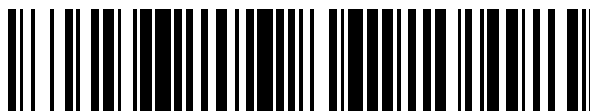


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 668**

51 Int. Cl.:

H04N 5/33 (2006.01)
G01J 3/02 (2006.01)
G01J 3/28 (2006.01)
G01J 3/36 (2006.01)
G01J 1/16 (2006.01)
G01J 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2015 E 15201530 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 3043549**

54 Título: **Procedimientos y sistemas para la detección de destellos**

30 Prioridad:

21.12.2014 IL 23636414

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

28.11.2018

73 Titular/es:

**ELTA SYSTEMS LTD. (100.0%)
100 Yitzchak Hanassi Boulevard P.O.B. 330
Ashdod 77102, IL**

72 Inventor/es:

APHEK, ORI

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 691 668 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

Procedimientos y sistemas para la detección de destellos

Campo tecnológico

5 La presente divulgación se refiere en general al campo de la detección de destellos. Más particularmente, la presente divulgación se refiere a procedimientos y sistemas adecuados para la detección de detonaciones y fogonazos.

Antecedentes

10 Los eventos de disparo de armas crean destellos ópticos conocidos como fogonazos. Los fogonazos son destellos incandescentes en la boca de las armas causado por la ignición, la expulsión de granos en polvo ardientes y la expansión de los gases en polvo.

15 Diversas técnicas se han desarrollado para detectar destellos. Por ejemplo, se han propuesto técnicas ópticas que implican imágenes espectrales o multiespectrales. Estas técnicas generalmente se implementan mediante un sistema óptico que implica una matriz de plano focal (FPA) con decenas de miles de píxeles para limitar la influencia del fondo en la detección de destellos. Además, dado que los fogonazos son generalmente eventos de corta duración, una velocidad de lectura (tasa de muestreo) de la matriz del plano focal debe ser dirigida a altas frecuencias. Esto resulta en altas velocidades de datos desde la matriz del plano focal y plantea desafíos con respecto a los requisitos computacionales y de enfriamiento de tales equipos de detección. Estos desafíos son aún más severos cuando la velocidad de lectura de la matriz del plano focal aumenta aún más para permitir el análisis de las características temporales de los fogonazos.

20 En la técnica anterior, el documento EP 2533008 describe un sistema de sensor óptico adaptado para su uso en un vehículo, que comprende un primer dispositivo optoelectrónico configurado para generar una primera señal representativa de vídeo de una primera porción del campo de visión y un segundo dispositivo optoelectrónico configurado para generar una segunda señal de vídeo representativa de una segunda parte del campo de visión. El segundo dispositivo optoelectrónico puede comprender una longitud focal inferior a la distancia focal del primer dispositivo optoelectrónico.

25 El documento WO 2008/100097 describe un módulo óptico para observar un evento, que comprende un primer espejo con un amplio campo de visión y un segundo espejo que incluye una pluralidad de celdas de espejo, cada una de las cuales tiene una distancia focal mayor que la del primer espejo.

30 El documento WO 2009/093227 describe un dispositivo para uso en la detección de un evento de fogonazo, comprendiendo el dispositivo un conjunto de detectores de fotos (PDA) sensible en al menos una parte del espectro NIR y SWIR, y una unidad de procesamiento adaptada para detectar el destello de salida en la salida de dicho PDA aplicando un procesamiento de señal a las señales de píxeles de dicho PDA.

El documento US 2013/343602 describe procedimientos y sistemas para localizar eventos de destello.

Descripción general

35 El solicitante ha encontrado que es posible aliviar el problema antes mencionado proporcionando un sistema de óptica combinada que combina un primer módulo óptico configurado para la detección de destellos en un corto alcance con un segundo módulo óptico configurado para detectar destellos a un largo alcance. Dado que la influencia del fondo se reduce relativamente a corto alcance debido a que la potencia óptica de un destello recibido en el sistema óptico es mayor, el solicitante propone diseñar el primer módulo óptico con un primer sensor de infrarrojos que implemente significativamente menos píxeles (es decir, un campo de visión instantáneo significativamente mayor) que un sensor de infrarrojos del segundo módulo óptico. Por consiguiente, el primer detector de infrarrojos se puede leer con una tasa de muestreo aumentada y, por lo tanto, proporciona, al menos a corto alcance, capacidades mejoradas, como la coincidencia de características temporales sin los accesos directos mencionados anteriormente.

45 Por lo tanto, la presente divulgación proporciona un sistema óptico adecuado para detectar fogonazos en una escena, comprendiendo el sistema óptico: un primer módulo óptico adaptado para detectar destellos a corto alcance del sistema óptico mediante el análisis de la irradiación recibida en un primer sensor de infrarrojos; un segundo módulo óptico adaptado para detectar destellos a largo alcance del sistema óptico mediante el análisis de la irradiancia recibida en un segundo sensor de infrarrojos; en el que el primer y segundo módulos ópticos están configurados para compartir un campo de visión común.

50 El primer y segundo módulos ópticos pueden estar configurados para operar de forma independiente entre sí.

En algunas realizaciones, el primer y segundo módulos ópticos están configurados de modo que una primera distancia de detección máxima a la que un destello predeterminado es detectado por el primer sensor de infrarrojos con una señal marginal predeterminado a ruido es significativamente inferior a una segunda máxima distancia de

- 5 detección a la que el segundo sensor de infrarrojos detecta el destello predeterminado con la relación de señal/ruido marginal predeterminada. De acuerdo con la invención, el primer y segundo módulos ópticos están configurados de modo que la primera distancia máxima de detección es superior a una distancia mínima de detección del segundo módulo óptico en la que el destello predeterminado satura el segundo sensor de infrarrojos. Según la invención, el primer sensor óptico comprende significativamente menos píxeles que el segundo sensor de infrarrojos, de modo que un campo de visión instantáneo del primer sensor óptico es significativamente superior a un campo de visión instantáneo del segundo sensor óptico.
- En algunas realizaciones, una tasa de muestreo del primer sensor de infrarrojos es significativamente superior a una tasa de muestreo del segundo sensor de infrarrojos.
- 10 En algunas realizaciones, el primer y segundo módulos ópticos están configurados de modo que el primer y segundo módulos ópticos exclusivamente operan simultáneamente.
- En algunas realizaciones, el primer y segundo módulos ópticos emiten resultados de detección a un módulo de salida.
- 15 En algunas realizaciones, el módulo de salida está configurado para: descartar los resultados de la detección del segundo módulo para la detección del destello cuando el segundo sensor de infrarrojos está saturado por un destello que se produce en corto alcance del sistema óptico; descartar los resultados de detección del primer módulo para la detección de destello cuando la relación señal a ruido de una señal producida por el primer sensor de infrarrojos en respuesta a un destello que se produce en un largo alcance del sistema óptico está por debajo de un umbral predeterminado; y combinar los resultados de detección del primer y segundo módulos para la detección de destellos cuando se produce un destello en un rango de detección superpuesto del primer y segundo módulos, de modo que la relación señal a ruido del primer módulo se encuentre por encima del umbral predeterminado y del segundo sensor de infrarrojos no está saturado.
- 20 En algunas realizaciones, el primer y/o segundo módulos ópticos están configurados para detectar destellos utilizando uno o más algoritmos de detección de umbral de potencia.
- 25 En algunas realizaciones, el primer módulo óptico está configurado para detectar destellos usando uno o más algoritmos de coincidencia de patrones temporales.
- En algunas realizaciones, el uno o más algoritmos de coincidencia de patrones temporales comprenden detectar una forma de pulso en una señal producida por el primer sensor de infrarrojos en respuesta a la iluminación de infrarrojos y comparar una longitud de la forma del pulso detectada con un rango de longitud de pulso predeterminada.
- 30 En algunas realizaciones, el primer módulo óptico y/o el segundo módulo óptico están configurados además para proporcionar detección multispectral del campo de visión común y en el que dichos primero y/o segundo módulos ópticos están configurados para detectar destellos usando uno o más algoritmos de relación espectral.
- En algunas realizaciones, el primer sensor de infrarrojos y/o el segundo sensor de infrarrojos comprenden una matriz de plano focal y dichos primer y/o segundo módulos ópticos están configurados para descartar destellos en base a una extensión espacial de un destello de la matriz de plano focal.
- 35 En algunas realizaciones, el primer sensor de infrarrojos es una primera matriz de plano focal y el primer módulo óptico comprende además una primera óptica de formación de imágenes para formar una imagen en la primera matriz de plano focal del campo de visión común.
- 40 En algunas realizaciones, el segundo sensor de infrarrojos es una segunda matriz de plano focal y el segundo módulo óptico comprende además una segunda óptica de formación de imágenes para formar una imagen en la segunda matriz de plano focal del campo de visión común.
- En algunas realizaciones, el segundo sensor de infrarrojos comprende una matriz bidimensional de sensores aislados dispuestos en una configuración de ojo de insecto en el que cada dicho sensor está asociado con una recogida de la óptica de no formación de imágenes.
- 45 El solicitante también ha encontrado que el sistema óptico combinado propuesto ventajosamente puede proporcionar un rango dinámico incrementado con respecto al estado de los sistemas de la técnica. De hecho, como se explicó anteriormente, los sistemas del estado de la técnica generalmente incluyen matrices de plano focal con decenas de miles de píxeles para lograr una precisión satisfactoria en el posicionamiento angular a largo alcance y para evitar efectos de desorden en el fondo. Dichas matrices de plano focal encuentran bajos niveles de saturación debido a que el tamaño de un píxel en estos FPA está restringido y el tamaño del píxel limita la capacitancia de un circuito de lectura configurado para leer una corriente producida en respuesta a la iluminación infrarroja. Por lo tanto, los sistemas de última generación generalmente están saturados por destellos que se producen a corto alcance. Debido a que el primer módulo óptico del sistema óptico combinado propuesto puede operar a una tasa de muestreo más alta y el tamaño de píxel puede incrementarse ya que dicho sistema puede incluir un sensor de infrarrojos que
- 50
- 55 implica sustancialmente menos píxeles que los FPA de los sistemas del estado de la técnica, el nivel de saturación

