

19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 486**

21 Número de solicitud: 201731398

51 Int. Cl.:

G01N 21/3504 (2014.01)

G01J 3/30 (2006.01)

G01J 5/06 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

12.12.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

12.06.2019

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (100.0%)
Madrid, 126
28903 Getafe (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**RODRÍGUEZ CONEJO, Miguel Ángel;
CORTÉS MARTÍNEZ, Francisco;
MORALES MERCHÁN, Manuel Rodrigo;
LÓPEZ MARTÍNEZ, Fernando;
ROBLES MONTERDE, Héctor;
MELÉNDEZ SÁNCHEZ, Juan;
DE CASTRO GONZÁLEZ, Antonio Jesús;
BRIZ PACHECO, Susana y
SÁNCHEZ CARBALLIDO, Sergio**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE DETECCIÓN DE GASES CON FIRMA ESPECTRAL EN LA REGIÓN INFRARROJA**

57 Resumen:

Sistema de detección de gases con firma espectral en la región infrarroja, caracterizado por que comprende un detector de imagen (1) que comprende una pluralidad de microbolómetros sensibles tanto en la ventana infrarroja de longitud de onda media como en la ventana infrarroja de longitud de onda larga, un sistema de selección espectral (2) para la sintonización del detector de imagen a la longitud de onda de absorción del gas a detectar, una óptica infrarroja (3) con número $f \leq 1$, y un módulo de procesamiento de imagen (4), configurado para sustraer de una imagen capturada por el detector de imagen las contribuciones radiométricas correspondientes al fondo mediante un algoritmo de sustracción de fondo. También se describe un método de detección de gases con firma espectral la región infrarroja que emplea el sistema de detección de gases con firma espectral en la región infrarroja de la presente invención.

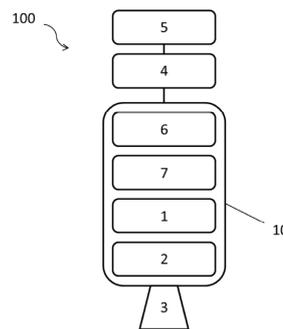


FIG. 1

ES 2 716 486 A1

DESCRIPCIÓN

**SISTEMA Y MÉTODO DE DETECCIÓN DE GASES CON FIRMA ESPECTRAL EN
LA REGIÓN INFRARROJA**

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece al campo de la detección remota de gases mediante imagen infrarroja. En particular, la presente invención está dirigida a un sistema y a un método para la detección de gases con firma espectral en la región infrarroja.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los sistemas de detección remota de gases mediante imagen infrarroja (IR) se emplean en la actualidad para la detección a distancia de agentes químicos, provenientes tanto de desastres naturales como humanos, para la monitorización de emisiones fugitivas, tales como fugas en plantas industriales o gaseoductos, y para la monitorización de emisiones controladas, tales como chimeneas industriales o emisiones procedentes del tráfico circulante.

20

En la mayoría de aplicaciones donde se requiere detectar e identificar la existencia de fugas de gases, el gas se encuentra a una temperatura cercana a la del ambiente y por tanto, debido a sus características radiométricas, el contraste térmico equivalente entre el gas y el fondo es muy tenue, en muchos casos, menor de 1 K. Por este motivo, típicamente se emplean sistemas que presentan unas prestaciones que los hacen sensibles a estas diferencias térmicas tan pequeñas y, por tanto, permiten la detección de dicho gas, como por ejemplo una NETD (Diferencia de temperatura equivalente al ruido, del inglés *Noise Equivalent Temperature Difference*) baja (<15mK en la ventana de longitudes de onda de 3,2 a 3,4 micras).

30

Los sistemas de detección de gases mediante imagen infrarroja del estado de la técnica presentan una o más de las siguientes características:

- Uso de un detector refrigerado, tal como un frío-refrigerador termomecánico, o termoeléctrico.

- Estrategia de selección espectral mediante sistemas con partes móviles, tales como rueda de filtros interferenciales, lentes difractivas o sistemas interferométricos.

- Clasificación e interpretación supervisada por un usuario experto, de carácter cualitativo.

5 - NETD < 15 mK.

Debido a sus características, este tipo de sistemas de detección de gases conocidos presentan un gasto elevado, debido al gran coste de las cámaras infrarrojas actuales y al gran consumo eléctrico de sus elementos, ya que es necesaria la refrigeración de dichas cámaras infrarrojas. Además, estos sistemas están compuestos de una gran cantidad de partes móviles para poder seleccionar el espectro del gas que se desea identificar, lo cual reduce considerablemente el tiempo de vida medio del sistema y obliga al usuario del sistema a realizar un mantenimiento exhaustivo de dicho sistema de forma periódica.

15

Por otro lado, este tipo de sistemas necesitan que un usuario experto interprete los datos registrados y notifique si existe un escape de gas, aumentando el coste de uso del sistema.

20 Existe, por tanto, la necesidad de implementar un sistema y un método que permita la detección de gases con firma espectral en la región infrarroja resolviendo los problemas anteriores mencionados.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

25

La presente invención propone una solución a los problemas anteriores mediante un sistema de detección de gases con firma espectral en la región infrarroja según la reivindicación 1, que permite detectar gases en iguales condiciones a las de los sensores del estado de la técnica, pero sin necesitar refrigeración, y un método de detección de gases con firma espectral en la región infrarroja según la reivindicación 30 18. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas de la invención.

