



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 304 773**

⑤1 Int. Cl.:
G06K 19/18 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **06291131 .8**

⑧6 Fecha de presentación : **10.07.2006**

⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1746532**

⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **24.01.2007**

⑤4 Título: **Procedimiento de identificación de un sensor matricial infrarrojo.**

③0 Prioridad: **22.07.2005 FR 05 07847**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.10.2008

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.10.2008

⑦3 Titular/es: **SAGEM DEFENSE SECURITE**
Le Ponant de Paris 27, rue Leblanc
75015 Paris, FR

⑦2 Inventor/es: **Pruvot, Henri y**
Ruocco-Angari, Bernard

⑦4 Agente: **Buceta Facorro, Luis**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de identificación de un sensor matricial infrarrojo.

5 La presente invención se refiere al campo de los sensores matriciales infrarrojos, y se refiere más particularmente a los perfeccionamientos aportados en el campo de la identificación de tales sensores especialmente para fines de su trazabilidad.

10 Los sensores matriciales infrarrojos son componentes que entran en la constitución de dispositivos estratégicos tales como cámaras infrarrojas, dispositivos autodirectores para misiles o armas análogas, dispositivos de puntería para armas de disparo, etc.

15 Con vistas a impedir la proliferación de las tecnologías sensibles, estados (como Francia, EEUU,...) fabricantes de sensores matriciales infrarrojos y/o fabricantes de materiales que integran tales sensores dictaron disposiciones reglamentarias con el fin de que todos los sensores matriciales infrarrojos fabricados o importados en su territorio sean identificados de manera segura para permitir su trazabilidad.

20 Con ese fin, la identificación de cada sensor matricial se llevó a cabo hasta ahora por un marcado exterior, especialmente mecánico, o por un marcado interno por medio de programas incorporados en el sensor. No obstante, el inconveniente de la práctica actual radica en la posibilidad por un tercero, de tener acceso al marcado y por tanto a la posibilidad de falsificación, alteración o eliminación sencillamente del marcado (especialmente para el marcado exterior), de modo que la trazabilidad del sensor no puede garantizarse con rigor.

25 Por otra parte, los sensores matriciales infrarrojos que se han producido hasta ahora son del tipo con enfriamiento y necesitan la puesta en práctica de un equipo criostático que permite su explotación. Estos equipos criostáticos constituyen un gran obstáculo que limita considerablemente las aplicaciones de estos componentes, que quedan limitados esencialmente a aplicaciones militares. En estas condiciones, los problemas de trazabilidad se relacionan con un número relativamente limitado de sensores, que, además, se encuentran en materiales relativamente vigilados.

30 Por el contrario, la evolución de las técnicas hace que se esté hoy en condiciones de fabricar o considerar la fabricación de sensores matriciales infrarrojos sin enfriamiento. La simplificación considerable de la puesta en práctica de los sensores sin enfriamiento deja presagiar una extensión considerable de sus campos de empleo y es previsible que estos componentes encuentren en un próximo futuro aplicaciones en el seno de materiales de difusión muy grande. En este momento, nada impedirá que un sensor que equie un material comúnmente disponible sea extraído para volver a emplearse en dispositivos sensibles tales como armamentos, y los sistemas de marcado actuales, insuficientemente fiables, no permitirán garantizar una trazabilidad eficaz de este tipo de sensor.

35 Ya es conocido usar las características de la superficie de una tarjeta inteligente para identificar esta tarjeta (véase el documento US-A-2005/0006481), y registrar la posición de los elementos defectuosos de una matriz de un sensor de imágenes (véase DE-A-3629009).

40 La invención tiene esencialmente como objetivo proponer una solución perfeccionada y sencilla que permita dar plenamente satisfacción a las exigencias de la práctica en materia de trazabilidad sea cual sea el tipo de sensor, con enfriamiento o sin enfriamiento.

45 Con estos fines, la invención propone un procedimiento de identificación de un sensor matricial infrarrojo, según el cual, para al menos algunos de los píxeles de la matriz del sensor, se apunta una información relativa a la posición del píxel en la matriz y se determina una información relativa a al menos una característica de cada uno de dichos píxeles y se guarda en memoria el conjunto de las parejas de estas informaciones asociadas a dichos píxeles respectivos (o cartografía) como identificador o signature del sensor.

