



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 300 802**

(51) Int. Cl.:
B01D 53/86 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **04755229 .4**

(86) Fecha de presentación : **14.06.2004**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1633459**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **15.03.2006**

(54) Título: **Sistema purificador de aire que comprende un catalizador y una fuente de luz.**

(30) Prioridad: **19.06.2003 US 464942**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.06.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.06.2008

(73) Titular/es: **CARRIER CORPORATION**
One Carrier Place
Farmington, Connecticut 06034-4015, US

(72) Inventor/es: **Wei, Di;**
Radhakrishnan, Rakesh y
Vanderspurt, Thomas, H.

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 300 802 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

Sistema purificador de aire que comprende un catalizador y una fuente de luz.

5 La presente invención se refiere de forma general a un revestimiento de fotocatalizador/termocatalizador a base de óxido de manganeso/dióxido de titanio que oxida contaminantes gaseosos, incluyendo compuestos orgánicos volátiles y descompone el ozono que se adsorbe sobre la superficie formando dióxido de carbono, agua y otras sustancias.

10 El aire de recintos cerrados puede incluir cantidades minoritarias de contaminantes, incluyendo ozono y compuestos orgánicos volátiles tales como formaldehído, tolueno, propanol, buteno y acetaldehído. Los filtros de aire absorbentes, tales como de carbón activado, se han empleado para eliminar estos contaminantes del aire. Cuando el aire fluye a través del filtro, el filtro bloquea el paso de los contaminantes, dejando un aire exento de contaminantes que fluye desde el filtro. Un inconveniente del empleo de filtros es que estos sencillamente bloquean el paso de contaminantes y no los destruyen. Además, los filtros de aire no son eficaces para bloquear el ozono.

15 El documento JP-A-6205930 describe un purificador de aire que tiene un catalizador de varios óxidos. El documento US 2002/0170815 describe un purificador de aire que tiene un fotocatalizador y un catalizador que descompone el ozono.

20 El dióxido de titanio se ha empleado como fotocatalizador en un purificador de aire para destruir contaminantes. Cuando el dióxido de titanio se ilumina con radiación ultravioleta, los fotones son absorbidos por el dióxido de titanio, promoviendo un electrón desde la banda de valencia a la banda de conducción, produciendo de este modo un hueco en la banda de valencia y añadiendo un electrón a la banda de conducción. El electrón promovido reacciona con oxígeno y el hueco que queda en la banda de valencia reacciona con agua, formando radicales hidroxilo reactivos. Cuando un contaminante se adsorbe sobre el catalizador de dióxido de titanio, los radicales hidroxilo atacan y oxidan los contaminantes a agua, dióxido de carbono y otras sustancias.

30 Desde el punto de vista fotocatalítico, el dióxido de titanio solo es menos eficaz en la descomposición de ozono. El ozono (O_3) es un contaminante que se libera de equipos encontrados normalmente en lugares de trabajo, tales como copiadoras, impresoras, escáneres y similares. El ozono puede causar náuseas y cefaleas, y la exposición prolongada al ozono puede dañar las membranas mucosas nasales, causando problemas de respiración. La OSHA ha fijado el límite permisible de exposición (PEL) al ozono en 0,08 ppm durante un período de ocho horas.

35 El ozono es una molécula termodinámicamente inestable y se descompone muy lentamente hasta temperaturas de 250°C. A temperaturas ambiente, el óxido de manganeso es eficaz para descomponer ozono facilitando la oxidación de ozono a átomos de oxígeno adsorbidos en su superficie. Estos átomos de oxígeno adsorbidos se combinan entonces con ozono formando una especie peróxido adsorbida que se desadsorbe como oxígeno molecular.

40 Por ello, existe una necesidad de revestimiento fotocatalizador/termocatalizador que oxide contaminantes gaseosos, incluyendo compuestos orgánicos volátiles y descomponga ozono que se adsorbe sobre la superficie fotocatalítica formando oxígeno, dióxido de carbono, agua y otras sustancias.

