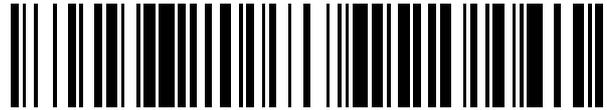


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 750**

51 Int. Cl.:

G01J 5/22 (2006.01)

H01L 27/146 (2006.01)

H04N 5/33 (2006.01)

G08B 13/193 (2006.01)

G08B 17/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2006 E 06752596 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.01.2015 EP 1856678**

54 Título: **Sensor de seguridad infrarrojo con microbolómetro**

30 Prioridad:

25.02.2005 AU 2005900891

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

28.05.2015

73 Titular/es:

**LIDDIARD, KEVIN (100.0%)
18 FERRIER AVENUE
FAIRVIEW PARK, SA 5126, AU**

72 Inventor/es:

LIDDIARD, KEVIN

74 Agente/Representante:

TRIGO PECES, José Ramón

ES 2 536 750 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

Sensor de seguridad infrarrojo con microbolómetro.

5 Sector de la técnica

10 [0001] La presente invención se refiere a un sensor de seguridad infrarrojo, que incluye una matriz de plano focal (FPA) de detectores infrarrojos con microbolómetro resistivo conectados de manera que produzcan diferentes formatos de píxeles para cumplir requisitos de detección específicos. La FPA puede estar integrada en un microcircuito de lectura (ROIC) en un mismo sustrato para que con el procesado de señal adecuado y lentes de bajo coste se pueda formar una imagen del campo de visión deseado, facilitando el reconocimiento del blanco y con un índice muy bajo de falsas alarmas.

15 [0002] Normalmente cada pixel de representación óptica puede ser un mosaico que comprende un número de sub-píxeles conectados en paralelo (aunque son posibles otras configuraciones), con el resultado de un funcionamiento mejorado y facilidad de fabricación por métodos de micro-fabricación. La disposición de dicha matriz de plano focal con píxeles en mosaico será referida en lo sucesivo como MP-FPA.

20 [0003] La presente invención también se refiere a un método para formular dicho sensor infrarrojo utilizando no sólo arquitectura novedosa sino también técnicas y materiales de fabricación novedosos.

Estado de la técnica

25 [0004] Existen muchas aplicaciones potenciales para los sensores infrarrojos (IR) de alto rendimiento en el campo de la seguridad y otras áreas relacionadas del mercado militar, industrial y doméstico. Los sensores actuales o bien son demasiado caros para un amplio uso a gran escala en este segmento del mercado, o bien tienen un funcionamiento inadecuado. El sensor infrarrojo pasivo (PIR) normal utilizado ampliamente en sistemas de seguridad es incapaz de producir imágenes y produce una simple detección de un objeto en movimiento. Estos sensores no pueden detectar objetos inmóviles, o discriminar claramente entre un humano y otro objetivo, y están sujetos a falsas alarmas. Hasta
30 la fecha no existen sensores de seguridad IR conocidos por el inventor que faciliten la detección y reconocimiento de blancos de interés con un mínimo de falsas alarmas y a un coste asequible aceptables para este segmento de mercado. En particular no existen sensores de seguridad IR asequibles conocidos que sean capaces de detectar objetivos inmóviles u objetivos en los que la temperatura cambie lentamente.

35 [0005] En "Matriz de plano focal con microbolómetro infrarrojo no refrigerado de bajo coste que utiliza la Capa N-Well CMOS", de Tezcan et al., 14ª Conferencia IEEE Internacional de Sistemas Microelectromecánicos (MEMS 2001), págs. 566-569, se describe un método de fabricación de un microbolómetro. La estructura n-well suspendida se obtiene por simple ataque en profundidad de las matrices CMOS, mientras la zona n-well es protegida del ataque mediante la técnica de bloqueo electroquímico en una solución TMAH. Las conexiones eléctricas con la estructura n-well suspendida se obtienen mediante capa de interconexión de polisilicona en lugar de aluminio para aumentar el aislamiento térmico del pixel en un orden de magnitud. Se llegó a la conclusión de que el microbolómetro n-well CMOS era un método rentable para producir grandes matrices de plano focal para aplicaciones de imágenes en infrarrojo de bajo coste.

45 [0006] US-B-6465785 describe una matriz de plano focal con microbolómetro que está provista de al menos un detector. Una relación característica es derivada empíricamente para determinar un valor de resistencia corregido para cada detector de la matriz de plano focal con microbolómetro en respuesta a la radiación desde la escena del blanco como función del correspondiente valor de resistencia del detector, el valor de resistencia del detector con microbolómetro térmicamente cortocircuitado y la relación característica empíricamente derivada.

50 [0007] WO-A-00/75616 describe una estructura de pixel que tiene un bolómetro dispuesto sobre el sustrato que incluye un transductor y un amortiguador que han sido distanciados entre sí y del sustrato para permitir que el transductor y el colector estén optimizados por separado. El colector está en contacto térmico con el transductor a través de una patilla térmicamente conductora que se extiende del transductor al colector. Además de la estructura de píxeles, se ha provisto un método para fabricar una estructura de píxeles que tenga un bolómetro en el que el transductor y el colector están separados.

55 [0008] US-A-5629676 describe un sistema de alarma para detectar intrusiones en una zona protegida en virtud de un cambio en la energía infrarroja detectada en un nivel medioambiental y por generar una señal de alarma como respuesta. El sistema incluye un primer montaje compuesto de un elemento sensor infrarrojo pasivo (PIR) para generar una señal de contraste representativa de desviación en la energía infrarroja detectada, un segundo montaje para generar una señal de temperatura ambiente, un amplificador para ampliar la señal de contraste y un procesador para generar un umbral como función de la temperatura ambiente. La amplificación y el umbral se definen para generar una condición de disparo de la alarma y un activador de alarma responde a la condición de disparo de
60 alarma para activar una señal de alarma.