se puede aumentar en consecuencia. Esto puede permitir detectar destellos de corto alcance o destellos muy potentes, que de otra manera saturarían el sistema de detección.

Breve descripción de los dibujos

5 Para comprender mejor la materia objeto que se divulga en el presente documento y para ejemplificar cómo se puede llevar a cabo en la práctica, se describirán ahora realizaciones, a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es un diagrama de bloques funcional de un sistema óptico de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación.

10 **Las figuras 2A-2C** son gráficos que ilustran algoritmos de detección de destellos basados en potencia que pueden implementarse mediante un sistema óptico de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación.

Las figuras 3A-3B son gráficos que ilustran un algoritmo de detección de destellos basado en características temporales que pueden implementarse mediante un sistema óptico de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación.

15 **La figura 4** ilustra un algoritmo de detección de destellos basado en la extensión espacial de un punto en un plano de imagen que puede implementarse mediante un sistema óptico de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación.

La figura 5 es un diagrama de bloques funcional de un módulo óptico de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación.

20 **La figura 6** ilustra un algoritmo de detección de destellos basado en la evaluación espectral que puede implementarse mediante un sistema óptico de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación.

Descripción detallada de realizaciones

En este documento se describen algunos ejemplos de sistemas y procedimientos para analizar una escena y detectar fogonazos y detonaciones, es decir, eventos de fuego.

25 En la siguiente descripción detallada, se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de la presente materia objeto. Sin embargo, los expertos en la técnica entenderán que algunos ejemplos de la materia objeto pueden practicarse sin estos detalles específicos. En otros casos, procedimientos y componentes bien conocidos no se han descrito en detalle para no oscurecer la descripción.

Tal como se utiliza aquí, la frase "por ejemplo", "tal como", y variantes de las mismas describen ejemplos no limitativos de la materia objeto.

30 La referencia en la memoria descriptiva a "un ejemplo", "algunos ejemplos", "otro ejemplo", "otros ejemplos", "una instancia", "algunas instancias", "otra instancia", "otras instancias", "un caso", "algunos casos", "otro caso", "otros casos" o variantes de los mismos significa que una característica, estructura o rasgo particular descrito se incluye en al menos un ejemplo de la materia objeto, pero la aparición del mismo término no se refiere necesariamente al mismo ejemplo.

35 Debe apreciarse que ciertas características, estructuras y/o rasgos descritos en este documento, que, para mayor claridad, se describen en el contexto de ejemplos separados, también pueden proporcionarse en combinación en un solo ejemplo. A la inversa, varias características, estructuras y/o rasgos descritos en el presente documento, que se describen, por brevedad, en el contexto de un solo ejemplo, también pueden proporcionarse por separado o en cualquier subcombinación adecuada.

40 Como es evidente a partir de las siguientes descripciones, se aprecia que a lo largo de las descripciones de memoria descriptiva que utilizan términos tales como "generar", "determinar", "proporcionar", "recibir", "usar", "transmitir", "realizar", "formar", "analizar", "emitir" o similares, puede referirse a la(s) acción(es) y/o proceso(s) de cualquier combinación de software, hardware y/o firmware. Por ejemplo, estos términos pueden referirse en algunos casos a la(s) acción(es) y/o proceso(s) de una máquina programable, que manipula y/o transforma datos representados como físicos, tales como cantidades electrónicas, dentro de los registros de la máquina programable y/o memorias en otros datos representados de manera similar como cantidades físicas dentro de las memorias, registros y/u otros elementos similares de almacenamiento, transmisión y visualización de la máquina programable.

45 A continuación, se describe un sistema óptico que combina un (primer) módulo óptico de corto alcance y un (segundo) módulo óptico de largo alcance. El primer y segundo módulos ópticos pueden configurarse de modo que el primer y segundo módulos ópticos operen en paralelo (de manera simultánea). En otras palabras, el primer y segundo módulos ópticos están configurados para operar conjuntamente, es decir, uno del primer y segundo módulos ópticos no puede operar (o detenerse) si el otro no opera (o se detiene). Se observa que la presente descripción supone que se establece un campo de visión (FOV) del sistema óptico. El FOV del sistema óptico puede adaptarse para la observación de una escena amplia tanto vertical como horizontalmente. El FOV se puede expresar como el producto de un campo de visión vertical mediante un campo de visión horizontal. Por ejemplo, el conjunto FOV puede ser 60 x 90 grados o 50 x 120. Por lo tanto, como se explica a continuación, los requisitos de largo y corto alcance se pueden traducir en los requisitos de FOV e IFOV. Además, el primer y segundo módulos ópticos

pueden registrarse espacial y temporalmente para permitir la cooperación entre el primer y segundo módulos. En algunas realizaciones, los resultados de detección del primer y segundo módulos ópticos pueden fusionarse para proporcionar resultados de detección de largo y corto alcance.

5 Se entiende que el término sensor de infrarrojos a continuación se refiere a uno o más detectores de infrarrojos (por ejemplo, dispuestos como una matriz de plano focal) junto con un circuito de lectura configurado para leer una corriente producida por la iluminación del detector(es). Como se explicó, un circuito de lectura de una matriz de plano focal que implica un alto número de píxeles tiene una capacidad limitada, especialmente debido a las limitaciones de espacio. En consecuencia, tales matrices de plano focal de "largo alcance" tienen una distancia de detección mínima que es más alta que las matrices de plano focal de "corto alcance" que implican unos pocos píxeles sobre una superficie activa similar.

10 El segundo módulo óptico puede estar adaptado para la detección de destellos de largo alcance es decir, estar diseñado de manera tal como para proporcionar un alcance máximo de detección por encima de un umbral de largo intervalo predeterminado. El umbral predeterminado de largo alcance puede estar comprendido entre 2 km y 20 km, por ejemplo, 7 km. El término rango de detección máximo se puede usar para referirse a una distancia en la cual un tipo de destello predeterminado (por ejemplo, con una intensidad radiante de 500 o 300 vatios por esteradio) transmitida en condiciones estándar predeterminadas (por ejemplo, un día claro típico, es decir, transmisión atmosférica de aproximadamente 0,8 o 0,85 por kilómetro) se detecta con una relación de señal a ruido marginal (por ejemplo, 6). El término módulo de "largo alcance" puede referirse más generalmente a un módulo que tiene una distancia de detección máxima que está más allá de la distancia de detección máxima de un módulo de "corto alcance".