50 Así, puede realizarse un seguimiento de cada sensor matricial infrarrojo mediante un identificador o signature que no es más que su caracterización física. Cualquier intento de modificación del sensor para adaptarlo a una signature diferente de la suya propia necesitaría una modificación física del sensor, modificación que sería destructora. A la inversa, el análisis de las características físicas de un sensor no identificado permite, mediante comparación con la signature guardada en memoria especialmente por los fabricantes, volver a encontrar el origen del sensor y facilitar la reconstitución del trayecto.

60 Además, se notará que puede ser posible de llevar a cabo un reconocimiento de signature aunque el sensor esté parcialmente dañado.

65 Por característica, se entiende designar un valor propio del píxel o bien por su naturaleza -por ejemplo el estado defectuoso o activo del píxel-, o por su nivel o valor -por ejemplo el valor de la ganancia del píxel, el valor de offset (desviación) del píxel, el valor de ruido del píxel, etc-. Sí que la naturaleza y/o el valor de la característica no será propio del píxel considerado. Pero la cartografía (es decir el conjunto de las parejas información de posición + información de característica de los píxeles respectivos en la matriz del sensor) elaborada a partir de esta característica puede, por su parte, ser propia del sensor que incluye dichos píxeles y esta cartografía es entonces representativa de este único sensor, o ser propia de un grupo de sensores (de los sensores procedentes de un proveedor dado). En ambos

ES 2 304 773 T3

casos, la representatividad de la cartografía relativa a un sensor o a un grupo de sensores es biunívoca con un factor de certidumbre muy elevado desde que el número de píxeles relevantes para esta cartografía es lo suficiente importante.

5 Como medida de seguridad, es preferible que la cartografía guardada en memoria esté codificada, pudiendo efectuarse esta codificación de cualquier manera apropiada con cualquier complejidad deseada, de modo que se reduzca la posibilidad de que un tercero no autorizado tenga acceso a la cartografía.

10 Es posible hacer que la cartografía se refiera a la totalidad de los píxeles que presenten la característica. Así, por ejemplo si la característica seleccionada es el estado defectuoso del píxel, se apunta entonces y se guarda en memoria la cartografía de la totalidad de los píxeles defectuosos presentes en la matriz del sensor; si la característica seleccionada es la ganancia o el nivel de ruido del píxel, la cartografía apuntada entonces y guardada en memoria engloba la totalidad de los píxeles de la matriz del sensor.

15 No obstante, en una finalidad de simplificación y de rapidez del procedimiento de identificación de un sensor así como para reducir el volumen de los datos que se ha de guardar en memoria, puede resultar juicioso que la cartografía se refiera sólo a algunos, elegidos en emplazamiento, de los píxeles de la matriz que presentan dicha característica. Los emplazamientos de los píxeles seleccionados en la matriz pueden elegirse de manera aleatoria o al contrario según cualquier ley más o menos compleja deseable. En cuanto al número de píxeles seleccionados, basta con que este número sea lo suficiente importante para eliminar cualquier riesgo de que un tercero pueda encontrarlos, pero también
20 lo suficientemente bajo respecto al número total de píxeles del sensor para que la simplificación aludida anteriormente sea significativa respecto al tratamiento de la totalidad de los píxeles de la matriz del sensor. Para fijar estas ideas, se podrá en la práctica seleccionar un número de píxeles comprendido entre el 0,1% y el 1% del número total de píxeles de la matriz del sensor.

25 En el caso de la afectación de una cartografía individual a cada sensor, se constata que, sea cual sea la solución adoptada y dado el número elevado, aún muy elevado de píxeles en una matriz, la probabilidad de que las matrices de estos dos sensores presenten la misma cartografía es ínfima, decreciendo esta probabilidad de manera exponencial cuando el tamaño de la matriz decrece.

30 Como característica, es posible elegir un valor entre varios valores del píxel que están disponibles.

Una solución que parece que deba ser interesante con motivo de su relativa sencillez de puesta en práctica consiste en retener, como característica, el estado -defectuoso o activo- de los píxeles de la matriz y en establecer una cartografía de todos o parte de los píxeles defectuosos de la matriz.