[0009] US-B-6198098 describe una microestructura para un bolómetro de alta sensibilidad y detectividad infrarroja que comprende una microestructura de puente ondulada que proporciona una gran superficie, baja reflexión infrarroja y gran absorción infrarroja para aumentar la sensibilidad y la detectividad.

5 [0010] Un objeto de la presente invención es superar los problemas mencionados y proporcionar al público una alternativa útil y más eficiente a los actuales sensores PIR.

10 [0011] Por consiguiente la presente invención proporciona sensores que facilitan la detección y reconocimiento de blancos que pueden ser animados, como seres humanos, o inanimados, como una zona caliente en el campo de visión que puede, por ejemplo, indicar las etapas tempranas de un incendio.

15 [0012] Otro objeto de la presente invención es proporcionar sensores que mejoren la actual capacidad de detectar blancos que se aproximan al sensor (que a menudo no son detectados por los actuales sensores PIR), y lentos aumentos de temperatura relacionados con, por ejemplo, fallos en equipos eléctricos o el inicio de un incendio.

Descripción breve de la invención

20 [0013] Por lo tanto en una de las formas de la invención, aunque no tiene que ser la única ni la más amplia, se propone un sensor de seguridad infrarrojo pasivo que comprende: una matriz de plano focal (FPA) que incluye una pluralidad de píxeles de representación de imágenes, de manera que cada uno de dichos píxeles de representación de imágenes incluye un mosaico de sub-píxeles que están eléctricamente interconectados en el plano focal para formar una red de resistencias, estando dispuesto el mosaico de sub-píxeles para formar una matriz de plano focal de píxeles en mosaico (MP-FPA) y siendo cada dicho sub-píxel un detector infrarrojo con microbolómetro resistivo;
25 un medio de lectura de señal;
una lente de transmisión infrarroja;
un medio de procesamiento de señal; y
un medio de visualización.

30 [0014] La matriz de plano focal está montada en un paquete al vacío o lleno de gas dotado de una ventana o lente de transmisión infrarroja y los componentes del sensor se eligen tal como se describe aquí para alcanzar una mayor eficacia y mayor capacidad en comparación con los actuales sensores PIR.

35 [0015] De manera preferente, una pluralidad de matrices puede ser fabricada sobre el mismo sustrato por una generación de patrones por incremento y repetición.

[0016] De manera preferente, dicho sensor también incluye un medio de almacenamiento para guardar señales medidas por la matriz.

40 [0017] De manera preferente, al menos algunos de los detectores infrarrojos con microbolómetro están conectados entre sí en paralelo.

[0018] De manera preferente, al menos algunos de los detectores infrarrojos con microbolómetro están conectados entre sí en serie.

45 [0019] De manera preferente, el procesador de señales proporciona el número, tamaño, forma, velocidad y dirección de movimiento de los blancos detectados y una alarma registrada según umbrales preestablecidos.

50 [0020] De manera preferente, dicho sensor de seguridad infrarrojo incluye un visualizador de imágenes que permite visualizar la imagen detectada.

[0021] De manera preferente, dicho sensor de seguridad infrarrojo incluye una matriz de sub-píxeles, detectores con microbolómetro, comprendiendo cada pixel de la matriz de plano focal un número N de sub-píxeles, donde N puede tomar un valor de hasta un número determinado según el rendimiento deseado.

55 [0022] De manera preferente, la matriz de plano focal se forma sobre un CMOS o circuito integrado de transistor de película fina (TFT).

60 [0023] De manera preferente, el detector infrarrojo con microbolómetro comprende material termosensible seleccionado entre, pero no limitado a, un silicio nanocristalino o amorfo dopado o no dopado o aleación de silicio.

[0024] De manera preferente, dicho sensor de seguridad infrarrojo proporciona un aumento de la tensión de polarización de pixel y reducción del ruido $1/f$ y de ruido Johnson.

65 [0025] De manera preferente, dicho sensor de seguridad infrarrojo utiliza un material de microbolómetro que tiene mayor coeficiente de temperatura de resistencia.

[0026] De manera preferente, dicho sensor de seguridad infrarrojo incluye además un medio de almacenamiento para guardar señales de la matriz.

[0027] De manera preferente, el sistema óptico es una lente Fresnel de uno o varios elementos o una lente de vidrio de germanio o calcógeno con geometría de superficie esférica o binaria.

[0028] De manera preferente, en el mismo paquete se incluye una pluralidad de matrices de plano focal de diferentes formatos de píxeles para proporcionar mayor resolución óptica en algunos sectores del campo de visión o ampliar el campo de visión.

[0029] De manera preferente, dicho sensor de seguridad infrarrojo permite el reconocimiento de blancos.

[0030] De manera preferente, dicho sensor de seguridad infrarrojo permite la detección de un incendio en desarrollo o el sobrecalentamiento de aparatos eléctricos.

[0031] De manera preferente, el visualizador de salida se controla localmente o a distancia a través de la línea telefónica o por enlace radioeléctrico a una base de control.

[0032] En otra forma de la invención se propone un método de detectar una señal infrarroja utilizando un aparato tal como se define en cualquiera de las reivindicaciones y que comprende el paso de desenfocar o promediar la salida de señales de píxeles adyacentes.

