de la presente divulgación pueden proporcionarse en varias cantidades con relación al catalizador. En general, los catalizadores pueden proporcionarse en niveles de hasta aproximadamente 5 %. En ciertos aspectos, la cantidad de cocatalizador es 5 % o menor, aunque pueden usarse mezclas de cocatalizadores que tienen una cantidad combinada de hasta 10 % en ciertos aspectos. En ciertos aspectos, hasta 1,0 % de la masa total del catalizador puede ser un cocatalizador de los tipos descritos arriba. En algunos aspectos, la cantidad total del cocatalizador es de hasta 0,05 %. En otros aspectos más, el cocatalizador se proporciona entre 0,005 y 0,05 %. En algunos aspectos, el cocatalizador se proporciona entre 0,01 y 0,05 %. En otro aspecto, el cocatalizador se proporciona entre 0,01 % hasta 0,02 %. En ciertos aspectos, el cocatalizador se proporciona en menos del 0,05 % de la masa total del catalizador.

El catalizador de la presente divulgación además puede incluir uno o más aditivos. En un aspecto, un aditivo puede ser un aditivo higroscópico. Sin estar limitado por la teoría, se piensa que la presencia de un aditivo higroscópico incrementa la concentración local de agua en la superficie fotocatalítica, proporcionando así la producción de gas peróxido de hidrógeno purificado no hidratado en niveles de humedad más bajos y mejorando la eficiencia de la producción de PPGG a niveles de humedad más altos. Como se proporciona en la presente divulgación, los recubrimientos de catalizador que tienen agentes higroscópicos aumentan la eficiencia de los dispositivos de generación de PPHG y aumenta el intervalo de humedades relativas en el que el dispositivo generador de PPHG funciona eficientemente y puede producir PPHG a una velocidad suficiente para establecer una concentración de PPHG en el estado estable de por lo menos 0,005 ppm en un volumen de aire cerrado de 10 metros cúbicos. En ciertos aspectos, la humedad relativa puede ser de tan solo 1 %. En un aspecto, la humedad del aire ambiental está preferiblemente sobre aproximadamente 1 % de humedad relativa (HR). En ciertos aspectos, la humedad relativa puede ser desde 1 hasta 99 %. En otros aspectos, la humedad del flujo de aire que fluye a través del sustrato permeable al aire está entre 1 % y 20 % de HR. En aspectos adicionales, la humedad del aire que fluye a través de sustrato permeable al aire es del 5 % o más de HR. En otros aspectos, la humedad del aire ambiental puede estar entre aproximadamente 10 % y aproximadamente 99 % de HR. En otros aspectos, la humedad del aire ambiental puede estar entre aproximadamente 10 % y aproximadamente 99 % de HR. En ciertos aspectos, la humedad del flujo de aire es menor de 80 %. En un aspecto, la humedad está entre 10 % y 80 %. En otros aspectos más, la humedad relativa está entre 30 % y 60 %. En otro aspecto, la humedad está entre 35 % y 40 %. En algunos aspectos, la humedad del aire que fluye a través de la estructura de sustrato permeable al aire está entre 56 % y 59 %.

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el aditivo higroscópico puede seleccionarse del grupo que consiste en bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio, carbonato de sodio, carbonato de potasio, carbonato de magnesio, bicarbonato de magnesio, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de magnesio, cloruro de zinc, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, fosfato de sodio, fosfato de potasio, fosfato de magnesio, carnalita (KMgCl₃·6(H₂O)), citrato de amonio férrico, nylon, estireno butadieno acrilonitrilo (ABS9, policarbonato, celulosa, poli(metil metacrilato) y combinaciones de los mismos.

En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, el aditivo higroscópico puede ser una sal. En ciertos aspectos, un aditivo higroscópico puede ser un bicarbonato. En un aspecto, el aditivo higroscópico es bicarbonato de sodio. En un aspecto, el aditivo higroscópico es bicarbonato de potasio. En un aspecto, el aditivo higroscópico es bicarbonato de magnesio. En otros aspectos, un aditivo higroscópico puede ser un carbonato. En un aspecto, el carbonato higroscópico es carbonato de sodio, carbonato de potasio o carbonato de magnesio. En algunos aspectos, un aditivo higroscópico puede ser un hidróxido. En ciertos aspectos, el aditivo higroscópico puede ser hidróxido de sodio, hidróxido de potasio o hidróxido de magnesio. En algunos aspectos, el aditivo higroscópico puede ser un cloruro. En ciertos aspectos, el aditivo higroscópico puede ser cloruro de zinc, cloruro de calcio o cloruro de magnesio. En otros aspectos más, el aditivo higroscópico puede ser un fosfato. En ciertos aspectos, el fosfato higroscópico puede ser fosfato de sodio, fosfato de potasio o fosfato de magnesio. Se entiende que uno o más compuestos higroscópicos pueden combinarse.

En general, los aditivos pueden proporcionarse en niveles de hasta aproximadamente 5 %. En ciertos aspectos, la cantidad de aditivo es 5 % o menor, aunque pueden usarse mezclas de aditivos que tienen una cantidad combinada de hasta 10 % en ciertos aspectos. En ciertos aspectos, hasta 1,0 % de la masa total del catalizador pueden ser aditivos de los tipos descritos arriba. En algunos aspectos, la cantidad total de aditivo es de hasta 0,05 %. En otros aspectos más, el aditivo se proporciona entre 0,005 y 0,05 %. En algunos aspectos, el aditivo se proporciona entre 0,01 y 0,05 %. En otro aspecto, el aditivo se proporciona entre 0,01 hasta 0,02 %. En ciertos aspectos, el aditivo se

proporciona en menos del 0,05 % de la masa total del catalizador.

La presente divulgación proporciona además e incluye una superficie de catalizador que tiene un pH de 6,0 o mayor. Sin estar limitado por la teoría, se piensa que el pH más alto proporciona una fuente mejorada de iones de hidróxido oxidables durante la fotocatalisis, aumentando de esta manera la producción de gas peróxido de hidrógeno purificado no hidratado. En un aspecto, el pH de la superficie del catalizador es mayor de pH 7,0. En otro aspecto, el pH de la superficie está entre 7,0 y 9,0. En un aspecto, el pH de la superficie del catalizador está entre 7,0 y 8,5. En un aspecto, el pH de la superficie del catalizador está entre 7,0 y 8,0. En un aspecto, el pH de la superficie del catalizador está entre 7,0 y 7,5. En otro aspecto, el pH de la superficie está entre 7,5 y 9,0. En un aspecto, el pH de la superficie del catalizador está entre 7,5 y 8,5. En un aspecto, el pH de la superficie del catalizador está entre 7,5 y 8,0. En otro aspecto, el pH de la superficie está entre 8,0 y 9,0. En un aspecto, el pH de la superficie del catalizador está entre 8,0 y 8,5. En ciertos aspectos, el pH de la superficie es al menos 7,5. En ciertos aspectos, el pH de la superficie es al menos 8,0.