15 El segundo módulo óptico puede incluir una matriz de plano focal (segundo sensor de infrarrojos) y óptica de recogida para enfocar la luz en un plano de imagen donde se coloca la matriz de plano focal. La matriz de plano focal puede estar provista de un circuito de lectura para leer una corriente producida por el FPA en respuesta a la iluminación infrarroja. El FPA puede incluir un alto número de píxeles, generalmente del orden de decenas de miles o más por cada campo de visión. En consecuencia, debido a las limitaciones de las velocidades de datos, la tasa de muestreo de la matriz del plano focal puede ser limitada y, por lo general, puede estar en el intervalo de 100 Hz a 1000 Hz.

20 Una distancia de detección máxima de la matriz de plano focal puede determinarse como la distancia máxima para la que una relación de señal a ruido (SNR) está por encima de la relación marginal de señal a ruido predeterminada para un destello predeterminado. La relación señal/ruido se puede calcular de la siguiente manera:

$$SNR = \frac{N_t}{\sqrt{N_{Total} + b^2}}$$

En la que:

35 N_t representa una carga acumulada por un píxel del FPA que recibe un destello, N_{Total} representa una carga total acumulada por el píxel, y b representa un ruido electrónico constante.

$$N_{Total} = N_t + N_d + N_b$$

En la que:

40 N_d representa una carga acumulada debido a corrientes oscuras, y N_b representa una carga acumulada debido a la potencia de fondo. Se observa que N_b y N_d no varían con una distancia entre el destello y el sistema óptico.

La carga N_t acumulada por un píxel que recibe un destello se puede determinar de la siguiente manera:

$$N_t = P_{tar} * R_n * FPS * \frac{1}{e}$$

En la que:

45 P_{tar} representa una potencia óptica recibida en el sensor desde el destello, R_n representa una respuesta del sensor de infrarrojos, FPS representa una tasa de muestreo (tasa de trama/lectura) del circuito de lectura, y e representa una unidad de energía de 1 voltio de electrones.

Además, la potencia óptica recibida en el sensor se puede expresar como sigue:

$$P_{tar} = J * t_{atm}^{(R/1000)/R^2} * A_{opt} * t_{opt}$$

En la que:

- 5 J representa una intensidad radiante del destello predeterminado,
- t_{atm} representa una transmisión atmosférica en condiciones predeterminadas,
- R representa una distancia entre el destello y el sistema óptico,
- A_{opt} representa un área de apertura óptica clara de la óptica de recogida, y
- t_{opt} representa una transmisión de potencia óptica a través de la óptica de recogida.

10 El área de abertura óptica clara de la óptica de recogida está unida a la cantidad de píxeles y al tamaño de píxel de la siguiente manera:

$$A_{opt} = \left[\frac{N_h * p_d}{2 * F\#} * \tan \frac{FOV}{2} \right]^2$$

En la que:

- 15 N_h representa una cantidad de píxeles en una dimensión (horizontal o vertical),
- p_d representa un paso de píxel entre el centro de cada píxel,
- FOV representa un campo de visión vertical u horizontal,
- F# representa un número focal de la óptica de recogida.

Por lo tanto, es posible adaptar el segundo módulo óptico para detectar destellos de largo alcance, es decir, para tener una alta distancia máxima de detección, proporcionando en particular un conjunto de plano focal con una alta cantidad de píxeles.

20 Además, el segundo sensor de infrarrojos del segundo módulo óptico puede generalmente configurarse para detectar al menos radiaciones infrarrojas de corta longitud de onda es decir, entre 1,0-2,5 micrómetros. En algunas realizaciones, el segundo módulo óptico puede estar provisto de capacidades multispectrales. Por ejemplo, las imágenes se pueden adquirir simultáneamente en la banda SWIR y en una banda visible.

25 El segundo módulo óptico puede además estar provisto de medios de procesamiento de señales para la detección en tiempo real de fogonazos. Los medios de procesamiento de señales (módulo de procesamiento) pueden incluir un canal de datos rápido como los canales HDMI o USB3, un procesador de múltiples núcleos y una memoria de alta velocidad como la memoria DDR3.

30 Una distancia de detección mínima de la matriz de plano focal se determina como la distancia máxima a la que un destello predeterminado transmitido en condiciones predeterminadas provoca una carga de píxel para llegar a una carga de saturación de píxeles, es decir, a una distancia desde el sistema óptico superior a la distancia de detección mínima a la que la saturación no se produce. Como se explica con más detalle a continuación, la saturación está causada predominantemente por el circuito de lectura asociado con la matriz de plano focal.

35 El circuito de lectura de la matriz de plano focal puede integrar una corriente que fluye desde cada foto-diodo sobre el tiempo de exposición en un condensador para cada píxel. La carga acumulada N_{Total} puede determinar un cambio de tensión a través del condensador. Sin embargo, dado que el cambio de tensión en el condensador tiene un límite máximo después del cual el circuito de lectura se satura, el acumulado también tiene un límite máximo que puede expresarse de la siguiente manera:

$$N_{max} = V_{max} * C$$

En la que:

- 40 N_{max} representa el límite máximo de una carga acumulada por un píxel,
- V_{max} representa una tensión de saturación del circuito de lectura, y
- C representa una capacitancia del circuito de lectura.

45 Por otra parte, un condensador de un circuito de lectura de un píxel es proporcional al tamaño del píxel del FPA. Se puede evaluar que el tamaño de dicho condensador es de alrededor del 25 % del tamaño de un píxel. Esto lleva a los condensadores típicos del proceso CMOS a una capacitancia máxima de alrededor de 225 fF.

Por lo tanto, un límite máximo de una carga acumulada por un píxel se puede determinar y llevar a una potencia máxima en el sensor que el segundo módulo óptico puede recibir antes de la saturación para una tasa de muestreo establecida. Esto permite derivar una distancia de detección mínima para el segundo módulo óptico. Esto se debe a

que la saturación impide que el sistema estime la radiación total y dependiente del tiempo del destello, que se requiere para distinguir entre un destello legítimo y otros eventos que pueden producir dentro del FOV, como los destellos del sol.

5 El primer módulo óptico está adaptado para detectar destellos de corto alcance. En particular, el primer módulo óptico se adapta para que la distancia de detección máxima del primer módulo óptico exceda la detección mínima del segundo módulo óptico. La distancia de detección máxima del primer módulo óptico se adapta para que se produzca una superposición predeterminada entre los intervalos de detección del primer y el segundo módulo óptico. La superposición puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 300 a 1000 m para los 500 o 300 vatios por esteradiana mencionados anteriormente. El intervalo mínimo del primer módulo óptico puede ser de ejemplo 20 m, que corresponde al intervalo mínimo de disparo de amenazas relevantes. Esto permite proporcionar un sistema óptico que cubre un intervalo dinámico incrementado, lo que le permite evitar la saturación y, por lo tanto, ser efectivo para la detección de amenazas desde 20 metros hasta varios kilómetros. Además, el primer y segundo módulos ópticos están configurados para cubrir un campo de visión común y un campo de visión instantáneo del primer módulo óptico puede ser significativamente superior a un campo de visión instantáneo del segundo módulo óptico. En algunas realizaciones, el primer sensor de infrarrojos puede ser una matriz de plano focal con significativamente menos píxeles que la matriz de plano focal del segundo módulo óptico. El primer sensor óptico puede comprender un número bajo de detectores de infrarrojos, típicamente entre 1 y unos cientos por esterilizador de campo visual y preferiblemente entre 4 y 100. Esto permite que una tasa de muestreo del primer sensor de infrarrojos (primera tasa de muestreo) sea significativamente superior a una tasa de muestreo del segundo sensor de infrarrojos (segunda tasa de muestreo) porque la tasa de datos equivale a un producto del número de píxeles por tasa de muestreo. La primera tasa de muestreo se puede adaptar para permitir la determinación de las características temporales del fogonazo, que se sabe típicamente que están en la escala de 0,05 ms. Por ejemplo, la primera tasa de muestreo puede estar en el intervalo de 10 kHz y superior. En consecuencia, como la tasa de muestreo del primer sensor de infrarrojos es alta y no se aplica una limitación en la capacidad de un circuito de lectura del primer sensor de infrarrojos, la distancia de detección mínima del primer módulo óptico puede ser muy baja.