Descripción breve de las figuras

[0033] Los dibujos adjuntos, que forman parte integrante de esta especificación, representan varias implementaciones de la invención y junto con la descripción sirven para explicar las ventajas y principios de la invención. En los dibujos:

La Figura 1 es una representación esquemática de una matriz de imágenes en un modo de realización de la presente invención e ilustra una MP-FPA generadora de imágenes en la que cada pixel comprende una matriz de sub-píxeles, siendo cada sub-píxel un elemento detector individual;

La Figura 2 ilustra cómo pueden estar conectados grupos de sub-píxeles para formar píxeles de representación óptica;

La Figura 3 es un diagrama esquemático de un elemento detector de sub-píxeles individual; y

La Figura 4 es un ejemplo típico de cómo un pixel puede estar eléctricamente conectado y ser leído desde la FPA.

Descripción detallada de la invención

[0034] La siguiente descripción detallada de la invención se refiere a los dibujos que se adjuntan. Aunque la descripción incluye modos de realización ejemplares, son posibles otros modos de realización y se pueden introducir cambios en los modos de realización sin que se altere la esencia y alcance de la invención. Siempre que sea posible, se utilizarán los mismos números de referencia en todos los dibujos y en la siguiente descripción para hacer referencias a las mismas partes.

[0035] En la Figura 1 se ilustra una MP-FPA 1 en planta y en vista transversal comprendiendo una matriz de píxeles 4x4. Cada pixel comprende una matriz de sub-píxeles 2, siendo cada sub-píxel 2 un detector IR funcional 3, ilustrado en transversal. En este ejemplo hay sub-píxeles 4x4,

[0036] La MF-FPA está formada sobre e integrada con un ROIC 4 y montada en un paquete 5. El paquete 5 tiene una ventana transmisora 6 y está acoplada a la lente IR 7. En algunos casos, la lente 7 puede acoplarse directamente al paquete 5 de modo que la ventana 6 no es necesaria. La MF-FPA 1 puede ser empaquetada a presión atmosférica en un gas de relleno adecuado como nitrógeno o xenón utilizando empaquetado simplificado. Cuando se requiere mayor rendimiento, puede ser embalada al vacío utilizando "Wafer Level Packaging".

[0037] Normalmente un número de FPAs será fabricado al mismo tiempo en un solo sustrato. Diferentes formatos de matrices también pueden ser fabricados en el mismo sustrato. En particular, es ventajoso fabricar matrices con diferentes números de píxeles de representación óptica, pero con el mismo número de sub-píxeles, variando los primeros sólo en la manera en que los sub-píxeles están interconectados.

[0038] Por ejemplo, una FPA de formato genérico 160x120 podría tener 160x120 píxeles, comprendiendo cada pixel un único detector; o alternativamente 40x30 píxeles, comprendiendo cada pixel detectores de sub-píxel 4x4.

[0039] En algunas aplicaciones puede ser deseable incluir dos o más matrices de formato de píxeles idéntico o diferente en el mismo sensor, a fin de incrementar el campo global de visión o tener mayor resolución en algunos sectores. Estas multi-matrices pueden ser cortadas de la misma oblea.

[0040] La lente 7 es típicamente una lente Fresnel de plástico de uno o varios elementos u otra lente de plástico o una lente única de vidrio de germanio, silicio o calcógeno, con geometría de superficie esférica/binaria. La lente puede ser plano-convexa, diseñada con una distancia focal posterior corta para permitir su montaje directamente sobre el conjunto FPA.

[0041] El formato de pixel real de una FPA depende de la aplicación específica. El tamaño y número de píxeles de representación óptica será determinado, respectivamente, por el tamaño y distancia del blanco y del campo global de visión deseado.

[0042] Por ejemplo, si se desea detectar un blanco de dimensiones 1 m x 1m a una distancia de 100 m, entonces para una lente de distancia focal 20mm el tamaño de pixel necesario es 200µm x 200µm. Para la matriz de la Figura 1, el tamaño de sub-pixel sería 50µm x 50µm. El campo de visión global sería 4 m x 4 m a una distancia de 100 metros o un campo angular de aproximadamente 2,3 grados. En la práctica habría muchos más píxeles en la matriz a fin de lograr un campo de visión adecuadamente grande.

[0043] La Figura 2 representa una vista en planta de cómo pueden interconectarse los sub-píxeles, aunque son posibles otras disposiciones. Siguiendo con el ejemplo de matriz 4x4 de la Figura 1, los raíles de interconexión eléctrica de película fina 8, 9 y 10 están desviados en potencial positivo y los raíles 11 y 12 en potencial negativo (tierra). En cada uno de los dieciséis detectores de sub-píxeles, electrodos de contacto 13 conectan el cuerpo del detector 15 a los raíles de interconexión 8, 9 y 10 y electrodos de contacto 14 conecta el cuerpo del detector a los raíles de interconexión 11 y 12; por lo tanto, eléctricamente los detectores están cableados en paralelo. Toda la estructura está soportada sobre el ROIC por columnas conductoras de electricidad 16. Con este formato de diseño específico es posible lograr un alto factor de relleno, maximizando por lo tanto la superficie de absorción IR.

[0044] Es importante observar que si hay un fallo en uno de los sub-píxeles, el pixel seguirá siendo funcional. Esta redundancia de funcionamiento es una importante característica de la invención y tiene un impacto significativo en el rendimiento del proceso, y por tanto en el coste de producción.

[0045] Otra ventaja de utilizar una red paralela es que la resistencia eléctrica de los píxeles es mucho menor que la resistencia de los sub-píxeles, lo cual permite que la resistencia de los píxeles se ajuste mejor a la entrada de ROIC aunque se utilice un material detector de más alta resistividad y por lo tanto un Coeficiente de Temperatura de Resistencia (TCR) más alto. Ver también comentario siguiente a la ecuación (2).