45 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema de purificación de aire según la reivindicación 1. En sus realizaciones preferidas, al menos un revestimiento fotocatalítico/termocatalítico de óxido de manganeso/dióxido de titanio sobre un sustrato purifica aire oxidando a agua, dióxido de carbono y otras sustancias cualquier contaminante que se adsorba sobre el revestimiento.

50 Un ventilador extrae aire a un sistema de purificación de aire. El aire fluye a través de un conducto de paso o canal abierto de una estructura tipo panal de abeja. La superficie de la estructura tipo panal de abeja está revestida con el revestimiento de óxido de manganeso/titanio. Una fuente de radiación ultravioleta dispuesta entre sucesivas estructuras tipo panal de abeja activa el revestimiento de óxido de manganeso/dióxido de titanio.

55 Cuando los fotones de la radiación ultravioleta son absorbidos por el revestimiento de óxido de manganeso/dióxido de titanio, se forman radicales hidroxilo reactivos. Cuando un contaminante, tal como un compuesto orgánico volátil, es adsorbido sobre el revestimiento de óxido de manganeso/dióxido de titanio, el radical hidroxilo ataca el contaminante, extrayendo un átomo de hidrógeno del contaminante y oxidando a agua, dióxido de carbono y otras sustancias los contaminantes orgánicos volátiles.

60 A temperatura ambiente, el revestimiento de óxido de manganeso/dióxido de titanio descompone ozono a oxígeno simultáneamente con oxidación de compuestos orgánicos volátiles perjudiciales. Cuando el ozono se adsorbe sobre el revestimiento, el óxido de manganeso reduce la barrera energética requerida para la descomposición del ozono, descomponiendo el ozono a oxígeno molecular. Además, las partículas de óxido de manganeso sobre la superficie del dióxido de titanio reducen la velocidad de recombinación de los electrones y los huecos, aumentando la actividad fotocatalítica del revestimiento. El revestimiento de óxido de manganeso/dióxido de titanio actúa simultáneamente tanto como un fotocatalizador y como un termocatalizador.

65 Estas y otras características de la presente invención se comprenderán mejor a partir de la siguiente memoria descriptiva y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

Las diversas características y ventajas de la invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada de la realización actualmente preferida. Los dibujos que acompañan la descripción detallada pueden describirse de forma resumida como sigue:

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un recinto cerrado, tal como un edificio, vehículo u otra estructura, que incluye un espacio interior y un sistema HVAC;

La Figura 2 ilustra esquemáticamente el sistema de purificación de aire de la presente invención;

La Figura 3 ilustra esquemáticamente la estructura tipo panal de abeja del sistema de purificación de aire; y

La Figura 4 ilustra esquemáticamente un procedimiento para preparar el fotocatalizador/termocatalizador de óxido de manganeso/dióxido de titanio de la presente invención.

Descripción detallada de la realización preferida

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un edificio, vehículo u otra estructura 10 que incluye un espacio interior 12, tal como una habitación, una oficina o una cabina de vehículo, tal como automóvil, tren, autobús o avión. Un sistema HVAC 14 calienta o enfría el espacio interior 12. El sistema HVAC 14 cambia la temperatura del aire extraído 16 del espacio interior 12. Si el sistema HVAC 14 se hace funcionar en un modo de enfriamiento, el aire se enfría. De forma alternativa, si el sistema HVAC 14 se hace funcionar en un modo de calentamiento, el aire se calienta. El aire se devuelve seguidamente de nuevo por un trayecto 18 al espacio interior 12, cambiando la temperatura del aire en el espacio interior 12.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente un sistema 20 de purificación de aire empleado para purificar el aire en el edificio o vehículo 10 oxidando contaminantes, tales como compuestos orgánicos volátiles y compuestos orgánicos semivolátiles, a agua, dióxido de carbono y otras sustancias. Los contaminantes pueden ser aldehídos, cetonas, alcoholes, compuestos aromáticos, alquenos o alcanos. El sistema 20 de purificación de aire también descompone el ozono a oxígeno. El sistema 20 de purificación de aire puede purificar aire antes de que sea extraído a lo largo del trayecto 16 al sistema HVAC 14 o puede purificar el aire que abandona el sistema HVAC 14 antes de que sea insuflado a lo largo del trayecto 18 al espacio interior 12 del edificio o vehículo 10. El sistema 20 de purificación de aire también puede ser una unidad autónoma que no se emplea con un sistema HVAC 14.