35 Por píxel defectuoso, se entiende designar un píxel del que al menos un valor no corresponde a lo que tendría que ser para que el píxel sea funcional y/o no entra en una horquilla de tolerancia preestablecida para un píxel funcional: el píxel no puede entonces producir una imagen o una señal explotable por el equipo situado aguas abajo. Los defectos pueden ser de diversos tipos, especialmente:

40 - píxel “muerto”: se trata de un píxel totalmente insensible a una modulación de escena, que pertenece a unos de los subtipos siguientes:

45 • píxel desconectado (el píxel ya no está en relación eléctrica con el circuito de lectura y no se entrega ninguna señal),

• píxel en cortocircuito (la señal que se entrega es de un nivel tan alto que resulta saturante);

50 - píxel ruidoso, que pertenece a uno de los subtipos siguientes:

• píxel que tiene un ruido medio excedente (valor medio en toda la banda de ruido), es decir superior a un umbral máximo admisible (por ejemplo dos veces la media del ruido en el conjunto de la matriz del sensor),

55 • píxel que tiene un ruido con muy baja frecuencia excedente (se define un umbral aceptable), o píxel “parpadeante”;

60 - píxel fuera de dinámica: se trata de un píxel cuya ganancia y/o nivel difiere significativamente de la media de los píxeles de la matriz y que por consiguiente satura para temperaturas de escena muy diferentes a las que saturan los demás píxeles (con estas temperaturas, se vuelve equivalente a un píxel muerto).

Por tanto puede considerarse una cartografía de píxeles defectuosos, por ejemplo que presentan uno de los defectos precitados o una combinación de algunos de estos defectos, a modo de signature afectable al sensor.

65 Un caso que puede aparecer sencillo de poner en práctica consiste en tratar los píxeles defectuosos denominados “muertos”. De fabricación, una matriz puede contener entre el 0,1 y el 1% de píxeles defectuosos denominados muertos, que se reparten de manera aleatoria dentro de la matriz. Para una matriz de 100 000 píxeles, el número de píxeles muertos repartidos de manera aleatoria es así del orden de 100 a 1000, lo que es suficiente para que la cartografía

establecida en todos o parte de estos píxeles naturalmente muertos constituya una signatura fiable para el sensor considerado. Un interés suplementario de esta solución radica en la imposibilidad de una regresión del número de píxeles muertos; este número sí que podrá aumentar en el tiempo y a lo largo de la vida del sensor, pero la cartografía incluirá siempre al menos la cartografía inicial que permanecerá pues identificable a lo largo de la vida del sensor.

No obstante, en ciertas fabricaciones, el número de píxeles naturalmente defectuosos es demasiado bajo, con más del 80% de las matrices que presentan menos del 0,02% de píxeles defectuosos: se hace entonces difícil constituir una signatura significativa con una cartografía relativa a un número tan reducido de píxeles defectuosos.

Para paliar esta dificultad, en una variante interesante del procedimiento conforme a la invención, no es satisfactorio únicamente localizar y contabilizar píxeles naturalmente defectuosos, sino que se prevé crear, en el sensor, píxeles defectuosos dispuestos en una red específica susceptible de actuar como signatura. Ventajosamente, estos píxeles defectuosos se crean en al menos una zona particular del sensor. Este enfoque se basa en el hecho de que es frecuente que todos los píxeles de un sensor no se usen y que zonas del sensor, especialmente de los bordes del sensor, quedan sin usar. Por ejemplo, en un ejemplo típico de un sensor formado por una matriz de 320 x 256 píxeles, se puede disponer de las 16 líneas de la parte superior e inferior si se usa como matriz de 320 x 240 píxeles, o bien se puede disponer de las 64 columnas de la izquierda y de la derecha si se usa como matriz 256 x 256 píxeles. En el caso en que la matriz del sensor se use en su totalidad, se puede sacrificar una línea y/o una columna en el borde del sensor: sí que se reduce el campo, pero sólo en un 0,3%, aproximadamente en el caso de una matriz de 384 x 288 píxeles, que se aprovechará en matriz de 383 x 287 píxeles, lo que sigue siendo completamente compatible con las necesidades.