[0046] La red de resistencia no está, sin embargo, limitada a la conexión en paralelo. Opcionalmente, puede ser aconsejable emplear una red en serie, por ejemplo, para aumentar la resistencia cuando se emplea material detector de alta conductividad; y la mejor solución en diseños FPA específicos puede ser una red en serie-paralelo.

[0047] La Figura 3 ilustra un esquema transversal de un detector de sub-píxeles. El cuerpo del detector 3 está soportado sobre columnas conductoras 16, encima del ROIC 4 asociado. El cuerpo 3 está compuesto de un reflector de metal fino 17, sobre el que se deposita una capa aislante 18. Dos electrodos de contacto metálicos 13 y 14 hacen contacto eléctrico con una capa termo-sensible semiconductor de película fina 19. La estructura también incluye un segundo aislante 20 y una película de metal superior fina 21. Las columnas conductoras 16 hacen contacto con el ROIC 4 a través de tapones metálicos 22. El 'apilamiento del detector' que comprende reflector aislador-semiconductor-aislador-metal superior, forma una cavidad óptica integral ajustada por una máxima absorción de IR a una longitud de onda de 10 µm.

[0048] El cuerpo del detector está formado por técnicas de micro-ingeniería (MEMS) sobre una capa de protección de poliimida (no mostrada), que es retirada posteriormente por ataque con plasma.

[0049] De manera preferente, la capa semiconductor es una aleación de silicio amorfo o silicio amorfo hidrogenado dopado, las dos capas aislantes son de nitruro de silicio y los contactos metálicos (que también forman el trayecto de pérdida térmica del cuerpo detector al disipador de calor) son de aleación 60:40 Ni-Cr (nicromo) o titanio. El reflector es de aluminio. Las columnas metálicas son de aluminio o de una metalización doble Ti:Pt. El metal superior es de nicromo, titanio o platino. Estas capas se depositan mediante deposición química de vapor mejorada por plasma (PECVD) o deposición física de vapor (PVD). Las capas son estampadas por microlitografía convencional y grabación en seco.

[0050] El silicio amorfo y sus aleaciones pueden ser modificados para mejorar favorablemente el rendimiento en aplicaciones de sensores de seguridad, variando, por ejemplo, la conductividad eléctrica. La aleación silicio amorfo-hidrógeno (a-Si:H) puede ser dopada para aumentar la conductividad permitiendo obtener la resistencia eléctrica deseada. Existe un límite a la conductividad que se puede obtener de esta manera, pero se puede aumentar la

conductividad formando una aleación de silicio con fósforo o boro, donde estos elementos están aleados en lugar de actuar como dopantes. Otras aleaciones con silicio incluyen estaño, antimonio, indio, germanio y galio.

5 [0051] Otra opción es depositar una capa a-Si:H dopada o no dopada de manera que aumente el tamaño del cristal, con lo que obtiene mayor conductividad. En esta forma, el material es normalmente llamado silicio nanocristalino o microcristalino.

10 [0052] Existen dos razones principales para buscar un material semiconductor de mayor conductividad: para reducir la resistencia eléctrica de los bolómetros para que se ajusten mejor al circuito de lectura y para reducir el ruido eléctrico, consiguiendo por lo tanto un mayor rendimiento de detección.

15 [0053] La Figura 4 ilustra electrónicamente cómo pueden estar conectados sub-píxeles del detector para formar un píxel de representación óptica. En la configuración preferente, los detectores estarán conectados en paralelo. El resultado es la reducción de ruido electrónico mientras se conserva una gran superficie absorbente. Continuando con el mismo ejemplo de la Figura 1, los detectores de sub-píxeles 16, están mostrados en conexión paralela, y están cableados en serie con una resistencia de polarización, Rload. La tensión de polarización se aplica cuando el conmutador S1 está cerrado. La red de resistencias en paralelo está conectada a través de una capacitancia C de bloqueo CC a un amplificador de ruido bajo y circuito de acondicionamiento de señal, etiquetado en Amp, y la señal es leída por el conmutador S2 y digitalizada. La polarización puede ser corriente continua, corriente alterna o impulsos. Se entiende que la Figura 4 describe una configuración electrónica genérica en la que es posible hacer una serie de variaciones.

20 [0054] La FPA se emplea junto con un Procesador de Señal Digital (DSP) para producir la forma deseada de salida del sensor. En un modo de realización preferente, las señales de fondo ambientales quedarán integradas y almacenadas, y se registrará una alarma de detección cuando la señal de uno o más píxeles supere un umbral preestablecido sobre el ambiente. Esto puede llevarse a cabo mediante detección síncrona, pero otros métodos resultarán evidentes para los especialistas en la materia. Al mismo tiempo, la salida puede visualizarse como imagen, permitiendo el reconocimiento visual del blanco. De manera preferente, se incorporará al DSP un algoritmo de procesamiento de señal, mediante el que se analizarán el tamaño, la forma y dirección de movimiento a efectos de reconocimiento del blanco; y de manera preferente el número de blancos en el campo de visión será contado y registrado.

25 [0055] Los observadores de sensores IR pueden no desear ver imágenes pixeladas. La calidad de la imagen puede ser mejorada eliminando frecuencias espaciales altas, desenfocando ligeramente la óptica o promediando la salida de píxeles adyacentes.