Un ventilador 34 extrae aire al sistema 20 de purificación de aire a través de una entrada 22. El aire fluye a través de un filtro 24 de partículas que retiene por filtración el polvo o cualquier otra partícula mayor bloqueando el flujo de estas partículas. El aire fluye entonces a través de un sustrato 28, tal como una estructura tipo panal de abeja. En un ejemplo, la estructura tipo panal de abeja 28 está realizada en aluminio o en una aleación de aluminio. La Figura 3 ilustra esquemáticamente una vista frontal de la estructura tipo panal de abeja 28 dotada de una pluralidad de vías de paso o canales 30 abiertas hexagonales. Las superficies de la pluralidad de vías de paso 30 están revestidas con un revestimiento 40 fotocatalítico/termocatalítico de óxido de manganeso/dióxido de titanio ($\text{MnO}_x/\text{TiO}_2$). Cuando es activado por la radiación ultravioleta, el revestimiento 40 oxida los compuestos orgánicos volátiles que se adsorben sobre el revestimiento 40 de óxido de manganeso/dióxido de titanio. Como se explica más adelante, cuando el aire fluye a través de las vías de paso 30 de la estructura tipo panal de abeja 28, los contaminantes que se han adsorbido sobre la superficie del revestimiento 40 de óxido de manganeso/dióxido de titanio se oxidan a dióxido de carbono, agua y otras sustancias.

Una fuente 32 de radiación situada entre sucesivas estructuras 28 tipo panal de abeja activa el revestimiento fotocatalítico 40 sobre la superficie de las vías de paso 30 abiertas. Como se muestra, las estructuras 28 tipo panal de abeja y la fuente 32 de radiación están alternadas en el sistema 20 de purificación de aire. Es decir, existe una fuente 32 de radiación situada entre cada una de las estructuras 28 tipo panal de abeja. Con preferencia, la fuente 32 de radiación es una fuente de radiación ultravioleta que genera luz que tiene una longitud de onda en el rango de 180 nanómetros a 400 nanómetros.

La fuente 32 de radiación se ilumina para activar el revestimiento 40 de óxido de manganeso/dióxido de titanio sobre la superficie de la estructura 28 tipo panal de abeja. Cuando los fotones de la radiación ultravioleta son absorbidos por el revestimiento 40 de óxido de manganeso/dióxido de titanio, se promueve un electrón desde la banda de valencia a la banda de conducción, produciendo un hueco en la banda de valencia. El revestimiento 40 de óxido de manganeso/dióxido de titanio debe estar en presencia de oxígeno y agua para oxidar los contaminantes a dióxido de carbono, agua y otras sustancias. Los electrones que son promovidos a la banda de conducción son capturados por el oxígeno. Los huecos en la banda de valencia reaccionan con moléculas de agua adsorbidas sobre el revestimiento 40 de óxido de manganeso/dióxido de titanio formando radicales hidroxilo reactivos.

Cuando un contaminante es adsorbido sobre el revestimiento 40, el radical hidroxilo ataca al contaminante extrayendo un átomo de hidrógeno del contaminante. En este procedimiento, el radical hidroxilo oxida los contaminantes y produce agua, dióxido de carbono y otras sustancias.

ES 2 300 802 T3

A temperaturas ambiente, el óxido de manganeso es eficaz para descomponer ozono. El óxido de manganeso soportado sobre dióxido de titanio facilita la descomposición de ozono a átomos de oxígeno de superficie adsorbidos. Estos átomos de oxígeno se combinan seguidamente con ozono formando una especie peróxido adsorbida que se desadsorbe como oxígeno molecular. Cuando el ozono se adsorbe sobre el óxido de manganeso, el óxido de manganeso actúa como un sitio para la adsorción disociativa de ozono reduciendo la barrera energética requerida para la descomposición de ozono. Por tanto, en presencia únicamente de ozono, el óxido de manganeso produce oxígeno.