Además, el primer sensor óptico del primer módulo óptico puede ser configurado para detectar radiaciones SWIR en el intervalo de 1,0 a 2,5 micrómetros, en particular entre 1,4 y 2,5 micrómetros. El solicitante ha encontrado que aunque la detección de dichas radiaciones SWIR no proporciona una sensibilidad óptima, el primer módulo óptico proporciona una mayor eficiencia al utilizar el fotodetector SWIR. En particular, el solicitante ha encontrado que el tiempo de respuesta del sistema óptico ha mejorado. Además, el uso de detectores SWIR limita el calentamiento del sensor a altas tasas de muestreo y permite aumentar la tasa de muestreo del primer sensor de infrarrojos. Eventualmente, dado que los detectores SWIR no requieren enfriamiento adicional, el sistema óptico resultante es menos complejo de fabricar y manipular.

35 **La figura 1** ilustra en general un diagrama funcional de un sistema **100** óptico que combina un primer módulo **1** óptico y un segundo módulo **2** óptico de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación. El sistema **100** óptico puede comprender un módulo **5** electrónico de salida configurado para emitir resultados de detección combinados a un módulo **7** de pantalla. El primer y segundo módulos **1, 2** ópticos pueden operar simultáneamente. El primer y segundo módulos **1, 2** ópticos pueden configurarse para operar independientemente entre sí. El primer y segundo módulos **1, 2** ópticos pueden configurarse para operar en paralelo.

El primer módulo **1** óptico está especialmente configurado para detectar destellos de corto alcance como se explicó anteriormente, de modo que una distancia de detección máxima del primer módulo **1** óptico supera una distancia de detección mínima del segundo módulo **2** óptico. El primer módulo **1** óptico puede comprender un primer sensor **12** de infrarrojos, una primera óptica **16** de recogida y un primer módulo **14** electrónico.

45 El primer sensor **12** de infrarrojos puede incluir uno o más fotodetectores (también citados como único IFOV o múltiples IFOV) configurados para producir una corriente en respuesta a las radiaciones infrarrojas en una banda de infrarrojos predeterminada. Particularmente, el primer sensor de infrarrojos puede incluir entre 1 y unos pocos cientos de fotodetectores. La banda infrarroja predeterminada puede pertenecer preferiblemente a la banda SWIR, es decir, entre 1,0 y 2,5 micrómetros, particularmente entre 1,4 y 2,5 micrómetros. El primer sensor de infrarrojos puede estar provisto de un filtro espectral (no mostrado) para filtrar radiaciones que no pertenecen a la banda infrarroja predeterminada. El filtro espectral puede colocarse aguas arriba o aguas abajo de la óptica de recogida. Los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" se entienden aquí con referencia a una dirección de propagación de la luz, es decir, el filtro puede montarse antes de la óptica de recogida, de manera que la luz se propague a través de la vía de la óptica de recogida o después de la óptica de recogida para que la luz se propague a través de la óptica de recogida en su camino hacia el filtro espectral. El primer sensor **12** de infrarrojos puede comprender un primer circuito de lectura (no mostrado) configurado para leer una corriente producida por la iluminación infrarroja del primer sensor **12** de infrarrojos. El primer circuito de lectura puede configurarse para integrar una corriente que fluye desde cada fotodetector a lo largo de un tiempo de exposición predeterminado en un condensador. Una tasa de muestreo del primer circuito de lectura puede ser muy alta sin crear tasas de datos de cuellos de botella debido al número relativamente pequeño de fotodetectores. Por ejemplo, una tasa de muestreo del primer circuito de lectura puede exceder los 10 MHz.

La primera óptica **16** de recogida puede ser o bien la óptica de formación de imágenes o la óptica de no formación de imágenes. En algunas realizaciones, el primer sensor de infrarrojos puede ser un solo IFOV y la primera óptica de recogida puede ser una óptica sin formación de imágenes, tal como un concentrado parabólico compuesto (CPC) o un concentrador de reflexión interna totalmente dieléctrico (DTIRC). En algunas realizaciones, el primer sensor de infrarrojos puede ser un solo IFOV o varios IFOV y la óptica de recogida puede ser una óptica de formación de imágenes. En algunas realizaciones, el primer sensor de infrarrojos puede ser una serie de sensores IFOV individuales dispuestos en una configuración de ojo de insecto y las ópticas de recogida pueden ser ópticas sin formación de imágenes para transferir luz en cada una de las IFOV individuales. En estas realizaciones, los sensores pueden no compartir la misma óptica de recogida y cada píxel puede tener su propio CPC o DTIRC de recogida de ópticas sin formación de imágenes.

El primer módulo **14** electrónico puede estar configurado para recibir una salida de señal mediante el circuito de lectura. El módulo **14** electrónico puede comprender un amplificador y un convertidor de analógico a digital (ADC) al cual se proporciona secuencialmente la salida de señal mediante el circuito de lectura. El primer módulo **14** electrónico puede comprender además una unidad de procesamiento configurada para recibir una señal de salida por el ADC y para ejecutar uno o más algoritmos de detección para detectar destellos. En algunas realizaciones en las que el primer sensor de infrarrojos comprende una matriz de plano focal y las ópticas de recogida son ópticas de formación de imágenes, una posición de un píxel en el plano de imagen de las ópticas de recogida puede permitir proporcionar una dirección de un destello detectado con respecto a una línea de visión del sistema óptico. El primer módulo **14** electrónico puede configurarse para ejecutar uno o más de los algoritmos de umbral de potencia, algoritmos de coincidencia de patrones temporales, algoritmos de extensión espacial y algoritmos de evaluación espectral.

Las figuras 2A-2C ilustran varios algoritmos de detección de umbral de potencia que pueden ser ejecutados por el primer módulo **14** electrónico. **La figura 2A** ilustra un algoritmo de detección de umbral de potencia estándar: se detecta un destello cuando la señal excede un umbral constante s_0 . **La figura 2B** ilustra un algoritmo de umbral de potencia más avanzado que implica el cálculo de un umbral adaptativo promedio $s_0(t)$. Se detecta un destello cuando la señal excede el umbral adaptativo $s_0(t)$. **La figura 2C** ilustra otra realización de un algoritmo de detección de umbral de potencia que consiste en la medición de desplazamientos oscuros s_d durante un periodo en blanco δT y posteriormente la determinación de si la señal excede la suma de s_d y s_0 o $s_0(t)$.

Las figuras 3A-3B ilustran un algoritmo de coincidencia de patrones temporales que puede ser ejecutado por el primer módulo **14** electrónico. Más particularmente, **la figura 3A** ilustra un patrón objetivo $S_p(t)$ almacenado preliminarmente como una serie de muestras y **la figura 3B** ilustra una señal $S(t)$ proporcionada al primer módulo **14** electrónico. Un conjunto de patrones de destino puede almacenarse previamente como una biblioteca de patrones en una memoria del módulo electrónico. En algunas realizaciones, el algoritmo de coincidencia de patrones temporales puede implicar la correlación de la señal $S(t)$ con la biblioteca de patrones y determinar si una correlación satisface un umbral de elegibilidad. En algunas realizaciones, el algoritmo de coincidencia de patrones temporales implica una medida de dependencia no lineal para asociar un evento de destello y una versión almacenada. En algunas otras realizaciones, el algoritmo de coincidencia de patrones temporales puede implicar la determinación de una longitud de impulso Δt en base a un umbral de potencia constante, adaptable o de compensación como se discutió anteriormente y comparar la longitud de pulso con una biblioteca de longitud de pulsos previamente almacenada. Debido a la alta tasa de muestreo del primer circuito de lectura, el algoritmo de coincidencia de patrones temporales puede implementarse de manera eficiente.