Los catalizadores de la presente divulgación, que opcionalmente incluyen cocatalizadores y aditivos pueden prepararse de acuerdo con los procedimientos conocidos en la técnica. Los cocatalizadores y aditivos apropiados incluyen nitrato de plata, óxido de cerio y óxido de zinc. Los aditivos se incluyen para reducir, por ejemplo, el crecimiento bacteriano y para evitar la degradación inducida por UV del catalizador y del sustrato permeable al aire. Los catalizadores, cocatalizadores y aditivos de la presente divulgación se pueden aplicar a una malla por una variedad de procedimientos que incluyen, pero no se limitan a, procedimientos de solución de gel, pintado, inmersión, y recubrimiento de polvo. En otros aspectos, los catalizadores, cocatalizadores y aditivos de la presente divulgación pueden aplicarse a una malla por recubrimiento de barra, fundición de cinta, rociado ultrasónico y recubrimiento basado en red. Como se proporciona en el presente documento, el procedimiento para aplicar los catalizadores, cocatalizadores y aditivos es apropiado si se proporciona e incluye, retener la malla del sustrato permeable al aire subyacente como se ha descrito anteriormente.

En un aspecto, la mezcla de catalizador se aplica a una malla usando un procedimiento de sol-gel que comprende el uso de una sal de metal alcohólica como el material catalítico. En ciertos aspectos, la sal de metal es $Ti(OR)_4$. La aplicación de una mezcla de catalizador usando el procedimiento de sol-gel además puede incluir sales orgánicas e inorgánicas en la solución alcohólica para llevar a cabo la reacción de hidratación, produciendo así compuestos de metal orgánico en forma de gel. Los procedimientos de sol-gel adicionalmente pueden incluir cocatalizadores tales como WO_3 , SnO_2 , Fe_2O_3 , o ZnO . La solución de gel puede aplicarse sumergiendo la malla en la solución de gel o pintando la solución sobre la estructura de sustrato permeable al aire. El espesor de la mezcla de catalizador aplicada al sustrato puede controlarse controlando la velocidad de inmersión o proporcionando uno o más recubrimientos. Después del secado, el sustrato revestido se hornea y después sinteriza a temperaturas altas. En ciertos aspectos, la mezcla catalítica además puede incluir metales nobles o metales de transición. En algunos aspectos, la mezcla de catalizador además puede incluir metales nobles tales como Au, Pd, Pt o Ag y algunos metales de transición tales como MoO_3 , Nb_2O_5 , V_2O_5 , CeO_2 , o Cr_2O_3 .

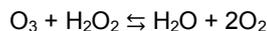
La presente divulgación proporciona e incluye dispositivos que tienen una fuente de luz capaz de iluminar la estructura de sustrato permeable al aire que tiene un catalizador sobre su superficie. Sin estar limitado por la teoría, bajo iluminación, el catalizador absorbe fotones de longitud de onda apropiada y la energía se imparte a un electrón de banda de valencia. El electrón de banda de valencia se promueve a la banda de conducción creando un hueco-electrón o hueco de banda de valencia. En la ausencia de especies químicas adsorbidas, el electrón promovido decaerá y se recombinará con el hueco de banda de valencia. La recombinación se evita cuando el hueco de banda de valencia captura un electrón de una especie oxidable, preferentemente agua molecular, y se adsorbe en un sitio de la superficie activa del fotocatalizador. Concurrentemente, una especie reducible adsorbida sobre la superficie del catalizador, preferentemente oxígeno molecular, puede capturar un electrón de banda de conducción.

Las fuentes de luz apropiadas para los dispositivos de la presente divulgación incluyen fuentes de emisión tanto de espectro ancho como estrecho. La fuente de luz puede emitir luz en el espectro ultravioleta (UV). En otras realizaciones, la fuente de luz puede emitir luz tanto en el espectro de luz visible como en el ultravioleta.

Las fuentes de luz apropiadas de acuerdo con la presente divulgación incluyen; pero no se limitan a, láseres, diodos de emisión de luz (LED), lámparas incandescentes, lámparas de arco, lámparas fluorescentes estándar, lámparas U.V. y combinaciones de las mismas. En ciertos aspectos, la fuente de luz es un diodo de emisión de luz.

La presente divulgación proporciona e incluye iluminar una estructura de sustrato permeable al aire revestida con una mezcla de catalizador usando luz de una intensidad y longitud de onda apropiada. Como se proporcionó anteriormente, la selección de una longitud de onda de iluminación apropiada se determina por el catalizador y puede modificarse por la presencia de uno o más cocatalizadores. En ciertos aspectos, la fuente de luz proporciona luz ultravioleta. En un aspecto, la longitud de onda de la luz ultravioleta es de 190 nm a 410 nm. En algunos aspectos, donde la fuente de luz puede proporcionar luz que tiene longitudes de onda menores de 190 nm, un filtro apropiado puede proporcionarse adicionalmente al dispositivo para bloquear luz a longitudes de onda de 190 nm e inferiores. Más específicamente, ciertos dispositivos de la presente divulgación excluyen luz que tiene una longitud de onda de 187 nm o menos.

Un experto en la materia podría reconocer que la producción de ozono podría dar como resultado la reducción de gas PHPG en agua y oxígeno.



5 Por consiguiente, los diseños de la técnica anterior que producen ozono son incompatibles con los procedimientos y los dispositivos de la presente divulgación. Como se señaló antes, evitar que la luz a longitudes de onda por debajo de 190 nm en catalizadores que contienen dióxido de titanio reduce enormemente o incluso elimina la producción de ozono y da como resultado velocidades más altas de producción de PHPG.

10 En ciertos aspectos, el dispositivo incluye una fuente de luz ultravioleta capaz de iluminar una mezcla de catalizador que contiene dióxido de titanio con luz desde 190 nm hasta 410 nm y adicionalmente puede incluir un filtro para bloquear la luz a longitudes de onda de 190 nm e inferiores. En otros aspectos, el dispositivo incluye tanto una fuente de luz ultravioleta que proporciona iluminación a una mezcla de catalizador que contiene dióxido de titanio como un cocatalizador que amplía la banda de absorción de fotocatalisis en el espectro visible. En un aspecto, la mezcla de catalizador puede incluir trióxido de tungsteno, WO_3 , que absorbe luz en el espectro visible. En un aspecto, la fuente de luz puede incluir luz desde 190 nm hasta 460 nm.