Además, las especies peróxido son muy reactivas y ayudan en la oxidación de compuestos orgánicos volátiles a dióxido de carbono y agua. Por tanto, el óxido de manganeso puede ser también muy eficaz en la oxidación de compuestos orgánicos volátiles. En presencia de compuestos orgánicos volátiles solos, el óxido de manganeso del revestimiento 40 produce dióxido de carbono, agua y otras sustancias.

A temperatura ambiente, el revestimiento 40 de óxido de manganeso/dióxido de titanio descompone ozono a oxígeno de forma simultánea con oxidación de compuestos orgánicos volátiles perjudiciales a dióxido de carbono, agua y otras sustancias. Por tanto, el revestimiento fotocatalítico/termocatalítico de óxido de manganeso/dióxido de titanio actúa de forma simultánea tanto como un fotocatalizador y como un termocatalizador.

Las partículas de óxido de manganeso muy dispersadas sobre la superficie de dióxido de titanio reducen la velocidad de recombinación de los electrones y los huecos, aumentando la actividad fotocatalítica del revestimiento. Con preferencia, las partículas de óxido de manganeso tienen un tamaño nanométrico.

Con preferencia, el soporte del catalizador bifuncional es dióxido de titanio. En un ejemplo, el dióxido de titanio es dióxido de titanio Millennium, Degussa P-25 o un dióxido de titanio equivalente. Sin embargo, se sobreentiende que se pueden emplear otros materiales fotocatalíticos o una combinación de dióxido de titanio con otros óxidos metálicos, siempre que estos sean soportes activos para la función termocatalítica. Por ejemplo, los materiales fotocatalíticos pueden ser Fe_2O_3 , ZnO , V_2O_5 , SnO_2 o FeTiO_3 . Además, se pueden mezclar con dióxido de titanio otros óxidos metálicos tales como Fe_2O_3 , ZnO , V_2O_5 , SnO_2 , CuO , MnO_x , WO_3 , Co_3O_4 , CeO_2 , ZrO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 o NiO .

El óxido de manganeso/dióxido de titanio también puede estar cargado con un óxido metálico. En un ejemplo, el óxido metálico es WO_3 , ZnO , Fe_2O_3 , V_2O_5 , SnO_2 , PbO , MgO , Co_3O_4 , NiO , CeO_2 , CuO , SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 o ZrO_2 .

Después de pasar a través de las estructuras 28 tipo panal de abeja, el aire purificado sale seguidamente del purificador de aire a través de una salida 36. Las paredes 38 del sistema 20 de purificación de aire están preferiblemente revestidas con un material reflector 42. El material reflector 42 refleja la radiación ultravioleta sobre la superficie de las vías de paso 30 de la estructura 28 tipo panal de abeja.

El rendimiento catalítico del revestimiento de óxido de manganeso/dióxido de titanio está influenciado por el procedimiento de preparación. Las nanopartículas de óxido de manganeso se pueden generar por deposición-precipitación, coprecipitación, impregnación o deposición química de vapor. Empleando estos procedimientos, se pueden generar las nanopartículas de óxido de manganeso, mejorando la actividad catalítica.

La Figura 4 ilustra esquemáticamente un diagrama de flujos del procedimiento de preparación de fotocatalizador/termocatalizador de óxido de manganeso/dióxido de titanio de la presente invención. Se añade agua gota a gota a dióxido de titanio en polvo para determinar el punto en el que los poros del dióxido de titanio se llenan con agua, o el punto de humedad incipiente (etapa 44). Esta cantidad de agua se usa entonces para disolver una sal de manganeso (nitrato de manganeso o con preferencia acetato de manganeso) mostrado en la etapa 46. La cantidad de sal de manganeso necesaria se determina por el porcentaje molar de manganeso destinado a la superficie, normalmente 0,1 a 6% mol.