La figura 4 ilustra un algoritmo de detección de extensión espacial que puede ser ejecutado por el primer módulo **14** electrónico. El algoritmo de detección de extensión espacial se puede usar en realizaciones en las que el primer módulo óptico comprende una matriz de plano focal y una óptica de recogida de imágenes. Como se muestra en **la figura 4**, las radiaciones infrarrojas pueden enfocarse en la matriz **12** del plano focal para formar un primer punto **60** y un segundo punto **65**. El algoritmo del área de extensión espacial apunta a descalificar falsas alarmas cuya extensión espacial en la matriz del plano focal no coincida con una extensión espacial de destello típica. Por ejemplo, el algoritmo del área de extensión espacial puede descalificar un destello detectado si el destello detectado se extiende sobre más de 4 píxeles adyacentes dispuestos como un cuadrado. Esto permite reducir eficientemente las falsas alarmas. De hecho, un destello es generalmente un evento de subpíxel, lo que significa que representa una parte del IFOV. Esto significa que el IFOV recoge la radiación colectiva del destello y el desorden. En algunos casos, la radiación del destello puede dividirse entre IFOV adyacentes. Una señal que aparece en más IFOV adyacentes generalmente no es un destello, a menos que esté muy cerca del sensor, por lo que el tamaño del destello es más grande que el IFOV, o muy intenso y, por lo tanto, causa fenómenos internos del sensor, como la floración que causa la señal para aparecer en los IFOV que no deben recoger la radiación de ese destello.

Con referencia nuevamente a **la figura 1**, el segundo módulo **2** óptico del sistema **100** óptico puede configurarse para detectar destellos de largo alcance como se explicó anteriormente, de modo que una distancia de detección máxima del segundo módulo **2** óptico excede significativamente la distancia de detección máxima del primer módulo **1** óptico. El segundo módulo **2** óptico puede comprender ópticas **26** de recogida, un segundo sensor **22** de infrarrojos y un segundo módulo **24** electrónico. La óptica **26** de recogida puede ser óptica de formación de imágenes y el segundo sensor **22** de infrarrojos puede comprender una matriz de plano focal dispuesta en un plano de imagen de la óptica **26** de recogida. Como se explicó anteriormente, la matriz de plano focal del segundo módulo

5 óptico puede comprender decenas de miles de píxeles y puede proporcionarse con un segundo circuito de lectura configurado para leer la corriente producida por cada píxel de la matriz de plano focal. La tasa de muestreo del segundo circuito de lectura puede estar limitada debido a la gran cantidad de píxeles de la segunda matriz del plano focal para evitar crear cuellos de botella debido a las tasas de datos excesivamente altas. La segunda tasa de muestreo del segundo circuito de lectura puede ser de aproximadamente 100 Hz a 1000 Hz. El segundo módulo **24** electrónico también puede comprender un amplificador, un ADC y un procesador de señales al que puede proporcionarse secuencialmente una salida de señal del segundo circuito de lectura. El segundo módulo **24** electrónico puede configurarse para realizar algoritmos de detección de destellos como se describe anteriormente, es decir, algoritmos de detección de umbral de potencia, algoritmos de coincidencia de patrones temporales y/o algoritmos de extensión espacial. Sin embargo, como la tasa de muestreo del segundo circuito de lectura es relativamente baja, los algoritmos de coincidencia de patrones temporales pueden no ser tan eficientes como en el módulo óptico de corto alcance.

15 Los resultados de la detección del primer y segundo módulos electrónicos se pueden proporcionar al módulo **5** de salida electrónica. De hecho, parte o la totalidad de las operaciones realizadas por el primer y segundo módulos **14**, **24** electrónicos pueden realizarse alternativamente por el módulo **5** de salida electrónico. Además, el módulo **5** de salida puede combinar los resultados de detección del primer y segundo módulos **1**, **2** ópticos. Por lo tanto, el primer y segundo módulos **1**, **2** ópticos pueden cooperar para mejorar la precisión de una medición de la dirección de un evento detectado por el primer módulo **1** óptico. De hecho, en realizaciones en las que el primer módulo **1** óptico comprende una serie de fotodetectores, es posible determinar una dirección de los destellos de corto alcance con respecto a una línea de visión del sistema óptico. Sin embargo, el primer módulo **1** óptico solo contiene algunos píxeles y, por lo tanto, la precisión de dicha medición de posición puede ser deficiente. En particular para una tarea de detección de destellos, el módulo **5** de salida puede configurarse para descartar los resultados de detección del segundo módulo óptico cuando el segundo módulo óptico está saturado y para descartar los resultados de detección del primer módulo óptico cuando se proporciona una relación de señal a ruido mediante el primer módulo óptico que está por debajo de un umbral predeterminado. De hecho, cuando el destello se produce a un largo alcance, puede ser demasiado débil para que el primer módulo óptico lo detecte. Sin embargo, el alto número de píxeles del segundo módulo óptico permite filtrar el desorden y detectar el destello. Además, cuando el destello se produce a corto alcance, el píxel o píxeles del segundo módulo óptico que corresponde a la dirección hacia el destello puede estar saturado por la alta intensidad de radiación del destello, que le impide determinar que el destello es un objetivo legítimo (aunque es un candidato porque tiene una intensidad de radiación significativamente mayor que la del desorden). Sin embargo, el primer módulo óptico puede no estar saturado, y en corto alcance su señal de saturación puede ser lo suficientemente alta como para permitir la detección. En una tarea de localización de destellos, la dirección precisa del destello se puede obtener utilizando el segundo módulo óptico de alto número de píxeles. De hecho, la dirección del destello puede obtenerse a partir de los píxeles saturados, basándose en el supuesto de que un píxel saturado o un grupo (agrupado) de píxeles saturados, que se saturaron simultáneamente con el evento detectado por el primer módulo óptico, corresponde al mismo evento de destello legítimo que fue detectado por el primer módulo óptico. En otras palabras, en algunas realizaciones, el sistema óptico puede configurarse de tal manera que cuando el segundo sensor de infrarrojos está saturado y el primer sensor de infrarrojos detecta un destello, la determinación de la dirección del destello detectado se basa en la posición de uno o más píxeles saturados en el segundo sensor de infrarrojos. En estas realizaciones, los resultados de detección del segundo módulo se descartan en la tarea de detectar una presencia de un destello de corto alcance (tarea de detección de destellos) pero participan en la tarea de localizar dicho destello de corto alcance (tarea de localización de destellos). Además, cuando se produce un destello en una parte común de los intervalos dinámicos del primer y segundo módulos ópticos, ambos sensores ópticos pueden participar en la fase de detección de destellos (tarea), mientras que la precisión de la dirección mejorada puede obtenerse mediante el segundo módulo óptico de recuento de píxeles altos. En este caso, cuando ambos sensores participan en la fase de detección, el módulo **5** de salida puede usar los datos de ambos sensores, que pueden diferir en al menos uno de la tasa de muestreo, la resolución y el espectro, para lograr una mejor decisión que la que podría lograr si solo se utiliza un sensor.

50 Los resultados combinados, que pueden proporcionar datos sobre el destello detectado y dirección hacia el destello detectado se pueden mostrar por la unidad **7** de visualización que puede estar configurado para emitir una detección de destello y/o una dirección de destello, por ejemplo, como una indicación en una pantalla de visualización.

55 Con referencia ahora a **las figuras 5 y 6** que se relacionan con la capacidad multispectral, se observa que en algunas realizaciones, un primer y/o un segundo módulo del sistema óptico pueden configurarse como un sistema de detección/formación de imágenes de banda dual y emplear una banda SWIR y una banda visible para distinguir entre las fuentes de luminosidad óptica dentro de una escena que probablemente sean emisores de cuerpo negro (o cuerpo gris) activos (por ejemplo, calientes) con una temperatura efectiva en el intervalo de 1200 K-2500 K (fogonazos) de otras fuentes ópticas.