En un primer aspecto inventivo se define un sistema de detección de gases con firma 35 espectral en la región infrarroja que comprende:

un detector de imagen, en donde el detector de imagen comprende una pluralidad de microbolómetros sensibles tanto en la ventana infrarroja de longitud de onda media como en la ventana infrarroja de longitud de onda larga,

un sistema de selección espectral para la sintonización del detector de imagen
5 a la longitud de onda de absorción del gas a detectar,

una óptica infrarroja con número $f \leq 1$,

un módulo de procesamiento de imagen, configurado para realizar la siguiente etapa sobre imágenes capturadas por el detector de imagen:

(a) sustraer de una imagen capturada por el detector de imagen las
10 contribuciones radiométricas correspondientes al fondo mediante un algoritmo de sustracción de fondo.

Mediante el sistema de selección espectral el detector de imagen queda sintonizado a la longitud de onda de absorción del gas a detectar. El detector de imagen proporciona
15 una imagen térmica (también denominada "imagen infrarroja") de la zona en la que se desea determinar si existe gas, denominada aquí "zona objetivo". Al sustraer de la imagen térmica las contribuciones radiométricas que corresponden al fondo, se obtiene una imagen cuya visualización por parte de un técnico permite determinar si existe gas en la zona objetivo. Por tanto, el sistema de detección de la invención
20 permite la captura y procesamiento de una imagen de la zona objetivo, y proporciona como resultado una imagen procesada adecuada para la visualización por parte de un técnico.

Ventajosamente, el sistema de detección de la invención utiliza un detector de imagen
25 no refrigerado, no requiriendo termoestabilización. Además, el sistema de detección de la invención no tiene partes móviles y presenta una menor complejidad en comparación con los sistemas actuales. Todo ello resulta en un mayor tiempo de vida medio (o vida útil) del sistema de detección, una disminución drástica del mantenimiento y un aumento notable del tiempo medio entre fallos, además de una
30 reducción del coste del sistema de detección.

Generalmente, los sensores de microbolómetros convencionales son sensibles en las bandas donde menos líneas de absorción presentan los gases. Por el contrario, los microbolómetros del detector de imagen del sistema de detección de la presente
35 invención son sensibles tanto en la ventana infrarroja de longitud de onda media (entre

3 y 5 micras) como en la ventana infrarroja de longitud de onda larga (de 8 a 12 micras), es decir, son sensibles en las bandas que incluyen la longitud de onda de absorción del gas a detectar. Los microbolómetros de la presente invención también son sensibles en la ventana de 5 a 8 micras, pero en esta ventana la atmosfera es opaca.

Preferentemente la óptica infrarroja comprende una lente infrarroja o un conjunto de lentes infrarrojas.

10 En una realización, el módulo de procesamiento de imagen está configurado para obtener el fondo como la media móvil generada con imágenes correspondientes a n instantes anteriores a la captura de la imagen.

En una realización el sistema de detección es portátil. Preferentemente, el sistema de detección es acoplable a un báculo, trípode o a una plataforma de sujeción de otro tipo.

En una realización el sistema de selección espectral comprende un filtro óptico con una pluralidad de capas anti-reflejantes.

20 En una realización el filtro óptico es de forma circular. De manera preferida, el filtro óptico tiene un diámetro de 20 a 30 mm.

En una realización el módulo de procesamiento de imagen está configurado para realizar una etapa adicional, b), que comprende amplificar el contraste en la imagen resultante de sustraer el fondo de la imagen capturada por el detector de imagen. De manera preferida, esta etapa b) comprende realizar un ajuste del rango dinámico al histograma de los píxeles de la imagen, un filtrado espacial mediante mediana o media o una combinación de ambas técnicas a la imagen resultante de la etapa a).

30 En una realización el sistema de detección de gases comprende un segundo detector de imagen, estando el segundo detector de imagen sintonizado en una banda del espectro donde el gas a detectar no presenta absorción. En esta realización del sistema de detección de gases el módulo de procesamiento de imagen está configurado para:

co-registrar espacialmente dos imágenes, en donde cada imagen ha sido capturada por un detector, previamente a la etapa (a),

realizar la etapa (a), y opcionalmente la etapa (b), en las imágenes co-registradas, y

5 comparar las dos imágenes resultantes.

En el contexto de la presente invención, co-registrar espacialmente dos imágenes se debe entender como capturar dos imágenes de la misma región del espacio correspondientes al mismo instante de tiempo.

10

Ventajosamente, el sistema de detección según esta realización de la invención permite la detección automática del gas, sin intervención de un usuario. Este sistema de detección es especialmente ventajoso para la vigilancia permanente de instalaciones para detectar de forma temprana emisión de gases, en forma de emisiones fugitivas, gases calientes producidos por una combustión, u otros.

15

De manera preferida, el sistema de detección de gases comprende un segundo sistema de selección espectral para la sintonización del segundo detector de imagen a una banda del espectro donde el gas a detectar no presenta absorción.

20

En una realización el módulo de procesamiento de imagen está configurado para comparar las dos imágenes mediante las siguientes etapas:

(i) aplicar un filtro de reducción de ruido temporal y/o espacial a cada imagen,

(ii) binarizar las imágenes resultantes de la etapa (i),

25 (iii) eliminar agrupaciones inferiores a $N \times M$ píxeles en las imágenes binarizadas,

(iv) restar las dos imágenes resultantes de la etapa anterior.

Se entenderá que N y M son números naturales. De manera preferida, $N=M=4$.

30

En una realización el sistema de detección está configurado para activar una alarma indicativa de que existe gas cuando al menos un píxel de los píxeles obtenidos después de la etapa (iv) tiene un valor distinto de 0. La alarma puede ser una indicación acústica, visual, luminosa, digital o de otro tipo.