15 En aspectos adicionales, la fuente de luz proporciona luz ultravioleta que tiene un espectro de luz de 190 nm a 460 nm en el que el 70 % de la energía se proporciona entre 340 nm y 380 nm. En un aspecto, por lo menos el 90 % de la luz ultravioleta se emite entre 340 nm y 380 nm. En otro aspecto, el 99 % de la luz ultravioleta se emite entre 350 nm y 370 nm. En un aspecto adicional, la luz ultravioleta tiene una longitud de onda en el intervalo UVA (de 315 nm a 400 nm). En algunos aspectos, la luz en el intervalo UVA tiene una intensidad máxima centrada en o aproximadamente 362 nm. En otro aspecto, la luz ultravioleta tiene una longitud de onda en el intervalo UVA y menor de 1 % en el intervalo UVB (de 280 nm a 315 nm). En un aspecto adicional, la luz ultravioleta tiene una longitud de onda en el intervalo UVA y menor de 0,1 % en el intervalo UVB. En un aspecto más, la luz ultravioleta tiene una longitud de onda en el intervalo UVA y menor de 0,05 % en el intervalo UVB.

25 En aspectos de acuerdo con la presente divulgación, una fuente de luz puede tener una potencia de 0,1 W a 150 W. En otros aspectos, la fuente de luz puede ser de hasta 150 W. En otro aspecto, la potencia puede ser por lo menos 0,1 W. En un aspecto, la fuente de luz tiene una potencia de por lo menos 1 W. En un aspecto adicional, la potencia puede ser mayor de 2,5 W. En un aspecto, la potencia puede ser de aproximadamente 5 W. En un aspecto, la potencia puede ser de 20 W. En ciertos aspectos, la potencia de la fuente de luz puede ser de hasta 100 W. En ciertos aspectos, la potencia es menor de 100 W para minimizar la destrucción del PHPG producido. En otros aspectos, la potencia está entre 1 W y 50 W. En ciertos aspectos, la potencia de la fuente de luz está entre 40 y 50 W.

30 Los dispositivos de la presente divulgación incluyen fuentes de luz que proporcionan una intensidad de por lo menos $0,015 \text{ W/cm}^2$ centímetros cuadrados (W/cm^2) como se mide en la superficie de sustrato permeable al aire. En algunos aspectos, la fuente de luz tiene una intensidad de hasta $23,25 \text{ W/cm}^2$. En otros aspectos, la fuente de luz da salida a luz que tiene una intensidad de entre $0,015 \text{ W/cm}^2$ y $1,55 \text{ W/cm}^2$. En un aspecto, la intensidad de la luz que ilumina el sustrato permeable al aire es aproximadamente $0,77 \text{ W/cm}^2$. En ciertos aspectos, la energía en la superficie del sustrato puede estar entre $0,15 \text{ W/cm}^2$ y $1,55 \text{ W/cm}^2$. En otro aspecto, la intensidad puede estar entre $0,31 \text{ W/cm}^2$ y $1,24 \text{ W/cm}^2$. En otro aspecto, la intensidad puede estar entre $0,46 \text{ W/cm}^2$ hasta $1,08 \text{ W/cm}^2$. En otro aspecto, la intensidad puede estar entre $0,62 \text{ W/cm}^2$ y $0,93 \text{ W/cm}^2$.

40 Los dispositivos de la presente divulgación son distinguibles de los dispositivos que emplean fotocatalisis para producir especies reactivas que están diseñadas para la filtración. Más específicamente, los dispositivos de la presente divulgación son degradados por la presencia de contaminantes tales como polvo, polen, bacterias, esporas y partículas que pueden ocluir los espacios abiertos de una malla del sustrato permeable al aire. De manera similar los compuestos orgánicos (VOC) los cuales pueden reaccionar con especies reactivas, incluyendo peróxido de hidrógeno, disminuyen la producción de PHPG y la distribución de PHPG a un espacio. Especialmente, aunque los VOC pueden reducirse eficazmente en un espacio mediante los dispositivos productores de PHPG de la presente divulgación, los VOC introducidos en el propio dispositivo se minimizan preferiblemente o eliminan juntos. Por consiguiente, para mantener la eficiencia de los dispositivos y para maximizar la producción de PHPG, los dispositivos de la presente divulgación pueden incluir uno o más filtros. Como se señalará, la selección de los filtros puede determinarse mediante la aplicación y el tipo de espacio a ser tratado usando PHPG. Por ejemplo, un espacio limpio en el cual el aire ya se ha tratado para eliminar polvo, VOC y otros contaminantes podría emplear un dispositivo que tiene un alojamiento, un mecanismo de distribución de aire, una fuente de luz y un sustrato permeable al aire que tiene un catalizador sobre su superficie sin requerir un prefiltro. Por el contrario, un dispositivo para uso doméstico puede requerir un filtro de polvo y puede requerir adicionalmente un filtro de carbón para absorber VOC. En ciertos aspectos, la inclusión de un filtro adicional proporciona una mayor vida de los sustratos revestidos de catalizador permeables al aire y proporciona una mayor producción de PHPG.

Los filtros usados para purificar el aire no relacionados con la generación de PHPG dependen de la calidad del aire de la ubicación en la cual se usa el dispositivo. Dentro de un sistema HVAC con una alta calidad de aire lograda por los filtros del sistema HVAC, pueden no necesitarse filtros antes de que el flujo de aire pase a través del sustrato

permeable al aire del propio dispositivo de PHPG. Lo mismo se puede aplicar a los dispositivos independientes que funcionan en áreas donde existe una alta calidad del aire. Cuando sea necesario, los filtros se seleccionan generalmente de aquellos conocidos en la técnica que pueden lograr la filtración requerida, siendo necesaria poca impedancia del flujo de aire. Además, los filtros se seleccionan de los conocidos en la técnica de tal manera que el propio filtro tampoco introduce partículas o gases en la corriente de aire. Los filtros apropiados que combinan las funciones de eliminar partículas así como contaminantes gaseosos se conocen la técnica. Los filtros requieren la colocación regular, con una frecuencia que viene determinada por la carga colocada sobre el filtro debido a la calidad de aire más alta (reemplazo menos frecuente) o calidad de aire menor (reemplazo más frecuente).

En la mayor parte de las aplicaciones se aplican tres niveles de filtración. En ciertas aplicaciones, las partículas o polvo pueden contaminar la matriz de sustrato y el propio catalizador, de tal manera que pueda usarse un filtro de partículas suficiente para las necesidades de la ubicación. En ciertos aspectos comunes, se emplea un filtro plisado MERV 18, de flujo de aire alto. En otras aplicaciones, se puede requerir la filtración de hidrocarburos orgánicos volátiles y esto puede lograrse usando varios filtros impregnados de carbón o carbón vegetal activado diferentes que se conocen en la técnica. En otras aplicaciones más, es necesario eliminar mediante filtración ciertos gases inorgánicos tales como óxidos de nitrógeno. Para eliminar los óxidos de nitrógeno, se emplea habitualmente un filtro de zeolita. En algunos aspectos, el dispositivo PHPG incluye filtros de zeolita impregnados que son capaces de eliminar hidrocarburos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno en un material combinado y etapa únicos. En la técnica se conocen filtros apropiados que pueden eliminar partículas de varios tamaños que de no ser así, podrían bloquear el sustrato permeable al aire o contaminar e inactivar la superficie catalítica.