60 **La figura 5** ilustra un módulo **200** de banda dual configurado para proporcionar imágenes de banda dual de una escena. En algunas realizaciones de la presente divulgación, el módulo **200** de banda dual puede reemplazar el módulo óptico de largo alcance o el de corto alcance descrito anteriormente.

El módulo **200** de banda dual puede tener una configuración óptica plegada y está configurado para permitir la adquisición simultánea de una escena común en dos bandas espectrales separadas, por ejemplo, una banda visible,

y una banda SWIR. El módulo **200** de banda dual comprende un canal **110** común, un primer canal **130** y un segundo canal **140**. El canal **111** común puede comprender una óptica **260** común y una disposición **250** de divisor de haz configurada para dividir el canal **110** común en el primer y segundo canales **130**, **140**. En algunas realizaciones, la disposición **112** de divisor de haz puede comprender un espejo dicróico y un espejo estándar. La óptica **260** común puede usarse como una abertura única para adquirir imágenes en ambas bandas espectrales. El primer y segundo canales **130**, **140** pueden configurarse para adquirir respectivamente las imágenes en la banda de longitud de onda larga y en la banda de longitud de onda corta.

El primer y segundo canales **130**, **140** pueden incluir, respectivamente, una matriz **220** de plano focal visible y una matriz **222** de plano focal SWIR. Las matrices **220**, **222** de plano focal visible y SWIR pueden registrarse espacialmente. Por lo tanto, cada área de origen dentro de un campo de visión del sistema óptico de banda dual puede asociarse con una irradiancia de píxeles visible recogida en un píxel de la matriz del plano focal visible (FPA) del canal visible y una irradiancia de píxeles SWIR recogida en un píxel de una matriz de plano focal SWIR de la matriz de plano focal (FPA) SWIR. Se observa que el término "píxeles correspondientes" se refiere a los píxeles respectivos de la matriz de plano focal (FPA) visible y SWIR, que representan un área idéntica de una escena cuando se opera el módulo de banda dual, es decir, se utiliza para visualizar una escena. El primer y segundo canales **130**, **140** pueden comprender además respectivamente un filtro visible y SWIR espectral **223**, **225** dispuestos aguas arriba de las matrices **220**, **222** de plano focal visible y SWIR.

Las matrices **220**, **222** de plano focal visible y SWIR pueden estar provistas, respectivamente, de circuitos de lectura que proporcionan señales de detección a un módulo **240** electrónico de banda dual. El módulo **240** electrónico de banda dual puede configurarse para realizar algoritmos de detección de destellos como se describe anteriormente, es decir, algoritmos de detección de umbral de potencia, algoritmos de coincidencia de patrones temporales y/o algoritmos de extensión espacial. Además, el módulo electrónico de banda dual puede configurarse para realizar algoritmos de detección de relación espectral. El algoritmo de detección de relación espectral puede ser particularmente eficiente para detectar falsas alarmas. En algunas realizaciones, el algoritmo de relación espectral puede implicar la comparación de intensidades en las imágenes adquiridas en ambas bandas espectrales. De hecho, se afirma que los fogonazos pueden detectarse de manera eficiente utilizando imágenes de banda dual al detectar si se cumple una relación entre la irradiancia recogida en la banda de longitud de onda larga y el cambio de irradiancia recogido en la banda de longitud de onda corta para un área correspondiente de las imágenes de banda dual satisface un umbral predefinido. De hecho, el solicitante ha encontrado que los fogonazos pueden modelarse como emisores de cuerpo gris o negro con una temperatura efectiva de alrededor de 1200 K-2500 K que tienen una emisión extremadamente baja en la banda de longitud de onda corta. La figura 6 ilustra aproximadamente las curvas de Planck para una temperatura de 6000 K que es característica de la iluminación solar directa y para temperaturas de 1500 K, 2000 K y 2500 K que se han encontrado como características de eventos de fogonazos. Como se puede ver en la figura 6, los fogonazos se pueden distinguir de la iluminación directa mediante el análisis de la distribución de la irradiancia espectral debido a una relación entre la irradiancia recogida en la banda de longitud de onda larga **B1** y la irradiada recogida en la banda de longitud de onda corta **B2** para el fogonazo y los eventos de detonación son particularmente grandes, generalmente mayores de 20 y, por lo tanto, característicos (distintivos) de los fogonazos. En algunas realizaciones, el sistema óptico puede configurarse de manera tal que B1 cubra entre 1,5 y 1,7 micrómetros.

Además, los algoritmos de relación espectrales pueden incluir la comparación de una distribución de la irradiancia recibida de una o más porciones del campo de vista común en varias bandas de frecuencia con las distribuciones de irradiancia objetivo almacenadas previamente. Además, los algoritmos de relación espectral pueden implicar un análisis de patrón de una variación de una distribución espectral a lo largo del tiempo. Una arquitectura de detección de destello espectral doble o múltiple favorece el sensor que no se satura. Esto se debe a que un sensor saturado no proporciona una evaluación cuantitativa de la intensidad de la radiación (solo un valor mínimo de la misma) y, por lo tanto, no se puede calcular la relación espectral del destello en las dos bandas. Esto puede evitar que el sistema distinga entre un destello legítimo y un destello del sol, que se puede diferenciar por su relación espectral y/o por su variación de una distribución espectral a lo largo del tiempo. Por lo tanto, la necesidad de resolver el problema de la saturación en el recuento de alto píxel espectral dual o multiservicio se mejora aún más, lo que aumenta la importancia de un primer módulo óptico como se propone aquí.

Por motivos de concisión, se observa que una configuración desplegada, incluyendo dos ópticas de recogida no se ilustra, pero también es abarcada por la presente divulgación. Además, se observa que el divisor de haz puede ser opcional en una configuración que incluye un detector en sándwich, es decir, en el que se superponen las matrices de plano focal visible y SWIR.

Aunque se han ilustrado y descrito ciertas características de la invención en el presente documento, a muchos expertos en la técnica se les ocurrirán muchas modificaciones, sustituciones, y equivalentes.

Se apreciará que las realizaciones descritas anteriormente se citan a modo de ejemplo, y varias características de la misma y combinaciones de estas características pueden variarse y modificarse.

También se entenderá que el sistema de acuerdo con la presente materia objeto divulgada puede implementarse, al menos en parte, como un ordenador programado adecuadamente. Del mismo modo, la materia objeto actualmente

divulgada contempla un programa de ordenador que puede ser leído por un ordenador para ejecutar el procedimiento divulgado. La materia objeto actualmente divulgada contempla además una memoria legible por máquina que incorpora de manera tangible un programa de instrucciones ejecutables por máquina para ejecutar el procedimiento descrito.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema óptico adecuado para detectar fogonazos en una escena, comprendiendo el sistema óptico:

- un primer módulo (1) óptico adaptado para detectar destellos a corto alcance del sistema óptico analizando la irradiancia recibida en un primer sensor (12) de infrarrojos;
- 5 - un segundo módulo (2) óptico adaptado para detectar destellos a largo alcance del sistema óptico analizando la irradiancia recibida en un segundo sensor (22) de infrarrojos;

en el que:

- los módulos (1, 2) ópticos primero y segundo están configurados para compartir un campo de visión común,

estando dicho sistema óptico **caracterizado porque:**

- 10 - los módulos (1, 2) ópticos primero y segundo están configurados de modo que una primera distancia de detección máxima a la que el primer sensor (12) de infrarrojos detecta un destello predeterminado con una relación de señal/ruido marginal predeterminada que es superior a una distancia de detección mínima del segundo módulo (2) óptico a la que el destello predeterminado satura el segundo sensor (22) de infrarrojos, de modo que se produce un solapamiento predeterminado entre los alcances de detección de los módulos ópticos primero y segundo, y

- 15 - el primer sensor (12) de infrarrojos comprende significativamente menos píxeles que el segundo sensor (22) de infrarrojos, de modo que un campo de visión instantáneo del primer sensor (12) de infrarrojos es significativamente superior a un campo de visión instantáneo del segundo sensor (22) de infrarrojos.