35

En una realización el módulo de procesamiento de imagen está configurado adicionalmente para comparar píxel a píxel la temperatura de las dos imágenes co-registradas y para determinar si la diferencia de temperatura entre pares de píxeles de las dos imágenes supera un umbral predefinido. En esta realización la comparación se realiza mediante una resta píxel a píxel de las dos imágenes térmicas sin procesar, obteniendo la diferencia de temperatura entre pares de píxeles de las imágenes que corresponden con el mismo punto del escenario. La diferencia resultante se compara con un umbral predefinido. En una realización el umbral predefinido de diferencia de temperatura está establecido como dos veces la mínima diferencia de temperatura detectable por los detectores de imagen.

En una realización el segundo detector de imagen está sintonizado en el espectro visible o en una banda de la región infrarroja que no incluye la longitud de onda de absorción del gas a detectar.

En una realización los microbolómetros tienen una sensibilidad nominal de 35 mK o superior.

En una realización los microbolómetros son microbolómetros de óxido de vanadio o de α -Si.

En una realización el sistema de detección comprende un dispositivo de visualización de imagen, tal como una pantalla.

En un segundo aspecto inventivo se define un método de detección de gases con firma espectral en la región infrarroja, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- (s1) proporcionar un sistema de detección según el primer aspecto inventivo,
- (s2) capturar una imagen mediante el detector de imagen sintonizado a la longitud de onda de absorción del gas a detectar,
- (s3) sustraer de la imagen capturada por el detector de imagen las contribuciones radiométricas correspondientes al fondo mediante un algoritmo de sustracción de fondo.

Según el método de la invención, se captura una imagen de la zona objetivo mediante el detector de imagen. Mediante el sistema de selección espectral el detector de imagen está sintonizado a la longitud de onda de absorción del gas a detectar. El resultado de la captura es una imagen térmica de la zona objetivo. Al sustraer de la
5 imagen térmica las contribuciones radiométricas que corresponden al fondo, se obtiene una imagen cuya visualización por parte de un usuario permite determinar si existe gas en la zona objetivo.

En una realización el método de detección de gases comprende adicionalmente las
10 siguientes etapas:

capturar una segunda imagen mediante un segundo detector de imagen, estando el segundo detector de imagen sintonizado en una banda del espectro donde el gas a detectar no presenta absorción,
co-registrar espacialmente las dos imágenes capturadas,
15 aplicar la etapa (s3) del método a las dos imágenes co-registradas, y
comparar las dos imágenes resultantes.

En esta realización, se emplea un segundo detector de imagen para captar una segunda imagen, estando un detector de imagen sintonizado en un intervalo de
20 longitudes de onda de absorción del gas a detectar (preferentemente en la banda de longitudes de onda de 3 a 5 micras y/o en la banda de longitudes de onda de 8 a 12 micras) y estando sintonizado el otro detector de imagen en una banda de referencia, es decir, una banda del espectro donde el gas a detectar no presenta absorción. De manera preferida, el segundo detector de imagen está sintonizado en una banda de
25 referencia mediante un segundo sistema de selección espectral. Según esta realización, se capturan dos imágenes de la zona objetivo: una imagen mediante cada detector de imagen. Se obtienen así dos imágenes térmicas de la zona objetivo. Las dos imágenes térmicas capturadas se co-registran espacialmente, haciendo coincidir cada píxel de las imágenes capturadas por ambos detectores de imagen. Una vez co-
30 registradas, se sustrae de las imágenes co-registradas las contribuciones radiométricas que corresponden al fondo y se realiza la comparación de las imágenes resultantes.

En una realización la comparación de las dos imágenes comprende:
35 (i) aplicar un filtro de reducción de ruido temporal y/o espacial,

(ii) binarizar las imágenes,

(iii) eliminar agrupaciones inferiores a $N \times M$ píxeles en las imágenes binarizadas, y

(iv) restar las dos imágenes resultantes de la etapa anterior, en donde en la imagen correspondiente a la resta los píxeles con valor distinto de 0 indican la presencia de gas.

Se entenderá que N y M son números naturales. De manera preferida, $N=M=4$.

En una realización el método de detección de gases comprende adicionalmente comparar píxel a píxel la temperatura de las dos imágenes co-registradas sin procesar y determinar si la diferencia de temperatura entre pares de píxeles de las dos imágenes supera un umbral predefinido, en donde valores por encima o por debajo de un umbral de diferencia de temperatura indican la presencia de gas. Adicionalmente, en una realización se comprueba si la diferencia de temperatura entre pares de píxeles supera un segundo umbral predefinido y en caso afirmativo se determina que existe una llama.

En una realización el método de detección de gases comprende una etapa (s4) que comprende amplificar el contraste en la imagen resultante de sustraer el fondo de la imagen capturada por el detector de imagen.

En una realización el método de detección de gases comprende obtener el fondo como la media móvil generada con imágenes correspondientes a n instantes anteriores a la captura de la imagen.

En una realización el método de detección de gases comprende activar una alarma en caso de detección de presencia de gas. Esta alarma puede ser sonora, visual, electrónica o de otros tipos, o una combinación de dos o más de los tipos anteriores.

Todas las características y/o las etapas de métodos descritas en esta memoria (incluyendo las reivindicaciones, descripción y figuras) pueden combinarse en cualquier combinación, exceptuando las combinaciones de tales características mutuamente excluyentes.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Estas y otras características y ventajas de la invención, se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción detallada que sigue de una forma preferida de realización, dada únicamente a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo, con referencia a las figuras que se acompañan.

En la figura 1 se muestra un diagrama de bloques de un ejemplo de realización preferida para el caso en que el sistema está configurado como sistema monoespectral para la detección supervisada del gas.

En la figura 2 se muestra un diagrama de bloques de un ejemplo de realización preferida para el caso en que el sistema está configurado como sistema multiespectral para la detección permanente y automática del gas.