30 [0056] En una instalación de sensores práctica, el sensor IR puede emplearse junto con un CMOS de longitud de onda visible o cámara CCD CCTV para funcionamiento de día y de noche. Durante el funcionamiento nocturno, el sensor IR puede disparar una fuente de iluminación para un examen de mayor resolución con la cámara diurna. El sensor IR puede utilizarse en una instalación fija para controlar un campo específico como un muro, acceso, sendero, puerta o escaparate; pero en aplicaciones en las que se requiere un campo de visión más amplio, el sensor puede estar instalado en un mecanismo PTZ.

35 [0057] El sensor IR también puede ser acoplado a un dispositivo de almacenaje de datos. Ello permitiría a un usuario examinar los datos, como una imagen, en el dispositivo una vez ocurrido el evento. En el caso de que del sensor detecte una intrusión en una zona, el operador puede revisar los datos para determinar la naturaleza de la intrusión, por ejemplo, si se trata de una persona o de un animal.

40 [0058] Debe entenderse que los datos del sensor se pueden observar localmente, en las cercanías del sensor o en una estación de control remoto conectada al sensor vía teléfono o enlace óptico o radioenlace.

45 [0059] A fin de comprender mejor el funcionamiento y ventajas de esta invención, hay que tener en cuenta que para la banda de onda espectral 8 a 13 μm el factor de mérito normalmente utilizado, la Diferencia de Temperatura Equivalente de Ruido (NETD) viene dado por:

55

$$NETD = 1.57 \times 10^4 \frac{V_n T_{no}^2}{R A_d} \quad (1)$$

60 Donde Vn es el ruido total electrónico, Tno es el número T del sistema óptico (T/no), R es la responsividad radiante, y Ad es la superficie que recibe radiación del píxel. NETD debe ser lo menor posible, así que está claro que el ruido y Tno debe ser también lo menor posible, mientras que la responsividad y superficie receptora deben ser lo más grandes posible. El Tno se suele elegir para que sea ~ 1.0 por razones ópticas, y la superficie se determina por el requisito de apreciar el blanco a la distancia de detección deseada.

[0060] Para sensores de seguridad de corto alcance, se puede hacer un compromiso entre resolución angular y capacidad de detección, haciendo la superficie lo más grande posible manteniendo la resolución deseada. La superficie se encuentra normalmente en la gama 0,01 a 1.0 mm².

5 [0061] La responsividad de baja frecuencia, expresada en voltios por vatios, viene dada por:

$$\mathfrak{R} = \frac{BV\alpha\varepsilon}{G} \quad (2)$$

10 donde B es un factor de montaje en puente, V es la tensión de polarización, α es el TCR del material detector termosensible, ε es la emisividad del detector (igual a absorbencia), y G es la conductancia térmica que define la pérdida de calor entre detectores y el entorno cercano.

15 [0062] Normalmente se diseña los detectores de sub-píxeles para optimizar los valores de B, V y G. El valor de ε está determinado por el diseño de la cavidad óptica del detector, y por lo general es del orden 0,8. Hay que tener en cuenta que el calentamiento óhmico limita por lo general el valor de V, pero dado que la resistencia eléctrica de sub-píxeles individuales puede ser bastante alta, se puede utilizar una tensión de polarización más alta en comparación con otras tecnologías de matrices. Además, como se ve más arriba, el uso de un mosaico de sub-píxeles proporciona un medio de emplear un material detector con un valor de α más alto. Por lo tanto es posible mejorar la responsividad en el diseño del sensor descrito en esta especificación.

20 [0063] Uno de los objetivos primarios de esta invención es minimizar el ruido eléctrico, V_n en la ecuación (1), sustituyendo un píxel mono-detector por un mosaico de sub-píxeles. El rendimiento final de los detectores de bolómetro viene dado por el ruido de fluctuación térmica; sin embargo, las fuentes de ruido dominantes son por lo general ruido de Johnson y ruido de corriente (1/f). Puede haber otras fuentes de ruido menores como ruido de granalla, pero a efectos de esta especificación el ruido total viene dado por:

$$V_n = \sqrt{(V_j^2 + V_{1/f}^2) \Delta f} \quad (3)$$

30 donde V_j es ruido de Johnson y $V_{1/f}$ es ruido de corriente, ambos expresados en unidades de $V/\sqrt{\text{Hz}}$, y Δf es el ancho de banda del ruido (Hz).

35 [0064] Si la resistencia eléctrica, R, de un píxel mono-detector es, por ejemplo, la misma que la de cada N sub-píxeles, entonces la resistencia del píxel compuesto, cuando los sub-píxeles están conectados en paralelo, es R/N, y el ruido de Johnson se reduce en $1/\sqrt{N}$. Por lo tanto en las Figuras 1 y 2, la resistencia del píxel compuesto será de 1/16 de un píxel mono-detector, y el ruido de Johnson se reducirá en un factor de 4.

40 [0065] En el caso del ruido de corriente, según la conocida relación Hooge, el ruido depende de la resistividad eléctrica y volumen del componente termosensible, reduciéndose en la raíz cuadrada de la resistividad y la raíz cuadrada inversa del volumen. Para un material dado, el volumen debería ser por lo tanto lo más grande posible. Puede demostrarse que el ruido 1/f del mosaico de sub-píxeles es $1/\sqrt{N}$ del de un sub-píxel individual y el mismo que el de un píxel mono-detector que tenga el mismo espesor y superficie de un semiconductor.

45 [0066] Por lo tanto para una zona de píxeles dada, el uso del diseño MP-FPA tiene como resultado una reducción sustancial del ruido electrónico, en comparación con la de un píxel mono-detector de igual área, o que la de un detector de sub-píxeles. Además, el ruido electrónico puede reducirse más utilizando material semiconductor de menor resistividad eléctrica (mayor conductividad), como se describe más arriba. El resultado es una menor resistencia, y por lo tanto un menor ruido de Johnson, y menor ruido 1/f como consecuencia de la relación de Hooge.