En aspectos de la presente divulgación, los dispositivos pueden incluir adicionalmente uno o más filtros diseñados para retirar los contaminantes seleccionados de óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), compuestos orgánicos volátiles, polvo, bacteria, polen, esporas y partículas. En ciertos aspectos, el dispositivo incluye uno o más filtros seleccionados de un filtro de vapor orgánico, un filtro de partículas, un filtro de eficiencia alta, un filtro hidrófobo, un filtro de carbón activado o una combinación de los mismos.

En ciertos aspectos, los pre-filtros eliminan compuestos orgánicos volátiles, NOx y SOx. En algunos aspectos, los filtros eliminan aldehídos tales como formaldehído o acetaldehído. En otros aspectos, los filtros eliminan VOC incluyendo tolueno, propanol y buteno. En otros aspectos más, los pre-filtros eliminan los monóxidos de nitrógeno NO y NO₂ (por ejemplo, NOx). En otros aspectos, los pre-filtros eliminan compuestos que contienen azufre y oxígeno conocidos como SOx. Los compuestos de SOx eliminados por los filtros de la presente divulgación incluyen SO, SO₂, SO₃, S₇O₂, S₆O₂, S₂O₂, o combinaciones de los mismos. Los prefiltros de la presente divulgación pueden emplearse para retirar cualquier combinación de VOCs, NOx, y SOx.

En ciertos aspectos, los dispositivos incluyen un filtro que comprende un mineral de aluminosilicato microporoso. En un aspecto, un filtro del presente dispositivo puede ser un filtro de zeolita. En un aspecto, la zeolita puede ser analcima, chabazita, linoptilolita, heulandita, natrolita, filipsita, o estilbita. En ciertos aspectos, la zeolita puede ser una zeolita sintética. En un aspecto, el dispositivo incluye un filtro de zeolita para la eliminación de NOx, SOx, o ambos. Los filtros adecuados se conocen en la técnica.

En otros aspectos, los dispositivos incluyen un filtro que comprende un filtro de partículas. En ciertos aspectos, el filtro de partículas es un filtro ultra alergeno de 3 m. Un ejemplo apropiado de un filtro de partículas puede obtenerse a partir de Air Filters, Inc., el cual proporciona filtros de minipliegues de AstroCel II. Un experto con conocimientos comunes en la materia podría ser capaz de seleccionar filtros que proporcionan niveles de flujo de aire apropiados y resistencia al flujo de aire para proporcionar un flujo de aire suficiente a través del sustrato permeable al aire como se cita anteriormente.

En otros aspectos más, los filtros apropiados para dispositivos de la presente divulgación incluyen filtros de carbón, filtros de carbón vegetal, o filtros de carbón activado. En algunos aspectos, el filtro es un filtro de carbón GAC (carbón activado granular). En un aspecto, el GAC es un filtro preparado a partir de cáscaras de coco. En un aspecto, el filtro es un carbón activado en polvo (R 1) (PAC). En otro aspecto, el filtro es un filtro de carbón activado extruido (EAC). En un aspecto, el filtro puede ser un filtro de carbón activado de cuentas (BAC). En un aspecto, el filtro puede ser un filtro de carbón impregnado. En ciertos aspectos, un filtro de carbón impregnado se incluye en un dispositivo para eliminar sulfuros de hidrógeno (H₂S) y tioles. Los filtros de carbono impregnados apropiados se conocen en la técnica.

La filtración de aire en dispositivos de acuerdo con la presente divulgación proporciona flujos de aire a través de la capa de sustrato permeable al aire que tiene niveles bajos de contaminantes e inhibidores de la fotocatalisis.

Se aprecia que ciertas características de la invención las cuales, por motivos de claridad, se describen en el contexto de realizaciones separadas, también pueden proporcionarse en combinación en una realización única. Al contrario, varias características de la invención que, por motivos de brevedad, se describen en el contexto de una realización única, también pueden ser proporcionadas por separado o en cualquier subcombinación adecuada o como apropiada en cualquier otra realización descrita de la invención. Ciertas características descritas en el contexto de las diferentes realizaciones no se consideran características esenciales de esas realizaciones, a menos que la realización sea inoperante sin esos elementos.

Varias realizaciones y aspectos de la presente invención como se han expuesto anteriormente y como se reivindica en la sección de reivindicaciones más abajo tienen apoyo experimental en los siguientes Ejemplos. Los siguientes ejemplos se presentan para fines de ilustración y no deberían considerarse como limitaciones.

Ejemplos

5 Ejemplo 1: Mediciones de PHPG, ozono, VOC, temperatura v humedad

Todas las lecturas de concentración de PHPG se realizan con productos Draeger. Se utilizó un Pac II, Polytron 7000 o tubo Draeger en todas las pruebas, generalmente de acuerdo con las instrucciones del fabricante. El Polytron muestra una lectura digital cuando se retira aire a través del sensor de malla. Más frecuentemente, los Tubos Draeger se usan después de la sujeción por ambos extremos y colocación en una Bomba ACCURO™. Según las instrucciones del fabricante, los tubos se bombean 100 veces y el nivel de PHPG se determina observando el cambio de color en los cristales. El PAC III ha demostrado generalmente ser menos eficaz en medir niveles muy bajos de PHPG.

Las mediciones de ozono, VOC, temperatura y humedad se realizaron todas usando dispositivos estándar. Se observó que los tubos Draeger, diseñados para detectar concentraciones de peróxido de hidrógeno de tan solo 0,10 ppm después de extraer 2000 centímetros cúbicos de aire, proporcionan lecturas de concentraciones más bajas precisas de 0,005 ppm, cuando se extraen volúmenes más grandes mediante una bomba calibrada, por ejemplo, un tubo Draeger que indicó 0,10 ppm después de extraer 4000 centímetros cúbicos midió una concentración aproximada de PHPG de 0,05 ppm y un tubo Draeger que indicó 0,10 ppm después de extraer 6000 centímetros cúbicos, midió una concentración de PHPG aproximada de 0,033 ppm.

20 Ejemplo 2: Dispositivos de PHPG para el ensayo de sustratos permeables al aire

Para el ensayo se utiliza un dispositivo que genera PHPG 20 como se ilustra en las Figuras 2A a 2B, comprendiendo un alojamiento 205, un sustrato permeable al aire 201, un mecanismo de distribución de aire 203 y una fuente de luz 203. Los sustratos permeables al aire 201 se preparan mediante recubrimiento por inmersión de una malla de poliéster en una suspensión de 10 a 35 % de la forma anatasa de TiO₂ en agua y dejando secar al aire. Para evitar la obstrucción de los orificios abiertos de la malla, se insufla aire a través del sustrato permeable al aire. El mecanismo de distribución de aire se establece en su configuración más alta y proporciona un flujo de aire de aproximadamente 3256 litros por minuto. La humedad del espacio se mantiene en aproximadamente el 55 %. El dispositivo de generación de PHPG se permite funcionar en un espacio cerrado de 13 metros cuadrados con techos de 243,84 centímetros durante 1 hora y después se determina el nivel de PHPG en el estado estable. Una vez finalizado el funcionamiento continuado del dispositivo de generación de PHPG, el PHPG se disipa y es indetectable en aproximadamente 5 minutos. El ozono no se detectó en ninguna de las pruebas.