La solución de sal de manganeso se añade entonces gota a gota (etapa 48) al dióxido de titanio. El polvo resultante se seca seguidamente (etapa 50) a 120°C durante seis horas. El polvo se calcina a continuación (etapa 52) a 500°C durante seis horas para eliminar el acetato y el nitrato. Durante la calcinación, el manganeso se oxida formando óxido de manganeso. Después de la calcinación, se crea un polvo de dióxido de titanio con una capa de nanopartículas de óxido de manganeso.

Para revestir catalizador bifuncional de óxido de manganeso/dióxido de titanio en un sustrato, se añade agua al fotocatalizador/termocatalizador de óxido de manganeso/dióxido de titanio formando una suspensión. La suspensión se aplica sobre la superficie de la estructura 28 tipo panal de abeja por pulverización, electroforesis o revestimiento por inmersión formando el revestimiento 40 de óxido de manganeso/dióxido de titanio. Después de aplicar la suspensión, se deja la misma secar, formando un revestimiento 40 de óxido de manganeso/dióxido de titanio uniforme sobre la estructura 28 tipo panal de abeja. Con preferencia, la suspensión tiene un 1% en peso de óxido de manganeso sobre dióxido de titanio.

Aunque se ha ilustrado y descrito una estructura 28 tipo panal de abeja, se sobreentiende que el revestimiento 40 de óxido de manganeso/dióxido de titanio puede aplicarse sobre cualquier estructura. Los huecos en la estructura 28 tipo panal de abeja son típicamente de forma hexagonal, pero se sobreentiende que se pueden emplear otras formas de los huecos. Cuando los contaminantes se adsorben sobre el revestimiento 40 de óxido de manganeso/dióxido de titanio de la estructura en presencia de una fuente de radiación, los contaminantes se oxidan a agua, dióxido de carbono y otras sustancias.

ES 2 300 802 T3

La descripción anterior es simplemente un ejemplo de los principios de la invención. Son posibles muchas modificaciones y variaciones de la presente invención a la vista de la descripción anterior. No obstante, se han descrito las realizaciones preferidas de esta invención de modo que un experto en la técnica reconocerá que pueden estar dentro del alcance de esta invención ciertas modificaciones. Por tanto, se sobreentiende que dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la invención puede llevarse a la práctica de otro modo al descrito de forma específica. Por dicha razón, se estudiarán las siguientes reivindicaciones para determinar el verdadero alcance y contenido de esta invención.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un sistema 20 de purificación de aire que comprende:

un sustrato (28);

un revestimiento (40) de óxido de manganeso/dióxido de titanio aplicado sobre dicho sustrato, y dicho revestimiento de óxido de manganeso/dióxido de titanio incluye óxido de manganeso soportado sobre una superficie de dióxido de titanio; y

una fuente (32) de radiación para activar dicho revestimiento (40) de óxido de manganeso/dióxido de titanio y dicho revestimiento de óxido de manganeso/dióxido de titanio oxida los contaminantes que son adsorbidos sobre dicho revestimiento de óxido de manganeso/dióxido de titanio cuando es activado por dicha fuente (32) de radiación.

2. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 1, en el que dicho óxido de manganeso tiene un tamaño nanométrico.

3. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 1, en el que dicha fuente (32) de radiación es una fuente de radiación ultravioleta.

4. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 1, en el que los fotones de dicha fuente (32) de radiación son absorbidos por dicho revestimiento (40) de óxido de manganeso/dióxido de titanio para formar un radical hidroxilo reactivo que oxida contaminantes en presencia de oxígeno y agua a dióxido de carbono y agua.

5. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 1, en el que dichos contaminantes son uno de un compuesto orgánico volátil y un compuesto orgánico semivolátil que incluye al menos uno de aldehído, cetona, alcohol, compuesto aromático, alqueno y alcano.

6. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 1, en el que dicho revestimiento (40) de óxido de manganeso/dióxido de titanio descompone ozono.

7. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 6, en el que dicho óxido de manganeso reduce la barrera energética de descomposición de dicho ozono descomponiendo dicho ozono a oxígeno molecular.

8. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 6, en el que dicho óxido de manganeso facilita la descomposición de dicho ozono en oxígeno atómico adsorbido y especies peróxido adsorbidas, y dicho oxígeno atómico adsorbido y dichas especies peróxido adsorbidas oxidan compuestos orgánicos volátiles a dióxido de carbono, agua y otras sustancias.

9. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 1 que incluye además un óxido metálico sobre una superficie de dicho dióxido de titanio.

10. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 9, en el que dicho óxido metálico es al menos uno de WO_3 , ZnO , Fe_2O_3 , V_2O_5 , SnO_2 , PbO , MgO , Co_3O_4 , NiO , CeO_2 , CuO , SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 y ZrO_2 .

11. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación que incluye además un óxido metálico mezclado con dicho dióxido de titanio.

12. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 11, en el que dicho óxido metálico es al menos uno de WO_3 , ZnO , CdS , SrTiO_3 , Fe_2O_3 , V_2O_5 , SnO_2 , FeTiO_3 , PbO , MgO_3 , Co_3O_4 , NiO , CeO_2 , CuO , SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 y ZrO_2 .

13. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 1, en el que dicho sustrato (28) es una disposición de huecos separados por una pared sólida.

14. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 1 que incluye además un armazón, estando el sistema de purificación de aire en dicho armazón, y estando las paredes (38) de dicho armazón revestidas con un material reflector (42).

15. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 1, en el que el sistema de purificación de aire está a temperatura ambiente.

16. El sistema (20) de purificación de aire citado en la reivindicación 1, que comprende además:

un contenedor que tiene una entrada (22) y una salida (36), en el que el sustrato (28) es un sustrato poroso (28) en el interior de dicho contenedor, y

ES 2 300 802 T3

un dispositivo (34) para extraer un fluido a dicho contenedor a través de dicha entrada (22), fluyendo dicho fluido a través de dicho sustrato poroso (28), y expulsando dicho fluido fuera de dicho contenedor a través de dicha salida (36), reduciendo dicho óxido de manganeso la barrera energética para la descomposición de ozono a oxígeno, siendo dicho revestimiento un revestimiento catalizador y siendo dicha fuente de radiación una fuente (32) de radiación ultravioleta y los fotones de dicha fuente de radiación ultravioleta son absorbidos por dicho revestimiento (40) de óxido de manganeso/dióxido de titanio formando un radical hidroxilo reactivo, y dicho radical hidroxilo reactivo oxida contaminantes en dicho fluido que son adsorbidos sobre dicho revestimiento (40) de óxido de manganeso/dióxido de titanio cuando es activado por dicha fuente (32) de radiación ultravioleta a agua y dióxido de carbono en presencia de agua y oxígeno.

17. Un procedimiento para purificar aire que comprende las etapas de:

aplicar un revestimiento (40) catalítico de óxido de manganeso/dióxido de titanio sobre un sustrato, incluyendo dicho revestimiento de óxido de manganeso/dióxido de titanio óxido de manganeso soportado sobre una superficie de dióxido de titanio;

activar dicho revestimiento (40) catalítico de óxido de manganeso/dióxido de titanio;

formar un radical hidroxilo reactivo;

adsorber contaminantes sobre dicho revestimiento (40) catalítico de óxido de manganeso/dióxido de titanio;

oxidar dichos contaminantes con dicho radical hidroxilo;

reducir una barrera energética de descomposición de ozono con dicho óxido de manganeso de dicho revestimiento (40) catalítico de óxido de manganeso/dióxido de titanio; y

a continuación descomponer dicho ozono a oxígeno.