50 [0067] El ancho de banda del ruido será determinado por muestreo (tiempo de integración) por píxel, lo cual a su vez depende del número de píxeles y de la duración del intervalo de recurrencia. Por lo tanto otra ventaja más de un sensor de seguridad IR, en el que un campo de visión óptico dado es representado por menos píxeles y más grandes en lugar de reproductores de imágenes de alta resolución, es un ancho de banda del ruido reducido, y por lo tanto un ruido global más bajo.

55 [0068] El funcionamiento mejorado provisto por un aumento de la responsividad, menor ruido y mayor superficie de píxeles es una característica de esta invención y en algunas aplicaciones permite conseguir el rendimiento especificado sin evacuación, ofreciendo por lo tanto el potencial de utilizar paquetes rellenos de gas de bajo coste o lentes de plástico baratas.

60 [0069] De hecho, el rendimiento detector y la resolución espacial de un sensor relleno de gas con lente de plástico son infinitamente superiores a los de los actuales sensores de seguridad PIR, ofreciendo mayor rendimiento a un

coste similar. Además, el mismo MF-FPA embalado al vacío y utilizado con una lente de germanio o calcógeno de buena calidad es capaz de una NETD significativamente menor en comparación con reproductores de imágenes con microbolómetro IR con FPA convencional.

5 [0070] La velocidad térmica de respuesta de un detector con bolómetro es la relación de capacitancia térmica con la conductancia térmica. Se puede demostrar fácilmente que el tiempo de respuesta del mosaico de sub-píxeles conectados en paralelo es similar al de un detector de un solo elemento del mismo tamaño de píxeles.

10 [0071] El bolómetro que aparece en la Figura 3 es un microbolómetro resistivo convencional. En un modo de realización alternativo el mosaico de sub-píxeles puede estar formado con microbolómetros activos que funcionan como un transistor orgánico de película fina (TFT), en el que el componente resistivo sensible a la temperatura es la resistencia del canal del transistor. Sub-píxeles y componentes de lectura pueden ser ventajosamente fabricados con la misma tecnología TFT en silicio, vidrio u otro sustrato adecuado, proporcionando un importante ahorro en el coste de fabricación. El elemento detector y componentes de lectura pueden ser opcionalmente fabricados como JFET de película fina y/o diodos p-i-n.

15 [0072] En resumen, la presente invención ofrece una serie de ventajas sobre la tecnología de sensores de seguridad existentes incluyendo aunque no de manera exhaustiva:

- 20 a. ajustar el tamaño, forma, velocidad y dirección de movimiento del blanco
- b. provisión de una capacidad de visualización.
- 25 c. reconocimiento del blanco
- d. índice muy bajo de falsas alarmas
- e. detección de blancos inmóviles y en movimiento de aproximación
- 30 f. detección de blancos que se enfrían o se calientan lentamente
- g. redundancia de la matriz y bajo índice de fallos
- 35 h. novedoso coste de fabricación bajo

[0073] Estas ventajas pueden lograrse con un funcionamiento detector superior y mayor resolución espacial en comparación con los sensores de seguridad PIR existentes, definiendo efectivamente una nueva generación de sensores.

40 [0074] Se pueden introducir más ventajas y mejoras en la presente invención, sin desviarse de su alcance. Aunque la invención se ha mostrado y descrito de la forma de realización que se considera más práctica y preferente, se reconoce que se pueden realizar otras interpretaciones dentro del alcance de la invención, que no debe limitarse a los detalles aquí descritos sino que puede desarrollarse según el pleno alcance de las reivindicaciones para incluir todos los dispositivos y aparatos equivalentes.

45 [0075] En las reivindicaciones que siguen y en el resumen de la invención, excepto cuando el contexto exija lo contrario debido al lenguaje expreso o implicación necesaria, la palabra "comprendiendo" se utiliza en el sentido de "incluyendo", es decir, las características especificadas pueden estar asociadas a otras características en diversos modos de realización de la invención.

50

REIVINDICACIONES

1. Sensor de seguridad infrarrojo pasivo que comprende:

5 una matriz de plano focal (FPA) que incluye una pluralidad de píxeles de imagen, de manera que cada uno de dichos píxeles de imagen incluye un mosaico de sub-píxeles (2) que están eléctricamente interconectados en el plano focal formando una red de resistencias, estando dispuesto el mosaico de sub-píxeles formando una matriz de plano focal de píxeles en mosaico (MP-FPA) (1) y siendo cada dicho sub-píxel (2) un detector infrarrojo con microbolómetro resistivo (3);
 10 un medio de lectura de señales;
 una lente transmisora infrarroja (7);
 un medio de procesamiento de señales; y
 un medio de visualización.

15 2. Sensor de seguridad infrarrojo según la reivindicación 1, donde al menos algunos de los detectores infrarrojos con microbolómetro (3) están conectados entre sí en paralelo.

3. Sensor de seguridad infrarrojo según la reivindicación 1, donde al menos algunos de los detectores infrarrojos con microbolómetro (3) están conectados entre sí en serie.

20 4. Sensor infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde una pluralidad de matrices de plano focal de diferentes formatos de píxeles están incluidas en un paquete (5) para proporcionar mayor resolución óptica en algunos sectores del campo de visión o ampliar el campo de visión.

25 5. Sensor de seguridad infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la matriz de plano focal se forma sobre un CMOS o circuito integrado de transistor de película fina (TFT).

6. Sensor de seguridad infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la matriz de plano focal está montada en un paquete (5) al vacío o lleno de gas dotado de una ventana o lente de transmisión infrarroja (7).