20 2. El sistema óptico según la reivindicación 1, en el que los módulos (1, 2) ópticos primero y segundo están configurados de modo que una primera distancia de detección máxima a la que el primer sensor (12) de infrarrojos detecta un destello predeterminado con una relación de señal/ruido marginal, es significativamente inferior a una segunda distancia de detección máxima a la que el segundo sensor (22) de infrarrojos detecta el destello predeterminado con la relación de señal/ruido marginal predeterminada.

25 3. El sistema óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una tasa de muestreo del primer sensor (12) de infrarrojos es significativamente superior a una tasa de muestreo del segundo sensor (22) de infrarrojos.

4. El sistema óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los módulos (1, 2) ópticos primero y segundo están configurados de modo que los módulos (1, 2) ópticos primero y segundo operan exclusivamente de forma concurrente.

30 5. El sistema óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los módulos (1, 2) ópticos primero y segundo producen ambos resultados de detección a un módulo (5) de salida.

6. El sistema óptico según la reivindicación 5, en el que el módulo (5) de salida está configurado para:

- 35 - descartar los resultados de detección del segundo módulo (2) para la detección de destellos cuando el segundo sensor (22) de infrarrojos está saturado por un destello que se produce a corto alcance del sistema óptico;
- descartar los resultados de detección del primer módulo (1) para la detección de destellos cuando la relación de señal/ruido de una señal producida por el primer sensor (11) de infrarrojos en respuesta a un destello que se produce a largo alcance del sistema óptico está por debajo de un umbral predeterminado; y
- 40 - combinar los resultados de detección de los módulos (1, 2) primero y segundo para la detección de destellos cuando se produce un destello en un intervalo de detección superpuesta de los módulos (1, 2) primero y segundo, de manera que la relación de señal/ruido del primer módulo (1) está por encima del umbral predeterminado y el segundo sensor (22) de infrarrojos no está saturado.

7. El sistema óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los módulos (1, 2) ópticos primero y/o segundo están configurados para detectar destellos utilizando uno o más algoritmos de detección de umbral de potencia.

45 8. El sistema óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer módulo (1) óptico está configurado para detectar destellos usando uno o más algoritmos de coincidencia de patrones temporales, y en el que el uno o más algoritmos de coincidencia de patrones temporales comprenden detectar una forma de pulso en una señal producida por el primer sensor (11) de infrarrojos en respuesta a la iluminación infrarroja y comparar una longitud de la forma de pulso detectada con un intervalo de longitud de pulso predeterminado.

50 9. El sistema óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer módulo (1) óptico y/o el segundo módulo (2) óptico están configurados además para proporcionar una detección multiespectral del campo de visión común y en el que dichos módulos (1, 2) ópticos primero y/o segundo están configurados para detectar destellos utilizando uno o más algoritmos de relación espectral.

10. El sistema óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer sensor (1) de infrarrojos y/o el segundo sensor (2) de infrarrojos comprenden una matriz de plano focal y en el que dichos módulos (1, 2) ópticos primero y/o segundo están configurados para descartar destellos en función de la extensión espacial de un destello en la matriz de plano focal.
- 5 11. El sistema óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer sensor (11) de infrarrojos es una primera matriz de plano focal y el primer módulo (1) óptico comprende además una primera óptica de formación de imágenes para formar una imagen en la primera matriz de plano focal del campo de visión común.
12. El sistema óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo sensor (22) de infrarrojos es una segunda matriz de plano focal y el segundo módulo (2) óptico comprende además una segunda óptica de formación de imágenes para formar una imagen en la segunda matriz de plano focal del campo de visión común.
- 10 13. El sistema óptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el segundo sensor (22) de infrarrojos comprende una matriz bidimensional de sensores aislados dispuestos en una configuración de ojo de insecto en el que cada sensor está asociado con una óptica de recogida sin formación de imágenes.