En la figura 3 se muestra un ejemplo de detección de un gas fugitivo en un conducto mediante el uso de dos bandas espectrales.

EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención, de acuerdo al primer aspecto inventivo, proporciona un sistema para la detección de gases con firma espectral en la región infrarroja.

En la figura 1 se muestra de manera esquemática un ejemplo preferido de realización del sistema de detección de la presente invención, estando este sistema de detección (100) configurado como sistema monoespectral para la detección supervisada del gas.

En esta realización, el sistema de detección (100) comprende una óptica infrarroja (3), un detector de imagen (1), un sistema de selección espectral (2), un módulo de procesamiento de imagen (4) y una interfaz de control y visualización de la imagen (5). Preferiblemente la óptica infrarroja (3) comprende una lente o conjunto de lentes infrarrojas.

La óptica infrarroja (3) tiene un número $f \leq 1$ y permite la captación de imágenes para su posterior procesado y análisis optimizando la diferencia de temperatura equivalente

al ruido (NETD). Se optimiza así la relación señal a ruido, haciendo al sistema de detección (100) lo más sensible posible.

5 En esta realización particular, el detector de imagen (1) y el sistema de selección espectral (2) están integrados en una cámara infrarroja (10), que comprende además sistemas electrónicos de acondicionamiento y transmisión de señal. El detector de imagen (1) comprende una pluralidad de microbolómetros de banda espectral extendida, es decir, sensibles tanto en la ventana infrarroja de longitud de onda media (MWIR) como en la ventana infrarroja de longitud de onda larga (LWIR),
10 preferiblemente microbolómetros de α -Si o de óxido de vanadio. De manera preferida, los microbolómetros presentan una sensibilidad NETD (Diferencia de temperatura equivalente al ruido) nominal de 35 mK o superior.

El sistema de selección espectral (2) permite la sintonización del sistema de detección
15 a la longitud de onda de absorción del gas a detectar. De manera preferida, el sistema de selección espectral (2) comprende un filtro óptico de multicapas anti-reflejantes. En una realización particular, el filtro óptico de multicapas anti-reflejantes es circular y tiene un diámetro de entre 20 y 30 mm.

20 En este ejemplo de realización, los sistemas electrónicos de acondicionamiento y transmisión de señal comprenden una electrónica de proximidad (7) y una electrónica de protocolo de video (6). En particular, la electrónica de proximidad (7) comprende una fase de preamplificación analógica, muestreo de señales, y digitalización de la señal de cada píxel de forma individualizada. Por otro lado, la electrónica de protocolo
25 de video (6) comprende un controlador que genera protocolo de video estándar, preferiblemente CameraLink, GigE Vision o YUV.

El módulo de procesamiento de imagen (4) está configurado para sustraer de una imagen capturada por el detector de imagen las contribuciones radiométricas
30 correspondientes al fondo mediante un algoritmo de sustracción de fondo. El algoritmo de sustracción de fondo puede ser del tipo Rolling Ball u otros de similares prestaciones.

En una realización el módulo de procesamiento de imagen (4) está configurado para
35 obtener el fondo como una media móvil generada con imágenes correspondientes a n

instantes anteriores de imagen, siendo n un factor ajustable cuyos valores óptimos para la correcta visualización de la fuga de gas dependen de las condiciones específicas de cada escenario.

5 En una realización el módulo de procesamiento de imagen (4) está configurado para amplificar el contraste en la imagen resultante de sustraer el fondo de la imagen capturada. La amplificación del contraste en la imagen resultante permite minimizar la influencia del ruido. De manera preferida la amplificación del contraste comprende aplicar una ecualización basada en histograma y/o un filtrado espacial mediante
10 mediana o media, o una combinación de ambas técnicas a la imagen resultante.

En este ejemplo de realización, el módulo de procesamiento (4) comprende un microcontrolador conectado a la cámara infrarroja. El módulo de procesamiento (4) puede estar integrado en una Tablet-PC o PC portátil. La conexión entre la cámara
15 infrarroja y el módulo de procesamiento (4) se realiza preferiblemente a través de un puerto USB, o GigaBit Ethernet de la Tablet-PC o del PC portátil.

En la realización de la figura 1 el sistema comprende adicionalmente un interfaz de control y visualización (5) para presentación de la imagen para posterior evaluación
20 por parte de un usuario supervisor. En este ejemplo de realización la interfaz de control y visualización (5) es una pantalla táctil.

En la figura 2 se muestra de manera esquemática un ejemplo preferido de realización del sistema de detección de gases (101) de la presente invención, en este caso
25 configurado como sistema multispectral para la detección automática del gas.

El sistema de detección de gases (101) comprende una primera cámara (10), en particular una cámara infrarroja (10) como la mostrada en la figura 1, y una segunda cámara (50). La segunda cámara (50) comprende un segundo sistema de selección
30 espectral (20), un segundo detector de imagen (80) y sistemas electrónicos de acondicionamiento y transmisión de señal.

En esta realización el sistema de detección de gases (101) comprende adicionalmente una unidad de procesamiento de control y visualización (11) y una alarma (12).

35

El segundo detector de imagen (80) está sintonizado en una banda del espectro donde el gas a detectar no presenta absorción gracias al uso del segundo sistema de selección espectral (20).

- 5 En una realización la segunda cámara (50) es una cámara óptica y el segundo sistema de selección espectral (20) sintoniza el segundo detector de imagen (80) en el espectro visible. Preferentemente, el segundo detector de imagen (80) es un detector óptico sintonizado en la banda visible del espectro electromagnético.
- 10 En otra realización la segunda cámara (50) es una cámara infrarroja y el segundo sistema de selección espectral (20) sintoniza el segundo detector de imagen (80) en una banda de la región infrarroja que no incluye la longitud de onda de absorción del gas a detectar. Preferentemente, el segundo detector de imagen (80) es un detector no refrigerado de óxido de vanadio o de α -Si.