30 7. Sensor de seguridad infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde una pluralidad de matrices puede ser fabricada en el mismo sustrato por generación de patrones por incremento y repetición.

35 8. Sensor de seguridad infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, incluyendo además un medio de almacenamiento para guardar señales medidas por la matriz.

9. Sensor de seguridad infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el procesador de señales proporciona el número, tamaño, forma, velocidad y dirección de movimiento de los blancos detectados y una alarma registrada según umbrales preestablecidos.

40 10. Sensor de seguridad infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, incluyendo además un visualizador de imágenes que permite visualizar la imagen detectada.

45 11. Sensor de seguridad infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el detector infrarrojo con microbolómetro comprende material termosensible (19) seleccionado entre un silicio nanocristalino o amorfo dopado o no dopado o una aleación de silicio.

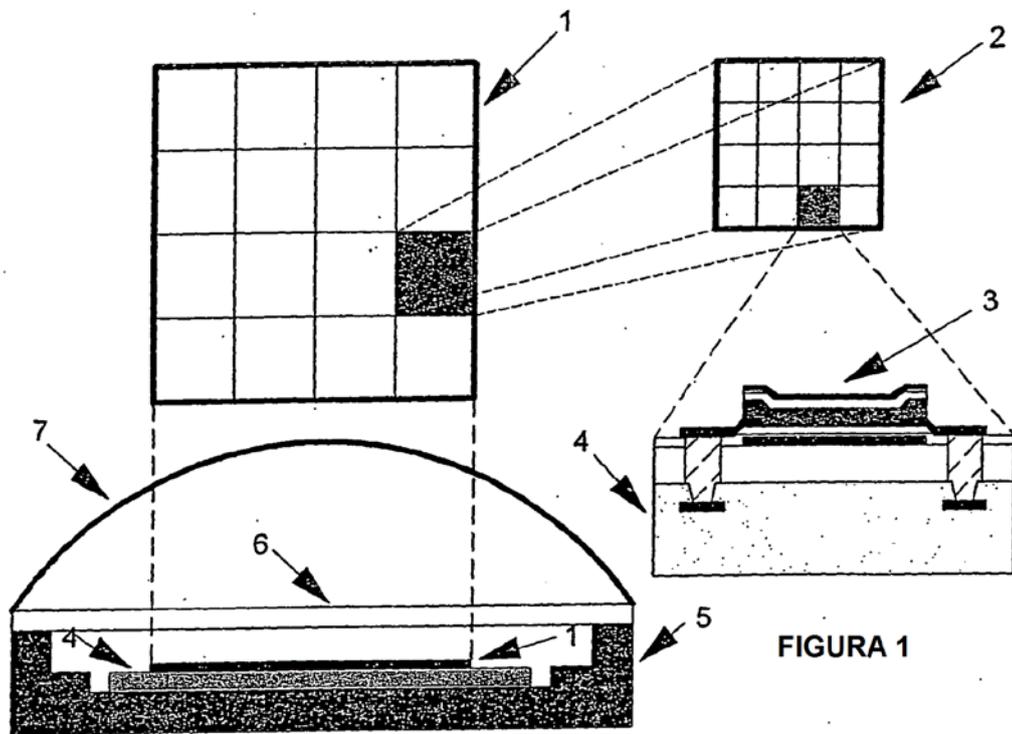
50 12. Sensor de seguridad infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la lente (7) es una lente Fresnel de uno o varios elementos o una lente de vidrio de germanio o calcógeno con geometría de superficie esférica o binaria.

13. Sensor de seguridad infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que permite el reconocimiento de un blanco.

55 14. Sensor de seguridad infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el visualizador de salida se controla localmente o a distancia a través de la línea telefónica o por enlace radioeléctrico a una base de control.

60 15. Sensor de seguridad infrarrojo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 12, que permite la detección de un incendio en desarrollo o el sobrecalentamiento de aparatos eléctricos.

65 16. Un método para detectar una señal infrarroja utilizando un aparato tal como se define en cualquiera de las reivindicaciones anteriores e incluyendo la etapa de desenfocar o promediar la salida de señal de píxeles adyacentes.