Ejemplo 3: Efecto de la variación de malla sobre la producción de PHPG

Los efectos de la variación de malla en la producción de PHPG se comprueban reemplazando el sustrato permeable al aire revestido con TiO₂ 201 como se proporciona en la Tabla 4 y se ensaya como se describe en el Ejemplo 2.

35 Tabla 4: Comparación de sustratos permeables al aire

Espesor de hilo (pulgadas)	Tamaño de orificio (pulgadas)	Hebras por pulgada	Espesor de hilo (µm)	Tamaño de orificio (µm)	Hebras por cm	Área abierta %	PHPG (ppm)
0,0019	0,001	0,0019	48	25	181	21	0,1
0,0024	0,002	0,0024	61	51	110	30	0,4
0,0045	0,004	0,0045	114	102	55	37	0,3
0,0051	0,006	0,0051	130	152	43	45	0,3
0,006	0,008	0,006	152	203	31	41	0,6
0,013	0,012	0,013	330	305	20	37	n/d
0,016	0,032	0,016	406	813	9	58	n/d
n/d no detectado							

Ejemplo 4: Efecto del ángulo de incidencia sobre la producción de PHPG

El dispositivo de acuerdo con el Ejemplo 2 se modificó fijando un adaptador de aluminio de 25,4 centímetros como un hombro hacia la parte superior del dispositivo que permite la rotación del sustrato permeable al aire 201. En el dispositivo se coloca un sustrato permeable al aire que tiene hilos de 152 micrómetros y un área abierta de 41 %. El nivel de PHPG en el estado estable inicial, medido con un flujo de aire a 90°, es 0,7 ppm. El sustrato permeable al

5 aire 201 se gira dentro del hombro en incrementos de 2° y se mide el nivel de PHPG en el estado estable hasta que el polytron ya no detecta peróxido de hidrógeno. La producción de PHPG se mantiene desde aproximadamente 90° hasta aproximadamente 68° (por ejemplo, 22° fuera de la perpendicular). Comenzando en aproximadamente 68° , los niveles de PHPG disminuyen gradualmente desde 68° grados hasta aproximadamente 14° a aproximadamente 0,1 ppm por 10° . No se detecta producción de PHPG cuando el ángulo incidente del flujo de aire estaba por debajo de 14° .

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para producir gas de peróxido de hidrógeno purificado (PHPG) no hidratado que comprende:
- un alojamiento;
 - un mecanismo de distribución de aire que proporciona un flujo de aire;
 - una estructura de sustrato permeable al aire con un espesor entre 5 nm y 750 nm que tiene un catalizador en su superficie, comprendiendo además dicho sustrato un aditivo higroscópico;
 - una fuente de luz ultravioleta; y
- 5
- en el que
dicho flujo de aire pasa a través de dicha estructura de sustrato permeable al aire según un ángulo de incidencia
10 respecto a dicha estructura de sustrato que es mayor de 14 °; y
dicho dispositivo produce PHPG y menos de 0,015 ppm de ozono, y lo dirige fuera de dicho alojamiento cuando está
en funcionamiento.
2. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicha estructura de sustrato permeable al aire es una malla que
tiene un porcentaje de área abierta entre el 10 % y el 60 %.
- 15
3. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicha luz ultravioleta ilumina dicha estructura de sustrato permeable
al aire con una luz que tiene una intensidad de entre 0,0155 vatios por centímetro cuadrado y 23,25 vatios por
centímetro cuadrado en la superficie de dicho sustrato.
4. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicha luz ultravioleta comprende una longitud de onda que está
entre 190 nm y 460 nm.
- 20
5. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicha longitud de onda de luz ultravioleta está entre 340 nm y 380
nm.
6. El dispositivo de la reivindicación 5, en el que al menos el 90 % de la potencia de dicha luz se emite entre 340 nm
y 380 nm.
7. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que menos del 1 % de dicha luz es radiación ultravioleta B que tiene una
25 longitud de onda de entre 280 nm y 315 nm.
8. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además uno o más filtros para eliminar uno o más
contaminantes de dicho flujo de aire antes de fluir a través de dicha estructura de sustrato permeable al aire
seleccionados del grupo que consiste en óxido de nitrógeno (NOx), óxido de azufre (Sox), moléculas orgánicas
volátiles (VOM), polvo doméstico, polen, residuos de ácaros del polvo, esporas de moho, caspa de mascotas, humo,
30 contaminación atmosférica y bacterias.
9. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicho flujo de aire fluye a través de dicha estructura de sustrato
permeable al aire con un caudal de 5 nanómetros/segundo (nm/s) a 10.000 nm/s.
10. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicho aditivo higroscópico se selecciona del grupo que consiste en
35 bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio, carbonato de sodio, carbonato de potasio, carbonato de magnesio,
bicarbonato de magnesio, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de magnesio, cloruro de zinc, cloruro
de calcio, cloruro de magnesio, fosfato de sodio, fosfato de potasio, fosfato de magnesio, carnalita, citrato de amonio
férrico, nylon, acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), policarbonato, celulosa y poli(metacrilato de metilo).
11. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicha estructura de sustrato permeable al aire tiene un pH superior
a 7,0 en dicha superficie del catalizador.
- 40
12. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicho catalizador es un catalizador de metal u óxido metálico
seleccionado del grupo que consiste en dióxido de titanio, cobre, óxido de cobre, zinc, óxido de zinc, hierro, óxido de
hierro, tungsteno, trióxido de tungsteno y mezclas de los mismos.
13. El dispositivo de la reivindicación 12, en el que dicho catalizador metálico o de óxido metálico comprende
además un cocatalizador.
- 45
14. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicha estructura de sustrato delgada y permeable al aire
comprende un polímero, una fibra de carbono o fibra de vidrio.
15. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que dicho aire ambiental húmedo tiene una humedad relativa inferior al
80 %.