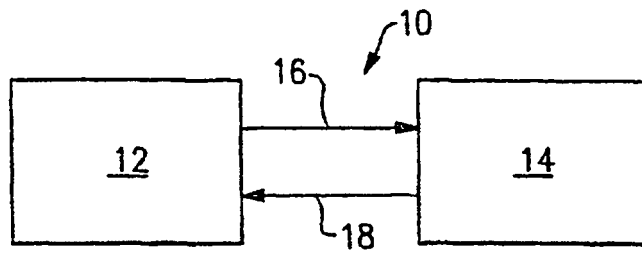


FIG. 1

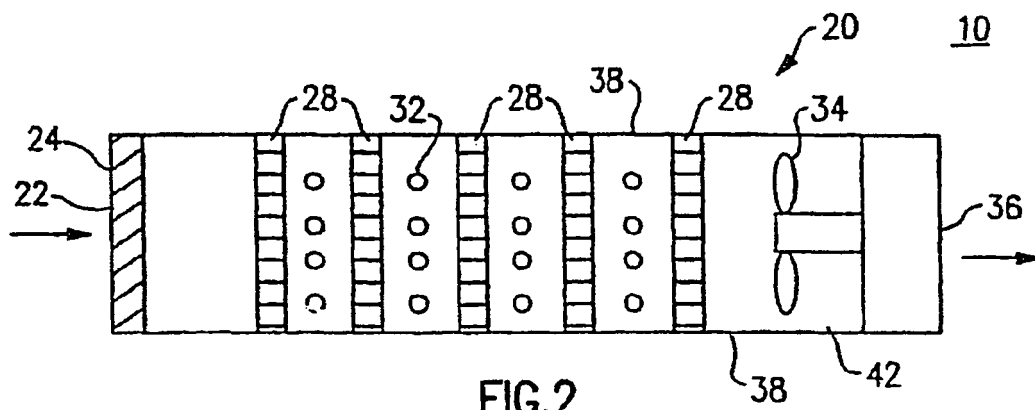


FIG. 2

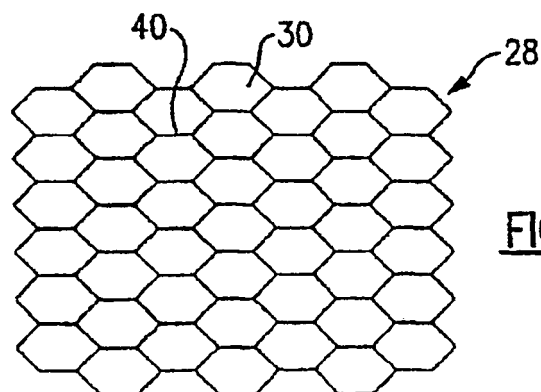


FIG. 3

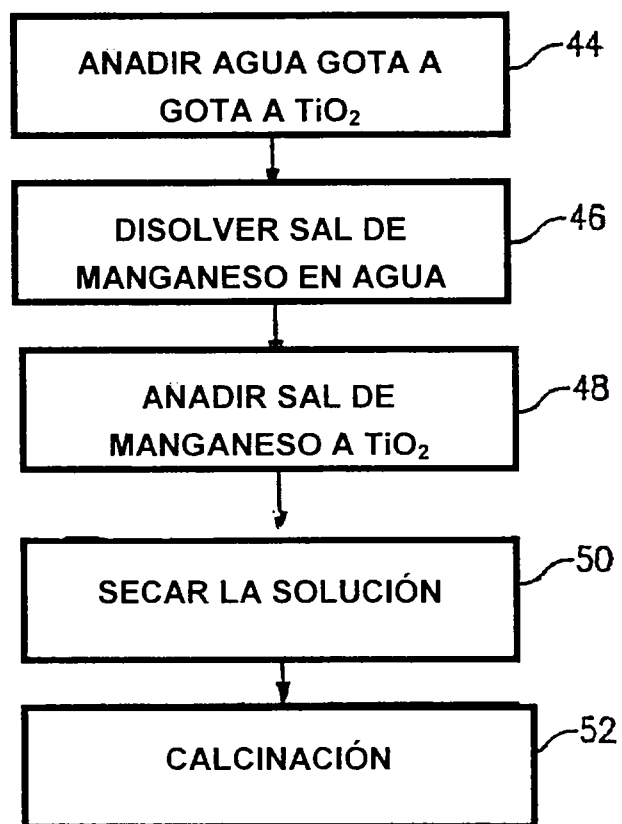


FIG.4