En el contexto de la creación de píxeles defectuosos, se considera más específicamente crear una red de píxeles defectuosos particulares, a saber píxeles desconectados. Estos píxeles desconectados son particularmente interesantes ya que son sin ambigüedad, al contrario de los píxeles muertos presentes naturalmente en la matriz. En efecto, una desconexión (circuito abierto) es fácil de detectar, ya sea en la señal de salida (por un nivel saturado alto o bajo) o en la imagen no corregida (estos píxeles se sitúan en la parte superior o inferior de la dinámica de los niveles de gris), al contrario de un píxel defectuoso del tipo píxel muerto que es poco sensible y/o demasiado ruidoso. Incluso es posible detectar un píxel desconectado sin llevar el sensor a su temperatura nominal de funcionamiento.

Un píxel conectado o desconectado es asimilable a un bit que toma los valores 0 ó 1 respectivamente. Si se sacrifica, en la matriz del sensor, una línea de 320 píxeles, se dispone por tanto de 320 bits para la codificación. Si se sacrifica una zona de periferia entre el formato 320 x 256 píxeles de la matriz integral y el formato 320 x 240 de la matriz tal como se usa, se dispone de 16 x 320 es decir 5120 bits para la codificación, lo que es ampliamente suficiente para las necesidades de una codificación.

Se puede considerar crear este tipo de defectos de manera idéntica en todos los sensores, dicho de otro modo, organizar los píxeles desconectados de manera idéntica en todos los sensores que por tanto presentarán la misma cartografía de píxeles desconectados. Podrá tratarse por ejemplo de todos los sensores procedentes de un mismo proveedor y la cartografía común podrá representar una signatura de este proveedor.

Para conseguirlo, se puede usar, en el procedimiento de fabricación del sensor, una máscara de fotolitografía específica que incluye la topografía de los píxeles que han de quedar desconectados. Este código topográfico se inscribe en la definición de la máscara individual del sensor y se repite para cada sensor en la máscara de la placa semiconductora (placa detector o placa multiplexaje). En el caso de sensores hibridados en un circuito de lectura mediante bolitas de indio o similar, es posible por ejemplo incluir este código topográfico en la o las fotomáscaras usadas para la deposición de las bolitas de indio. Se pueden considerar otras soluciones (por ejemplo durante la deposición de capas metálicas de contacto...).

Se puede considerar distinguir este código único común adjuntándole una información complementaria, que permite singularizar los sensores. Así, es posible prever máscaras de fotolitografía cuyos motivos serían diferentes entre sí en las zonas de los sensores afectados a la codificación. Por ejemplo estas informaciones suplementarias podrían ser las coordenadas del sensor en la placa semiconductora (placa del circuito de lectura o placa del detector). Entonces, cada sensor se vería afectado, mediante píxeles desconectados cartografiados de manera apropiada, de una signatura representativa del proveedor y de su posición (línea-columna) en la placa semiconductora de la que procede.

Por el contrario, la puesta en práctica de una signatura individual en cada sensor, mediante una cartografía individual de píxeles desconectados, sólo puede obtenerse mediante la puesta en práctica de una fase individual en el procedimiento de fabricación, al precio de una complicación sensible de dicho procedimiento de fabricación.

Se puede también prever, para aumentar la seguridad de identificación de un sensor, multiplicar el código de signatura en un mismo sensor, en varios emplazamientos del mismo.

Por supuesto, es posible prever combinar píxeles defectuosos creados con píxeles defectuosos naturales a fin de aumentar el número de los píxeles defectuosos y/o de complicar la cartografía de los píxeles defectuosos. Y por tanto finalmente con el objetivo de aumentar la seguridad de la signatura afectada al sensor.

Se pueden seleccionar características de los píxeles diferentes del estado defectuoso de los mismos para aprovecharlas en el contexto de la invención, tales como el valor de offset del píxel, el nivel de ruido del píxel, la ganancia del

ES 2 304 773 T3

píxel,... Entre éstos, la ganancia parece constituir una característica pertinente por su altísima estabilidad en el tiempo. No obstante, hay que considerar también que las cartografías que se basan en tales características de los píxeles resultan modificadas por las características ópticas del sistema usuario por:

- la transmisión óptica y su uniformidad en el campo,
- la banda espectral y su uniformidad en el campo,
- la presencia eventual de viñetado,
- ...

y son susceptibles de evolucionar en el tiempo, por ejemplo cuando:

- el rendimiento cuántico del sensor evoluciona,
- el vacío del criostato, en el caso de sensores con enfriamiento, se deteriora hasta que la condensación aparezca en el plano focal,
- ...