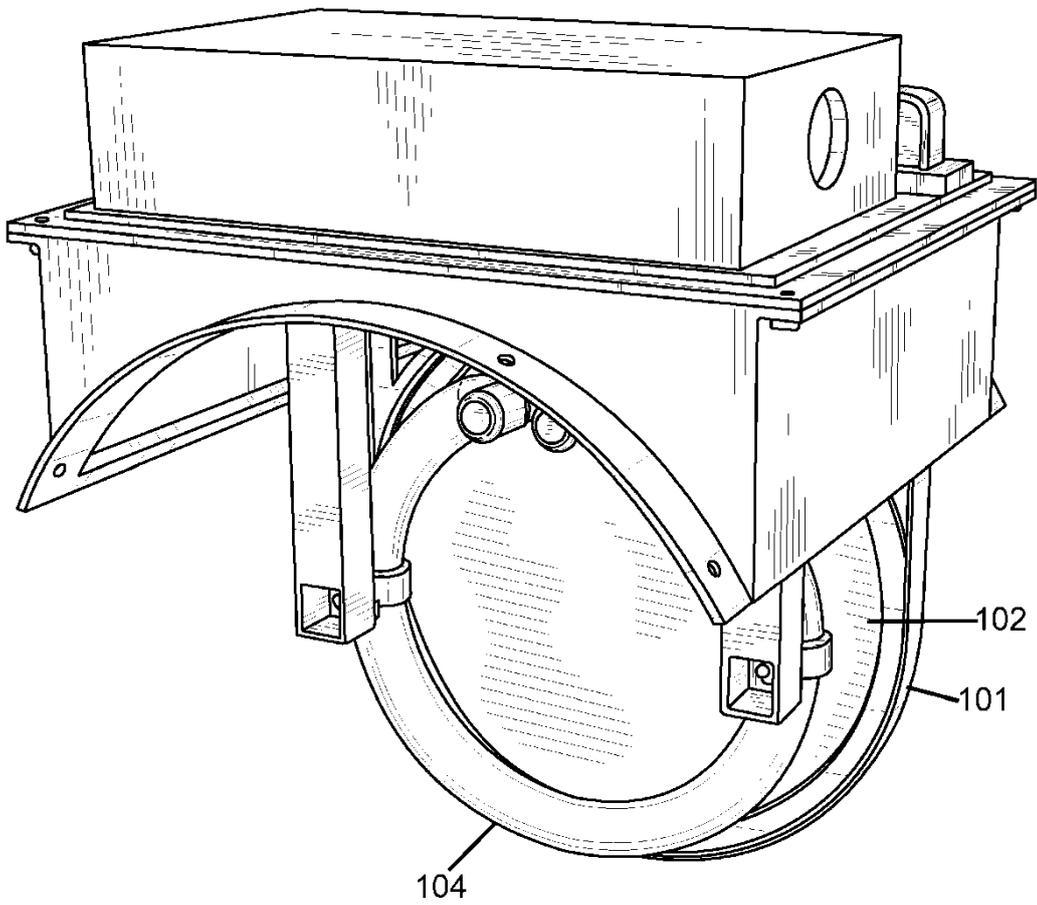


FIG. 1A

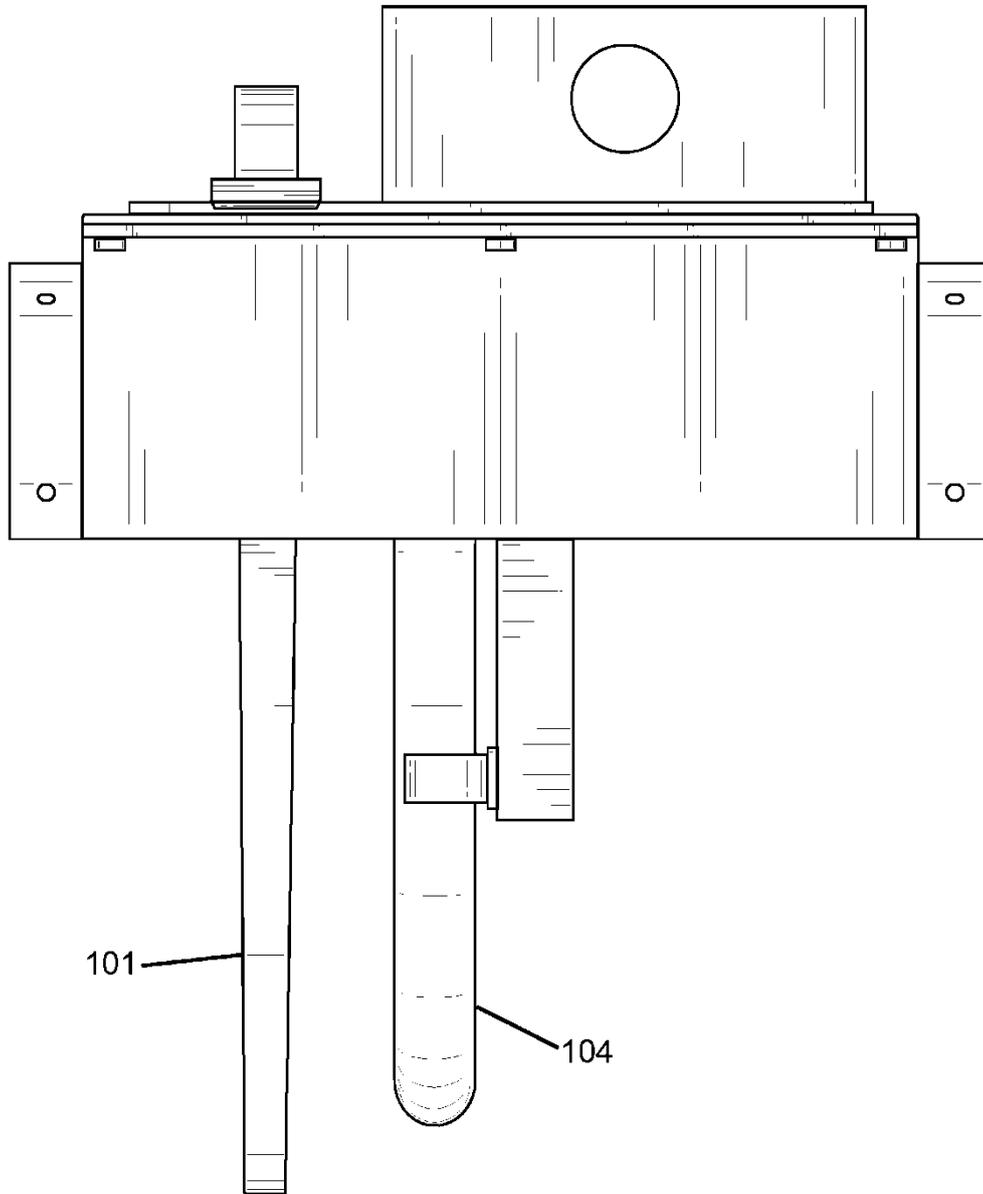


FIG. 1B