15

Así, el primer detector de imagen (1) está sintonizado en una banda en la que el gas presenta absorción, que se puede denominar banda de medida, y el segundo detector de imagen (80) está sintonizado en una banda que se emplea como banda de referencia. De manera preferida, el segundo sistema de selección espectral (20)

20 comprende un filtro óptico con una pluralidad de capas anti-reflejantes.

En este ejemplo de realización, los sistemas electrónicos de acondicionamiento y transmisión de señal de la segunda cámara (50) comprenden una electrónica de proximidad (70) y una electrónica de protocolo de video (60). En particular, la

25 electrónica de proximidad (70) comprende una fase de preamplificación analógica, muestreo de señales, y digitalización de la señal de cada píxel de forma individualizada

Por otro lado, en esta realización la electrónica de protocolo de video (60) es similar a

30 la electrónica de protocolo de video (6) de la cámara infrarroja (10). Por lo tanto, comprende un controlador que genera protocolo de video estándar, preferiblemente CameraLink, GigE Vision o YUV. En otras realizaciones pueden utilizarse protocolos de video diferentes en la primera (10) y la segunda (50) cámara.

La unidad de procesamiento de control y visualización (11) comprende un módulo de procesamiento de imagen y una interfaz de control y visualización. En esta realización, la unidad de procesamiento de control y visualización (11) es un servidor.

5 En esta realización, el módulo de procesamiento de imagen está configurado adicionalmente para:

co-registrar espacialmente dos imágenes, en donde una imagen ha sido capturada por el primer detector de imagen (1) y la otra imagen ha sido capturada por el segundo detector de imagen (80),

10 sustraer de cada una de las dos imágenes co-registradas las contribuciones radiométricas correspondientes al fondo mediante un algoritmo de sustracción de fondo,

amplificar el contraste en cada una de las dos imágenes resultantes de sustraer el fondo de las imágenes co-registradas, y

15 comparar las dos imágenes resultantes.

Si los píxeles de ambas imágenes presentan los mismos datos, se determina que no hay presencia de gas. Si existe diferencia en alguno de los píxeles, entonces se determina que se trata de gas.

20

En esta realización, la interfaz de control y visualización está configurada para introducir comandos y así calibrar el sistema (101) y para mostrar visualmente de forma automática el resultado de la detección realizada por dicho sistema (101). Adicionalmente la unidad de procesamiento de control y visualización (11) está
25 conectada a una alarma (12). En un ejemplo de realización, la alarma (12) puede ser acústica, visual y/o digital. Se entiende como alarma digital la activación remota a un dispositivo electrónico con conexión inalámbrica como por ejemplo un Smartphone, Tablet o smartwatch.

30 En este ejemplo de realización, la alarma (12) es una alarma acústica, y la conexión entre la unidad de procesamiento de control y visualización (11) y dicha alarma (12) se realiza a través de un cable de conexión Ethernet categoría 6.

En este ejemplo de realización preferida no se requiere la presencia de un técnico
35 experto capaz de distinguir entre lo que es gas o lo que pueden ser posibles falsas

alarmas, ya que el sistema de detección detecta de manera automática las posibles fugas.

En una realización preferida, el sistema de detección (101) implementa una realización
5 del método de detección de gases de la presente invención. En esta realización el algoritmo de comparación de las dos imágenes comprende las siguientes etapas:

i. Aplicar un filtro de reducción de ruido temporal y/o espacial, tal como mediana, media, u otro a las imágenes capturadas.

ii. Binarizar las imágenes tratadas en la etapa i.

10 iii. Eliminar en las imágenes binarizadas las agrupaciones de pocos píxeles, preferentemente agrupaciones inferiores a 4x4 píxeles.

iv. Restar a la imagen correspondiente a la banda de medida la imagen correspondiente a la banda de referencia.

v. En la imagen resultante de la resta de imágenes, los píxeles con valor
15 distinto de 0 serán píxeles que contengan gas. Por tanto, si toda la imagen es 0 se determina que no hay gas.

vi. En paralelo a este proceso, como refuerzo en la toma de decisión se puede hacer adicionalmente una comparación radiométrica de todos los píxeles. En este caso, se compara la temperatura de todos los píxeles de cada banda y se considera
20 gas todo lo que está por encima de un umbral de diferencia de temperatura, en el caso que se utilice en una aplicación en la que el gas está más caliente que su entorno, o por debajo de un umbral de diferencia de temperatura, en el caso que se utilice en una aplicación en la que el gas está más frío que su entorno.

25 En esta realización, si la temperatura del gas a detectar medida por el primer detector de imagen (1) está por encima de 200°C con respecto a la medida por el segundo detector de imagen (80) se considera una llama. Por lo tanto, la comparación de temperatura píxel a píxel en cada banda en esta realización del sistema y el método de la invención permiten detectar gases y adicionalmente detectar llamas como una
30 composición de gases calientes.

En la figura 3 se muestra un ejemplo que ilustra la mejora en la detección de un gas fugitivo en un conducto mediante el uso de dos bandas espectrales: una primera banda de referencia representada en la figura 3a, insensible a las variaciones del gas,
35 y una segunda banda de medida en una banda IR activa del gas representada en la

figura 3b. La figura 3c muestra la imagen de detección correspondiente a la resta de las imágenes de las figuras 3b y 3a, en la que se aprecia una mejora significativa de la señal correspondiente al gas que, mediante el método de la invención, permite la detección de la fuga.