Se resaltaré que un interés de elegir como característica uno de los valores propios de los píxeles viene dado porque estos valores ya están determinados para permitir la puesta en práctica de los sensores: la localización de los píxeles muertos es conocida; los valores de ganancia, de offset, de ruido se miden para cada píxel y se usan para la determinación de la ganancia, del offset, del ruido del sensor. Basta así con tratar como signature estas informaciones ya disponibles.

También es posible considerar seleccionar, como característica del píxel, un dato no inmediato, que resulta de la puesta en práctica de un procedimiento preestablecido. Especialmente, se puede considerar un procedimiento comparativo, tal como el que consiste en apuntar una cartografía inicial de una característica de los píxeles colocados en una condición dada (por ejemplo en una temperatura dada), en modificar dicha condición (por ejemplo en hacer evolucionar la temperatura) y en apuntar la cartografía final de esta característica de los píxeles, y finalmente en guardar como signature del sensor la cartografía resultante de la comparación de las cartografías inicial y final.

A modo de ejemplo, se puede considerar lo siguiente: se establece una cartografía de defectos del sensor para la temperatura de referencia del plano focal; luego se desplaza hacia temperaturas más calientes el punto de funcionamiento del refrigerador y se mide una nueva cartografía de los defectos, ésta incluye los defectos iniciales a los que se han añadido los defectos suplementarios inducidos por la elevación de la temperatura del plano focal. La signature afectable al sensor podrá entonces ser la cartografía de los defectos suplementarios (es decir la diferencia entre las cartografías final y original).

Otra vez a modo de ejemplo, se puede también considerar aplicar el procedimiento anterior al desplazar de su valor nominal cualquier otro parámetro, por ejemplo el punto de polarización de los fotodiodos.

Otra vez a modo de ejemplo, se puede también establecer una cartografía de los puntos saturantes cuando el sensor (solo o en su sitio en un material) se expone a una escena de temperatura próxima a la saturación (de la misma manera que los píxeles presentan ganancias o valores de offset diferentes, tienen también umbrales de saturación diferentes).

Por supuesto, pueden constituirse signatures endurecidas combinando varias soluciones posibles.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de identificación de un sensor matricial infrarrojo, según el cual, para al menos algunos de los píxeles de la matriz del sensor, se apunta una información relativa a la posición del píxel en la matriz y se determina una información relativa a, al menos, una característica de cada uno de dichos píxeles y se guarda en memoria el conjunto de las parejas de estas informaciones asociadas a dichos píxeles respectivos, denominada cartografía, como identificador del sensor.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la cartografía guardada en memoria está codificada.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque la cartografía se refiere a la totalidad de los píxeles de la matriz que presenta dicha característica.
- 15 4. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque la cartografía se refiere sólo a algunos, elegidos en emplazamiento, de los píxeles de la matriz que presenta dicha característica.
- 20 5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque la característica es el estado defectuoso del píxel.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** porque el estado defectuoso del píxel es el estado muerto del píxel, repartiéndose los píxeles muertos de manera aleatoria en la matriz del sensor.
- 25 7. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** porque el estado defectuoso del píxel es el estado desconectado del píxel.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado** porque se desconectan píxeles en al menos una zona predeterminada de la matriz del sensor.
- 30 9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado** porque se desconectan píxeles en al menos una zona predeterminada de la matriz del sensor según una cartografía preestablecida.
- 35 10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado** porque se desconectan píxeles en al menos una zona predeterminada de la matriz del sensor según una cartografía preestablecida que constituye una signature del proveedor del sensor y/o una signature individual del propio sensor.
- 40 11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque la característica es la ganancia del píxel.
12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque la característica es el valor de offset del píxel.
- 45 13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque la característica es el ruido del píxel.
- 50 14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque se apunta una cartografía inicial de una característica de los píxeles colocados en una condición dada, se modifica dicha condición y se apunta la cartografía final de esta característica de los píxeles, y se guarda como signature la cartografía resultante de la comparación de las cartografías inicial y final.