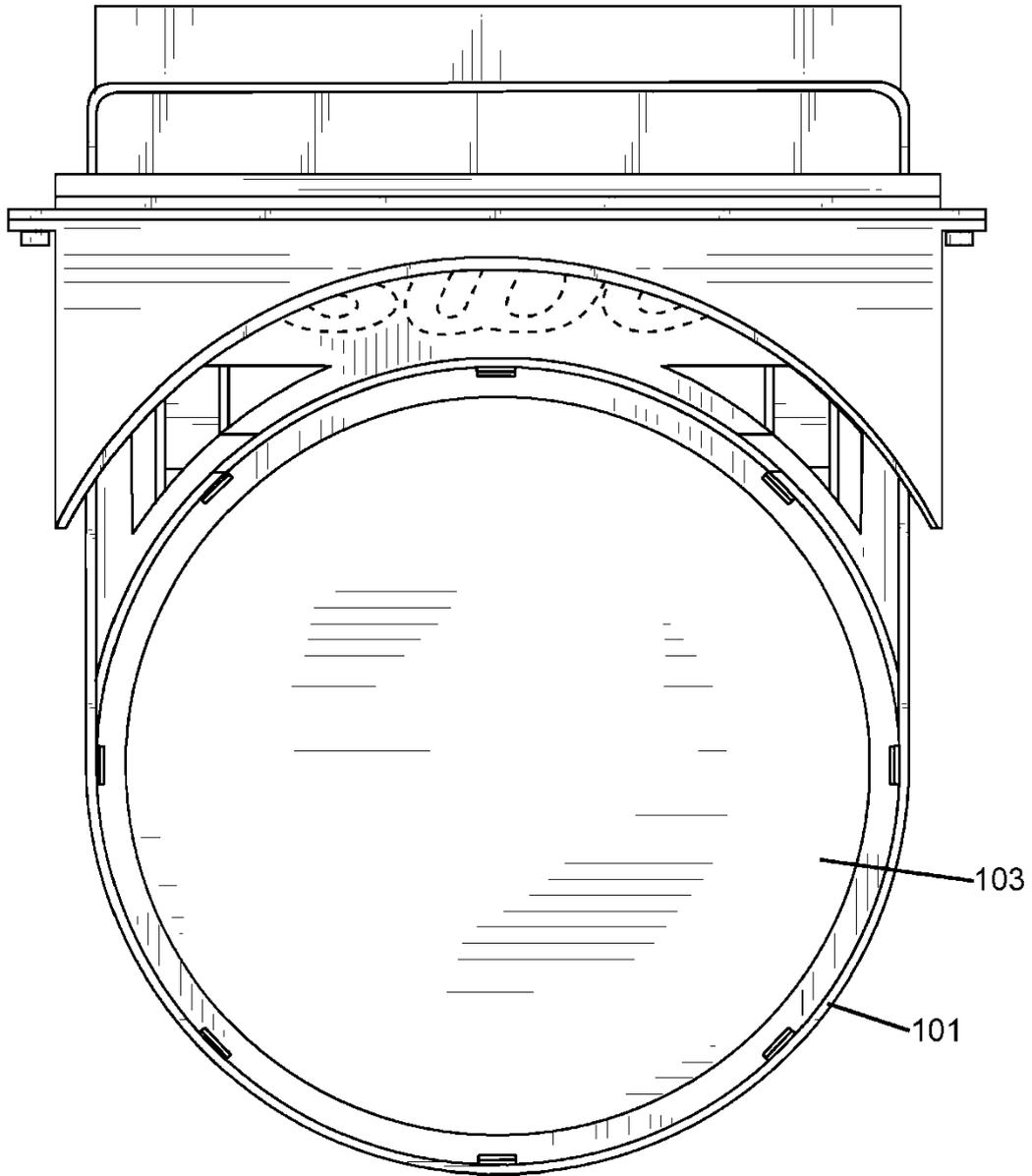


FIG. 1C

20

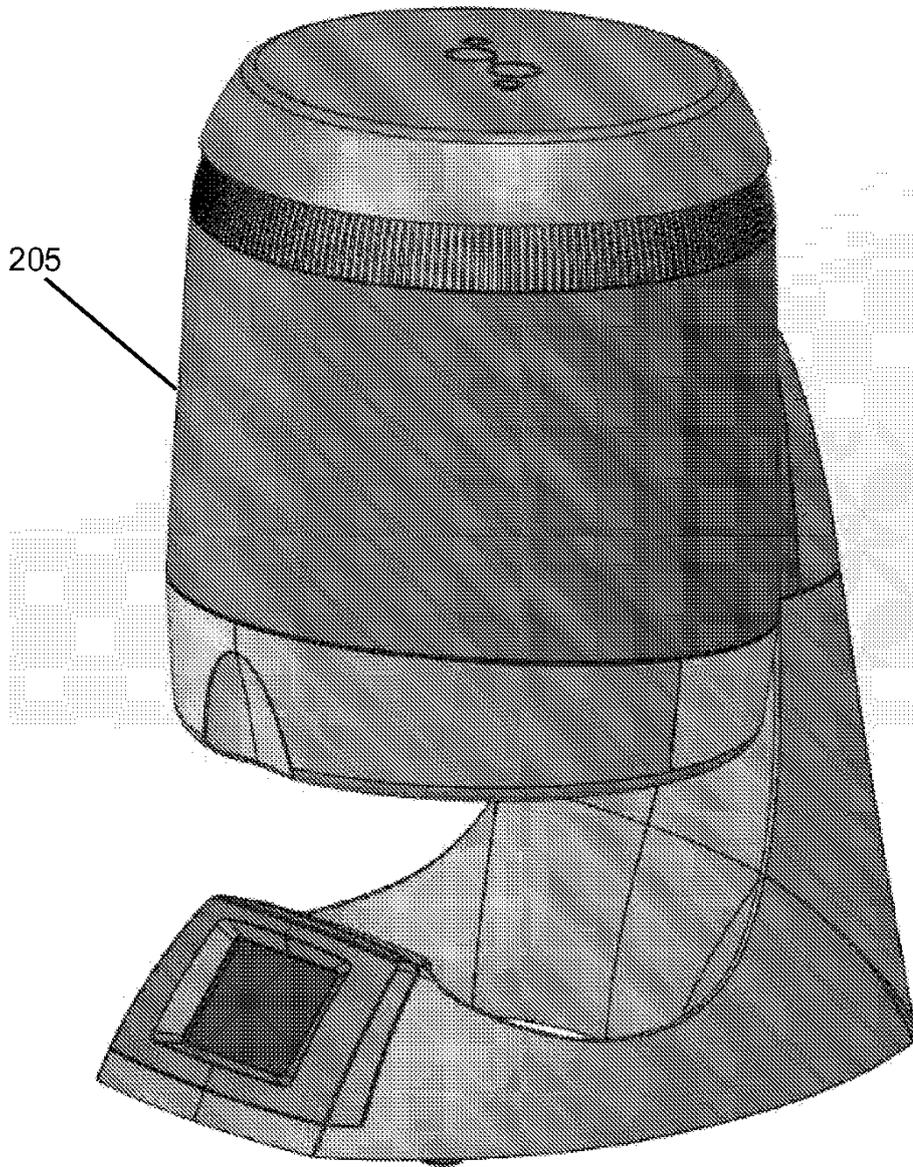


FIG. 2A