5

REIVINDICACIONES

- 1.- Sistema de detección de gases con firma espectral en la región infrarroja, caracterizado por que comprende:
- 5 un detector de imagen (1) que comprende una pluralidad de microbolómetros sensibles tanto en la ventana infrarroja de longitud de onda media como en la ventana infrarroja de longitud de onda larga,
- un sistema de selección espectral (2) para la sintonización del detector de imagen a la longitud de onda de absorción del gas a detectar,
- 10 una óptica infrarroja (3) con número $f \leq 1$,
- un módulo de procesamiento de imagen (4), configurado para realizar la siguiente etapa sobre imágenes capturadas por el detector de imagen:
- (a) sustraer de una imagen capturada por el detector de imagen las contribuciones radiométricas correspondientes al fondo mediante un algoritmo de
- 15 sustracción de fondo.
- 2.- Sistema de detección de gases según la reivindicación 1, caracterizado por que el módulo de procesamiento de imagen (4) está configurado adicionalmente para realizar la siguiente etapa:
- 20 (b) amplificar el contraste en la imagen resultante de sustraer el fondo de la imagen capturada por el detector de imagen.
- 3.- Sistema de detección de gases según la reivindicación 2, caracterizado por que la etapa b) comprende realizar un ajuste del rango dinámico al histograma de los píxeles
- 25 de la imagen resultante de la etapa a) mediante la función estándar de ecualización del histograma, aplicar un filtrado espacial mediante mediana o mediante media a la imagen resultante de la etapa a) o aplicar una combinación de ambas técnicas a la imagen resultante de la etapa a).
- 30 4.- Sistema de detección de gases según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema de selección espectral (2) comprende un filtro óptico con una pluralidad de capas anti-reflejantes.
- 5.- Sistema de detección de gases según la reivindicación 4, caracterizado por que el
- 35 filtro óptico es de forma circular.

- 6.- Sistema de detección de gases según la reivindicación 5, caracterizado por que el filtro óptico tiene un diámetro de 20 a 30 mm.
- 5 7.- Sistema de detección de gases según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la ventana infrarroja de longitud de onda media está comprendida en el rango entre 3 y 5 micras y la ventana infrarroja de longitud de onda larga está comprendida en el rango entre 8 y 12 micras.
- 10 8.- Sistema de detección de gases según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende un segundo detector de imagen, estando el segundo detector de imagen sintonizado en una banda del espectro donde el gas a detectar no presenta absorción, en donde el módulo de procesamiento de imagen está configurado para:
- 15 co-registrar espacialmente dos imágenes, en donde cada imagen ha sido capturada por un detector, previamente a la etapa (a),
realizar la etapa (a) en las imágenes co-registradas, y
comparar las dos imágenes resultantes.
- 20 9.- Sistema de detección de gases según la reivindicación 8, caracterizado por que el módulo de procesamiento de imagen está configurado adicionalmente para amplificar el contraste en las imágenes resultantes de la etapa (a), y por que la etapa de comparación de imágenes se realiza sobre las dos imágenes resultantes de amplificar el contraste.
- 25 10.- Sistema de detección de gases según la reivindicación 8 o 9, caracterizado por que el módulo de procesamiento de imagen está configurado para comparar las dos imágenes mediante las siguientes etapas:
- 30 (i) aplicar un filtro de reducción de ruido temporal y/o espacial a cada imagen,
(ii) binarizar las imágenes resultantes de la etapa (i),
(iii) eliminar agrupaciones inferiores a NxM píxeles en las imágenes binarizadas,
(iv) restar las dos imágenes resultantes de la etapa anterior.

- 11.- Sistema de detección de gases según la reivindicación 10, caracterizado por que está configurado para activar una alarma cuando al menos un píxel de los píxeles obtenidos después de la etapa (iv) tiene un valor distinto de 0.
- 5 12.- Sistema de detección de gases según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado por que el módulo de procesamiento de imagen está configurado adicionalmente para comparar píxel a píxel la temperatura de las dos imágenes co-registradas y para determinar si la diferencia de temperatura entre pares de píxeles de las dos imágenes supera un umbral predefinido.
- 10 13. Sistema de detección de gases según la reivindicación 12, caracterizado por que el umbral de diferencia de temperatura está establecido como dos veces la mínima diferencia de temperatura detectable por los detectores de imagen.
- 15 14.- Sistema de detección de gases según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, caracterizado por que el segundo detector de imagen está sintonizado en el espectro visible o en una banda de la región infrarroja que no incluye la longitud de onda de absorción del gas a detectar.
- 20 15.- Sistema de detección de gases según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los microbolómetros tienen una sensibilidad nominal de 35 mK o superior.
- 25 16.- Sistema de detección de gases según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los microbolómetros son microbolómetros de óxido de vanadio o de α -Si.
- 30 17.- Sistema de detección de gases según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el módulo de procesamiento de imagen (4) está configurado para obtener el fondo de la imagen como la media móvil generada con imágenes correspondientes a n instantes anteriores a la captura de la imagen.
- 18.- Método de detección de gases con firma espectral en la región infrarroja, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

(s1) proporcionar un sistema de detección según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

(s2) capturar una imagen mediante el detector de imagen sintonizado a la longitud de onda de absorción del gas a detectar,

5 (s3) sustraer de la imagen capturada por el detector de imagen las contribuciones radiométricas correspondientes al fondo mediante un algoritmo de sustracción de fondo.

10 19.- Método de detección de gases según la reivindicación 18, caracterizado por que comprende adicionalmente las siguientes etapas

capturar una segunda imagen mediante un segundo detector de imagen, estando el segundo detector de imagen sintonizado en una banda del espectro donde el gas a detectar no presenta absorción,

15 co-registrar espacialmente las dos imágenes capturadas, realizar la etapa (s3) del método según la reivindicación 18 en la segunda imagen,

comparar las dos imágenes resultantes.