15

Fig. 1

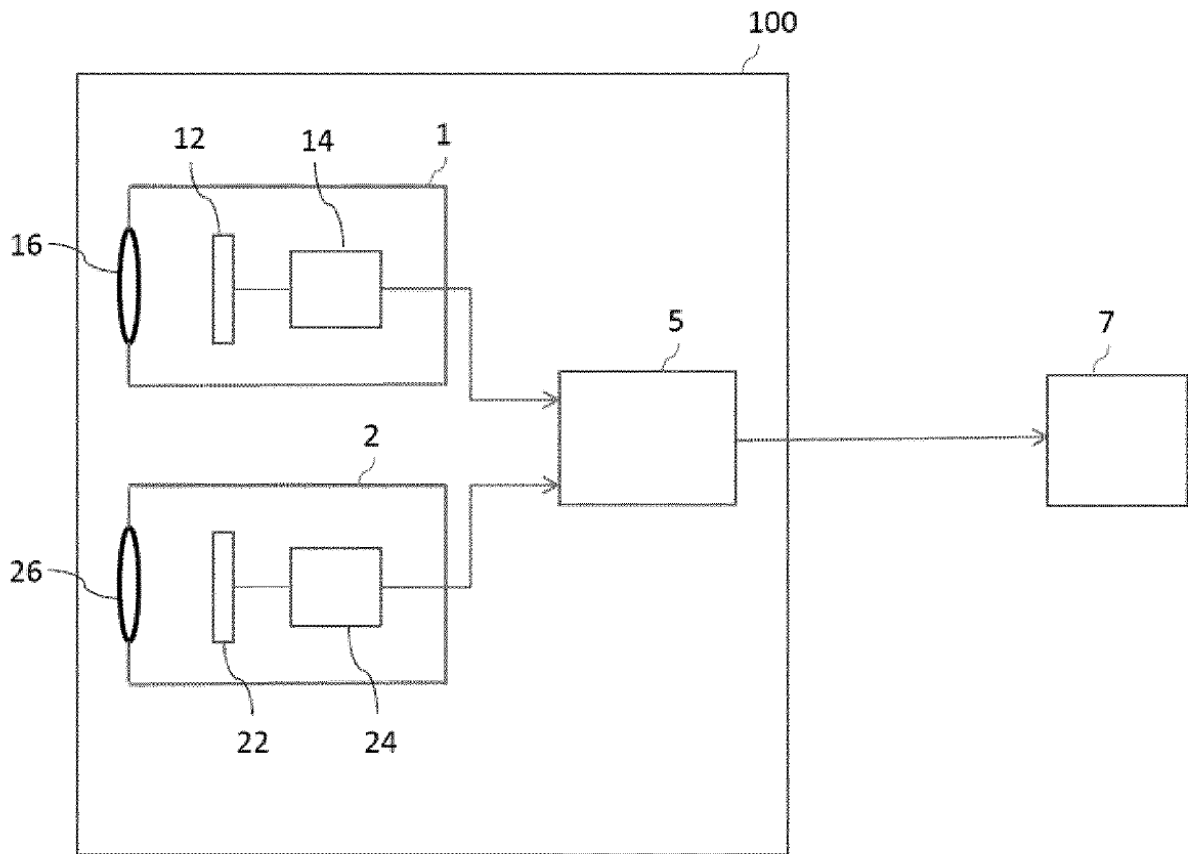


Fig. 2A

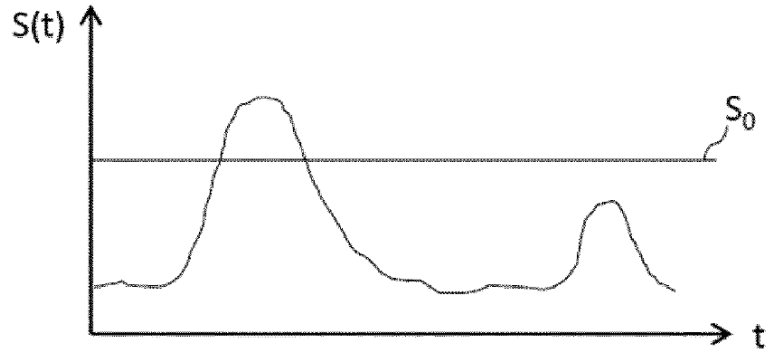


Fig. 2B

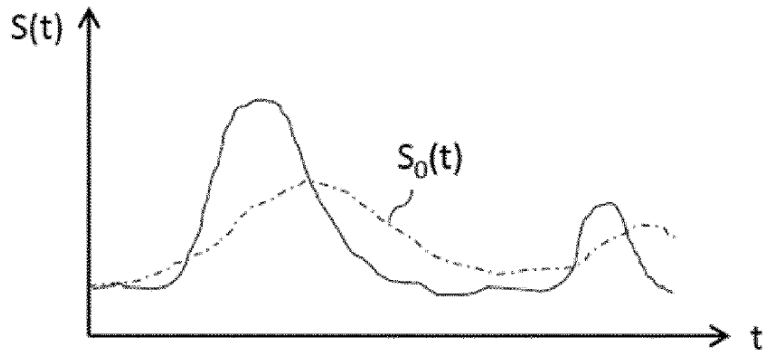


Fig. 2C

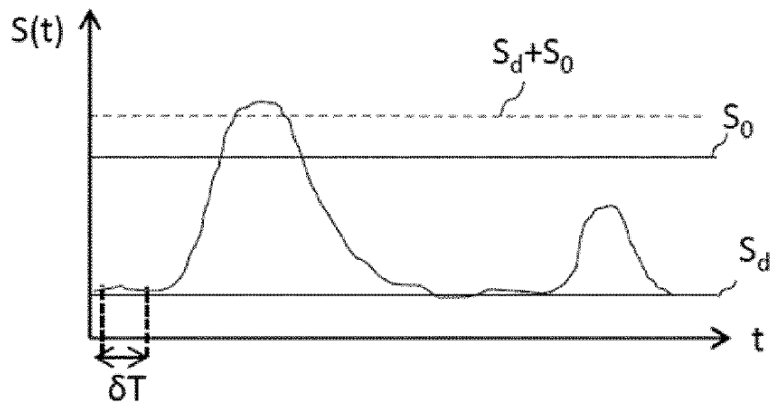


Fig. 3A

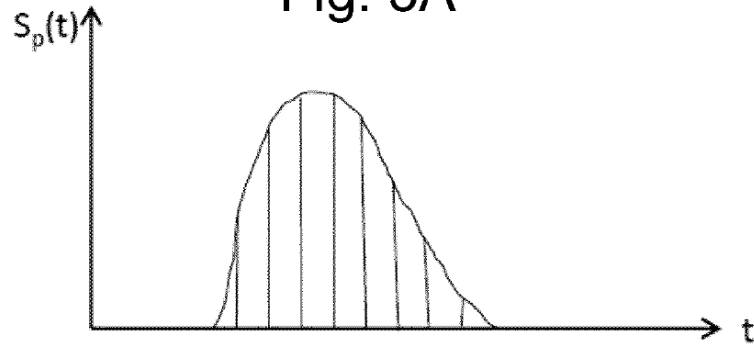


Fig. 3B

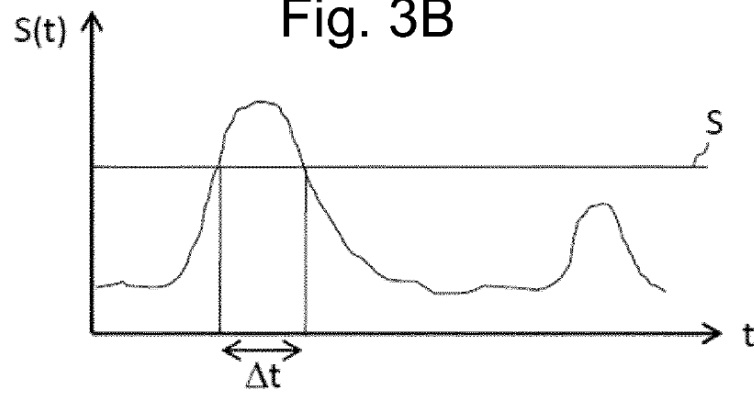


Fig. 4

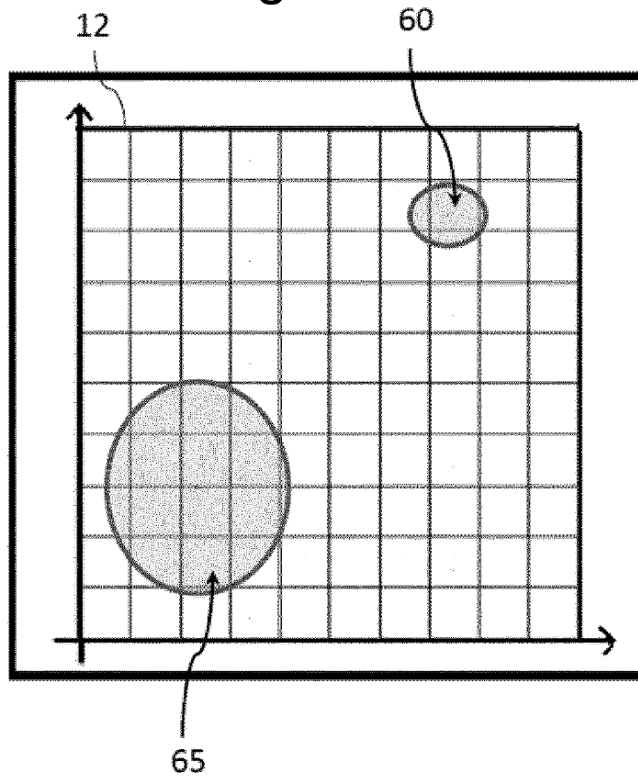


Fig. 5

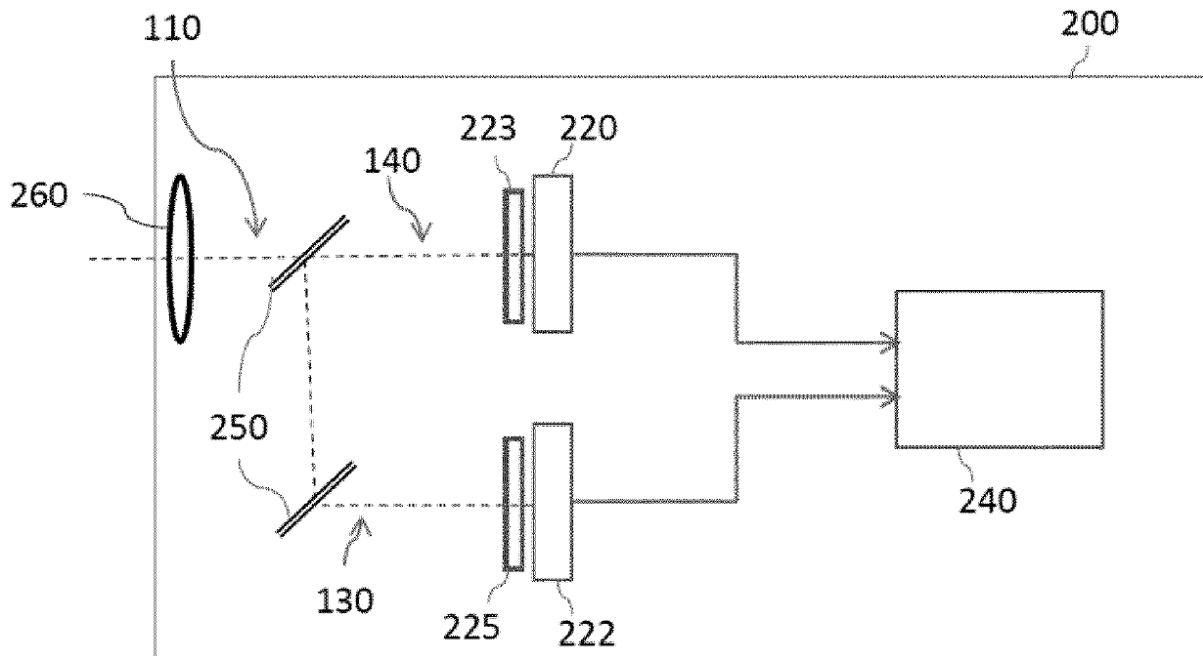


Fig. 6