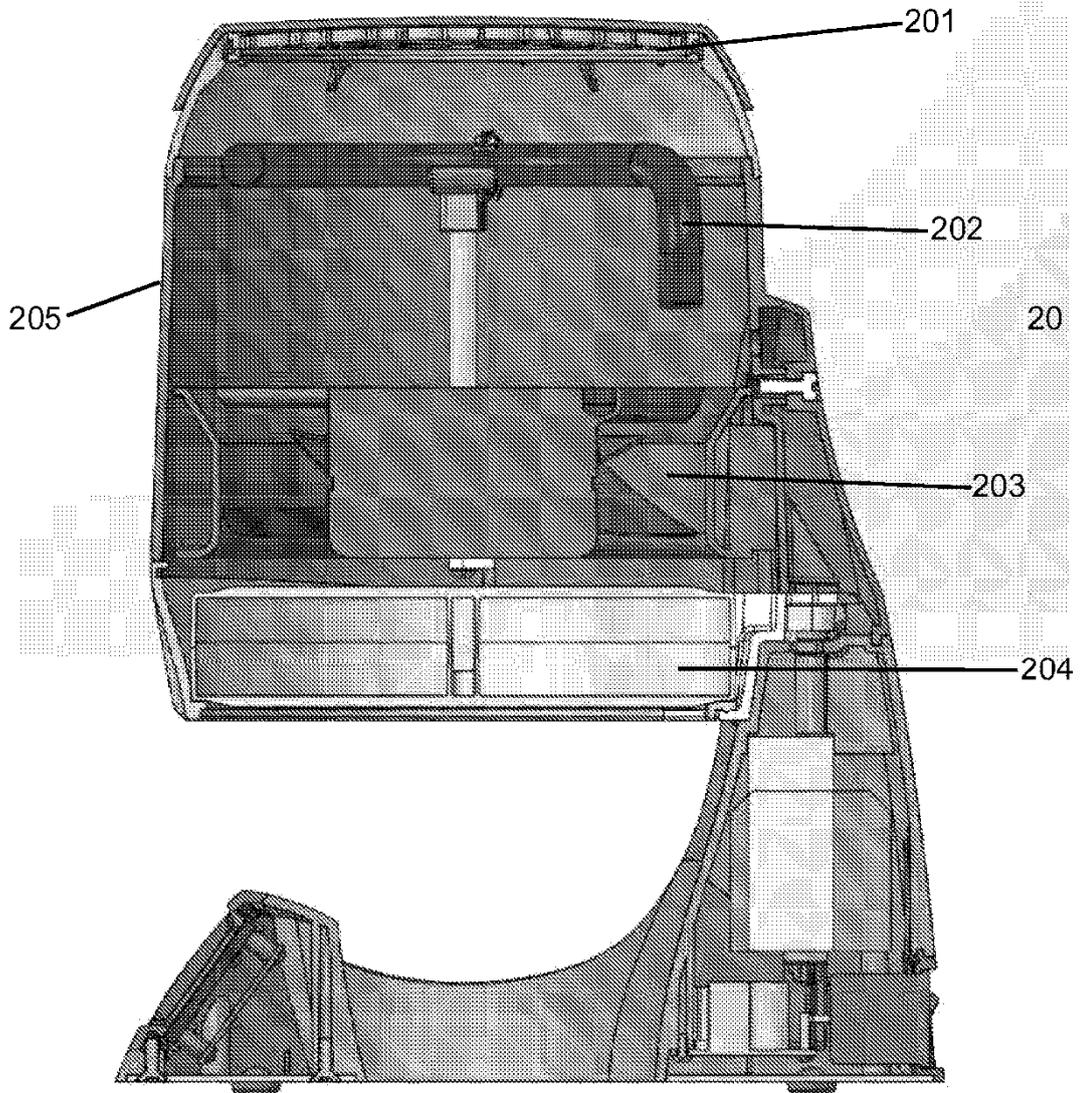


FIG. 2B

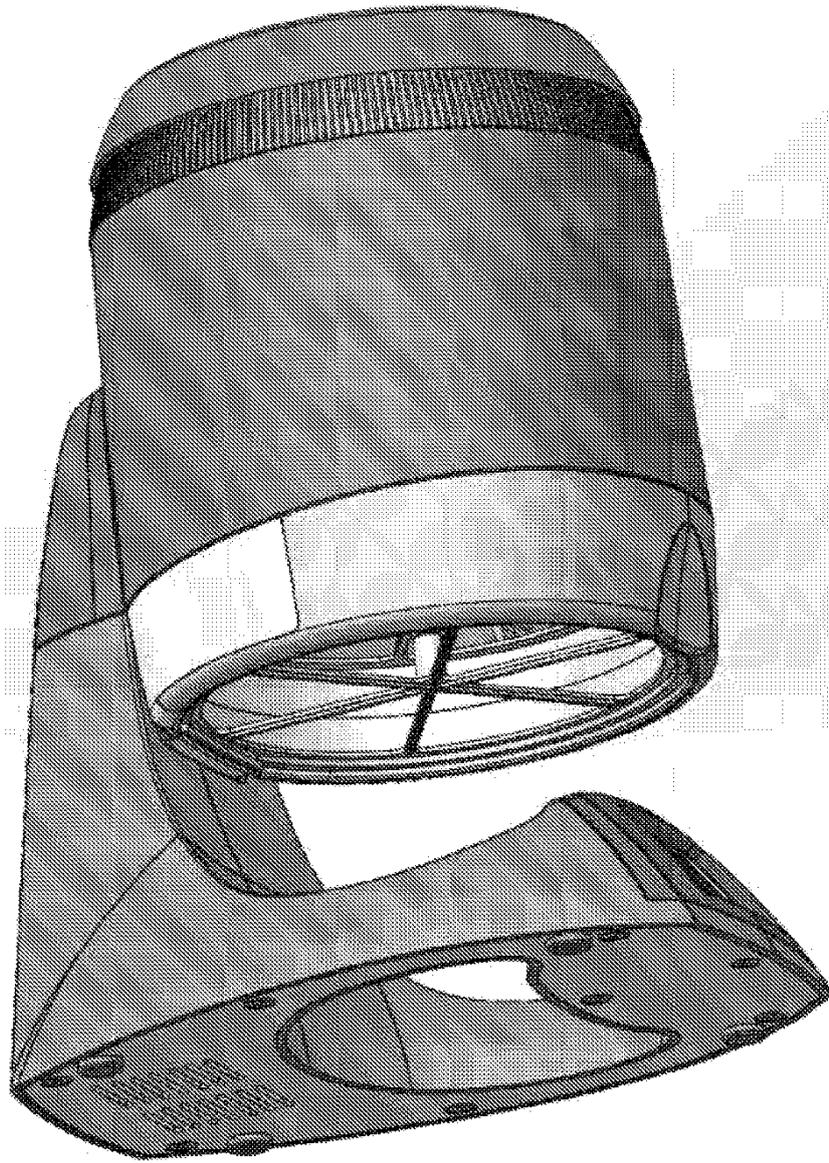


FIG. 2C