20 20.- Método de detección de gases según la reivindicación 19, caracterizado por que la comparación de las dos imágenes comprende:

(i) aplicar un filtro de reducción de ruido temporal y/o espacial,

(ii) binarizar las imágenes,

25 (iii) eliminar agrupaciones inferiores a NxM píxeles en las imágenes binarizadas, y

(iv) restar las dos imágenes resultantes de la etapa anterior, en donde en la imagen resultante de la resta los píxeles con valor distinto de 0 indican la presencia de gas.

30 21.- Método de detección de gases según la reivindicación 19 o 20, caracterizado por que comprende adicionalmente comparar píxel a píxel la temperatura de las dos imágenes co-registradas sin procesar y determinar si la diferencia de temperatura entre pares de píxeles de las dos imágenes supera un umbral predefinido, en donde valores por encima o por debajo de un umbral de diferencia de temperatura indican la presencia de gas.

35

22.- Método de detección de gases según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 21, caracterizado por que comprende adicionalmente la siguiente etapa:

(s4) amplificar el contraste en la imagen resultante de sustraer el fondo de la imagen capturada por el detector de imagen.

5

23.- Método de detección de gases según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 22, caracterizado por que comprende obtener el fondo como la media móvil generada con imágenes correspondientes a n instantes anteriores a la captura de la imagen.

10 24.- Método de detección de gases según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 23, caracterizado por que comprende activar una alarma en caso de detección de presencia de gas.