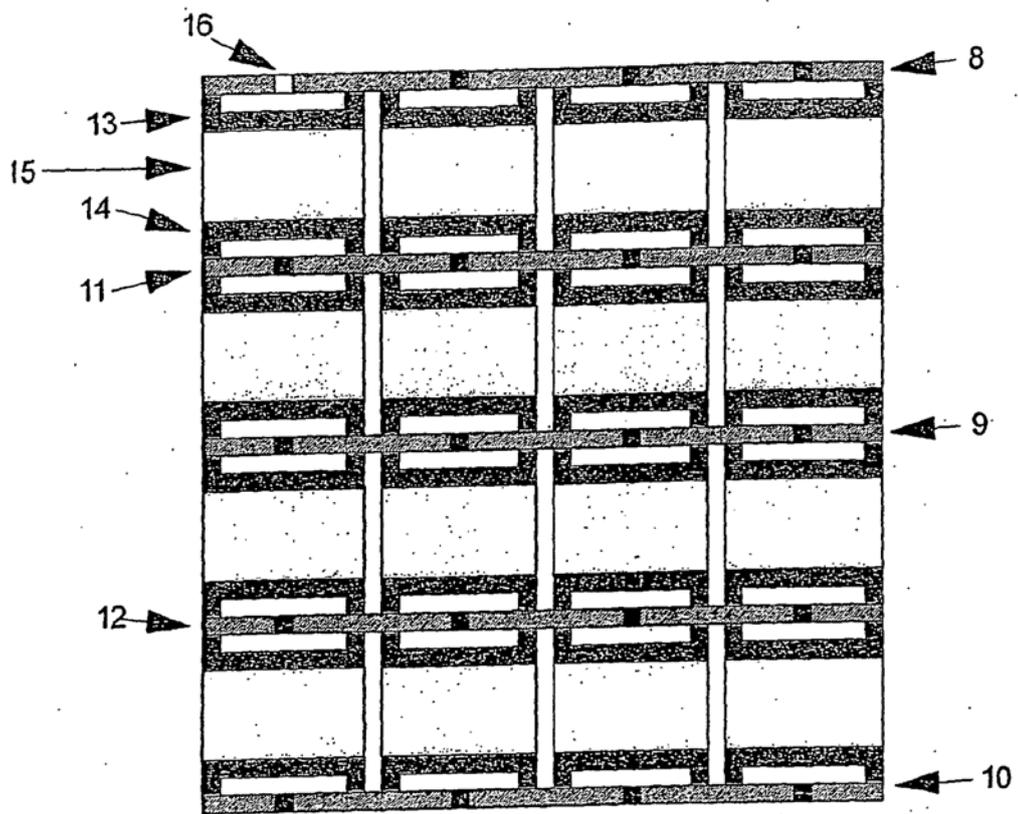


FIGURA 2

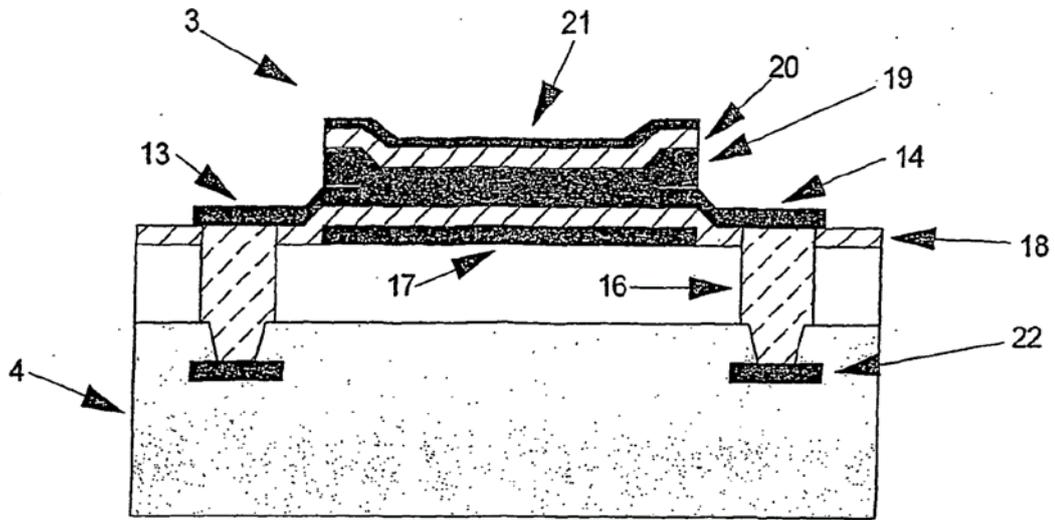


FIGURA 3

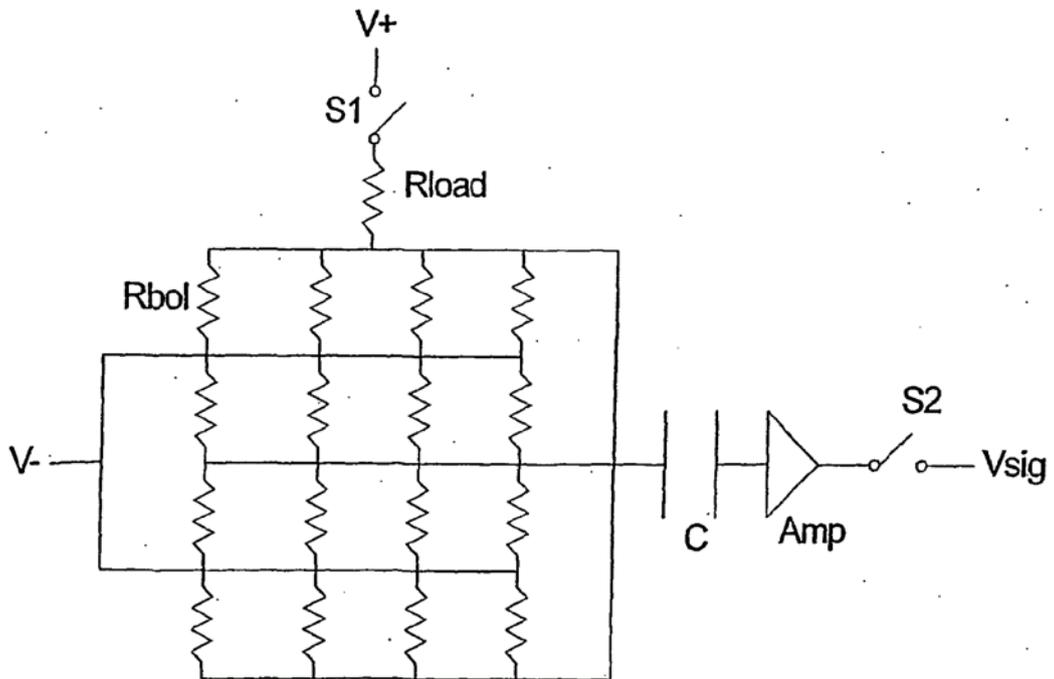


FIGURA 4