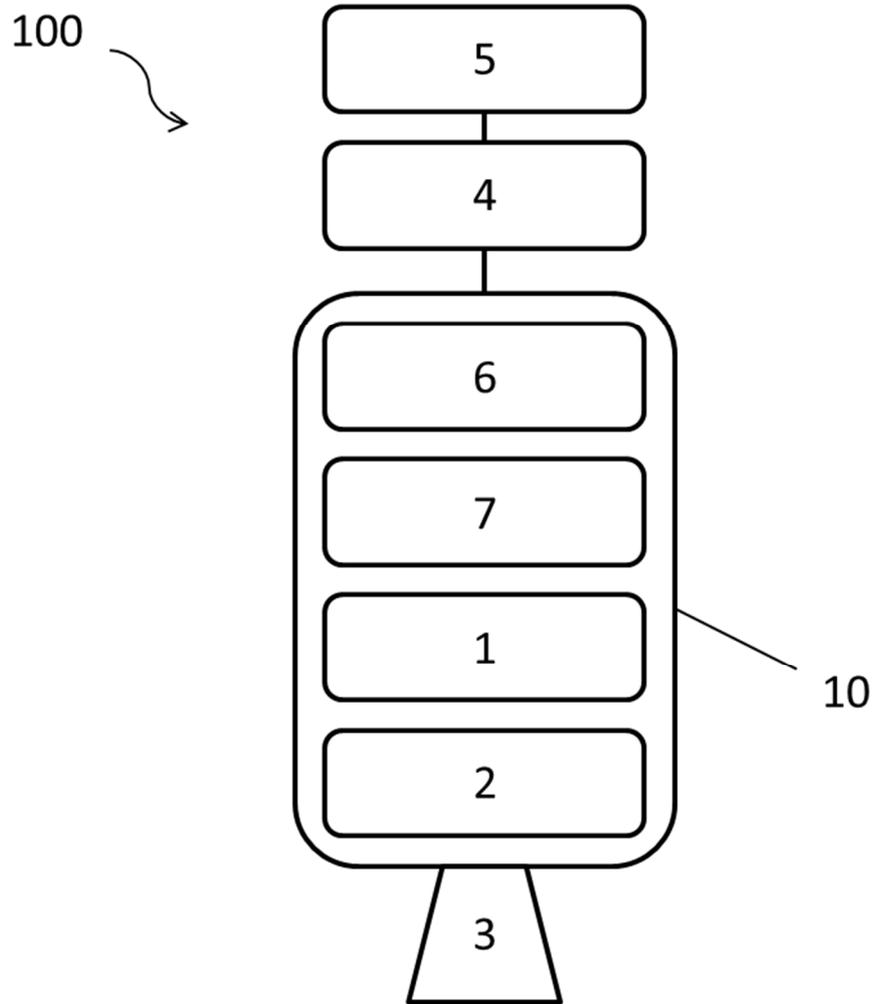


FIG. 1

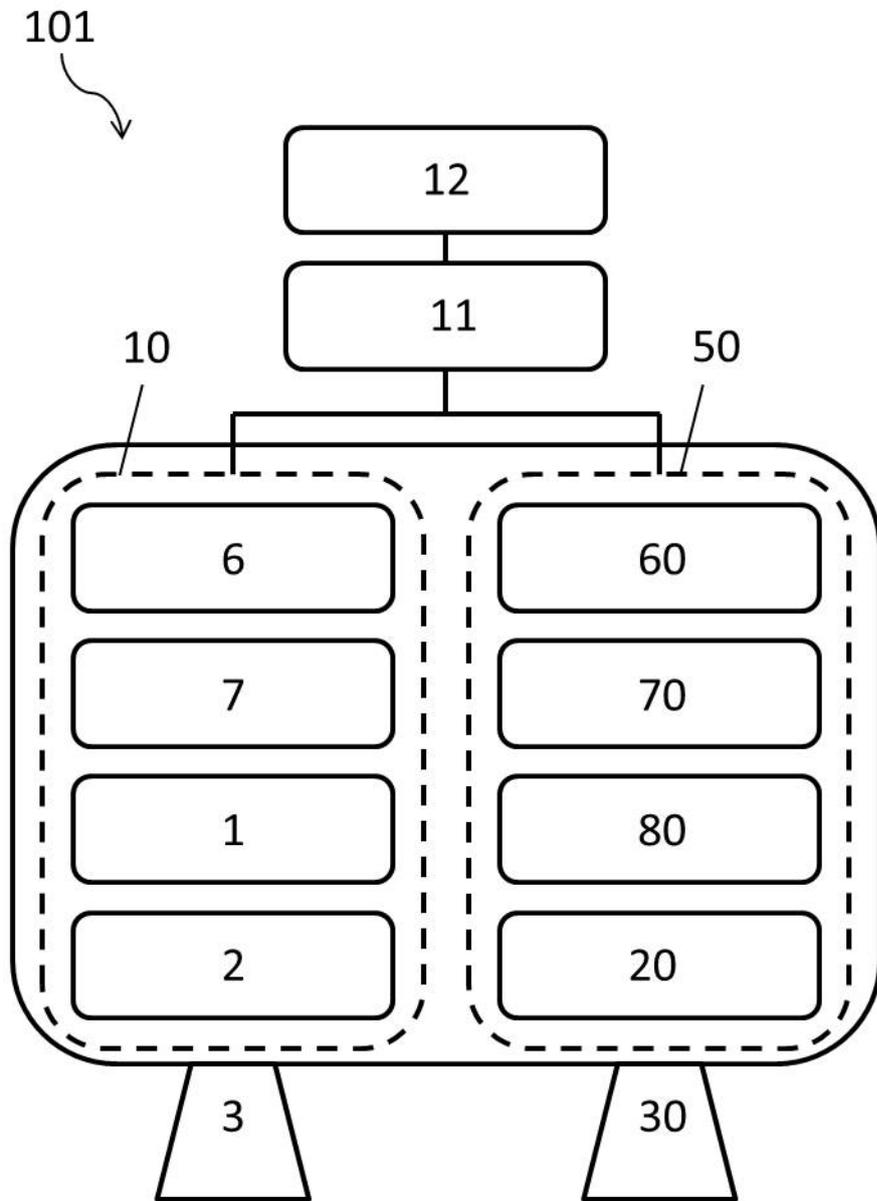


FIG. 2

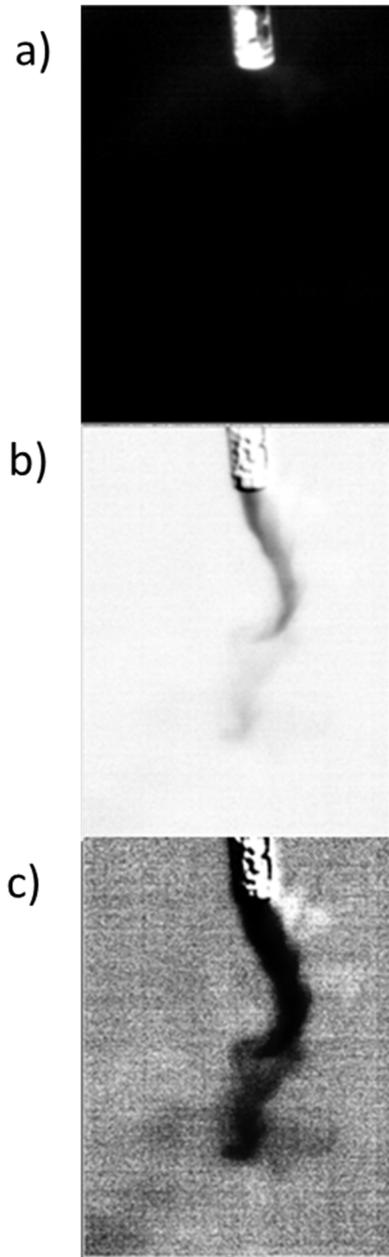


FIG. 3



- ②① N.º solicitud: 201731398
②② Fecha de presentación de la solicitud: 12.12.2017
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2008251724 A1 (BALIGA et al.) 16/10/2008, Resumen; figuras 1 - 6. párrafos [12 - 36];	1-7,15,16,18,22,24
Y		8-14, 17,19-21,23
A	VARIOS AUTORES. Histogram equalization. Wikipedia, 31/10/2017 [en línea] [Recuperado el 10/09/2018]. Recuperado de Internet <URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Histogram_equalization&oldid=808083821 >	2,3
Y	US 2016097713 A1 (KESTER et al.) 07/04/2016, Resumen; párrafos [3 - 6]; párrafos [45 - 170]; figuras 1 - 17.	8-14, 17, 19-21, 23
A	VARIOS AUTORES. Data binning. Wikipedia, 16/03/2017 [en línea] [Recuperado el 10/09/2018]. Recuperado de Internet <URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Data_binning&oldid=770641856 >	10, 20
A	CRASTES, A. et al. Uncooled infrared detector designed for gas detection and high temperature measurements. AMA Conferences 2013 - Proceedings IRS 2013, 16/05/2013, Páginas 20-23 [en línea] [Recuperado el 05/09/2018]. Recuperado de Internet <URL: https://www.ama-science.org/proceedings/details/1409 >, <DOI: 10.5162/irs2013/i1.3>	10, 20
Y	US 2016238451 A1 (ZENG) 18/08/2016, Resumen; párrafos [31 - 58]; figuras 1 - 6.	12, 13, 21

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
11.09.2018

Examinador
A. Figuera González

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G01N21/3504 (2014.01)

G01J3/30 (2006.01)

G01J5/06 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01N, G01J

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, TXTE, COMPENDEX, INSPEC, XPAIP, XPESP, XPI3E, XPIEE, Internet