(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 459 748**

(51) Int. CI.:

G01S 17/89 (2006.01)
G01S 7/486 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2004 E 04708004 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2014 EP 1595162**

(54) Título: **Sistema y método de formación de imágenes con cámara con desbloqueo periódico con un láser**

(30) Prioridad:

16.02.2003 IL 15447903

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.05.2014

(73) Titular/es:

ELBIT SYSTEMS LTD. (100.0%)
ADVANCED TECHNOLOGY CENTER, HOF HARCAMEL, P.O. BOX 539
31053 HAIFA, IL

(72) Inventor/es:

INBAR, SHAMIR y
DAVID, OFER

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

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

DESCRIPCIÓN

Sistema y método de formación de imágenes con cámara con desbloqueo periódico con un láser

Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, al campo de los sistemas ópticos de observación, y más concretamente a un sistema de observación con un canal de TV diurno y nocturno, a larga distancia, que opera usando el principio de formación de imágenes con desbloqueo periódico, y a métodos aplicados en tales sistemas.

Antecedentes de la invención

Dentro de los sistemas de observación y vigilancia a larga distancia es conocido el método de la detección e identificación de un blanco usando sistemas de TV que incluyen una cámara y una lente con larga distancia focal.

La capacidad para recoger luz de una lente con larga distancia focal es limitada debido a restricciones de volumen, peso y coste.

Incluso cuando una cámara incluye en su montaje un SLS (Star Light System) (Sistema de luz estelar), bajo condiciones de inferior visibilidad, la intensidad de la luz natural de fondo no es suficiente para hacer posible la producción de una imagen con una adecuada relación de señal-ruido para explotar la capacidad de resolución total de la cámara y distinguir los finos detalles del blanco con el fin de obtener su identificación en la imagen.

De noche, tales sistemas de TV requieren la adición de una fuente de luz auxiliar que ilumine el blanco con el fin de mejorar la calidad de la imagen recibida. Esta fuente de luz auxiliar puede ser un dispositivo láser capaz de producir un haz de luz que sea paralelo a la línea visual (de aquí en adelante LOS) de la cámara, y que ilumine el campo de visión (de aquí en adelante FOV) de la cámara o de una parte suya.

Un problema conocido, inherente a los sistemas de observación y vigilancia, es la necesidad de superar las condiciones inclementes, tales como: humedad, neblina, niebla, bruma, humo o lluvia que pudieran estar presentes en el espacio que hay entre los sistemas de observación y vigilancia y el blanco que está siendo observado. Existe un problema similar para sistemas de observación que operan en otros medios, por ejemplo, la influencia de la dispersión en agua en las observaciones, bajo el agua, que se están realizando bien desde el aire o desde el propio agua.

En los sistemas de observación y vigilancia por TV que tienen integrado un dispositivo láser que actúa como una fuente de iluminación, como se mencionó anteriormente, la interferencia en el medio entre el sistema y el blanco, por la neblina que resulta de aerosoles que rondan por el aire, en el caso del medio atmosférico, puede originar una retrodispersión de parte del haz láser. La retrodispersión del haz láser da como resultado el auto-deslumbramiento de la cámara y reduce por eso el contraste del blanco respecto al fondo. Bajo condiciones nocturnas, la reducción del contraste da como resultado una disminución significativa de la eficacia en la detección e identificación del blanco, en comparación con la eficacia alcanzable en la detección e identificación del blanco en condiciones de luz diurna.

Con el fin de reducir las influencias negativas presentes en el espacio entre el sistema de observación y vigilancia por TV con láser acoplado y el blanco, el sensor de la cámara de TV se sincroniza, en el tiempo, con el momento en el que en el montaje óptico se recibe la energía reflejada precedente del blanco iluminado por el láser.

En este planteamiento, un láser genera pulsos cortos de luz a una frecuencia dada, con la cámara de TV activada a una frecuencia similar. La cámara de TV, sin embargo, se activa con un retardo temporal que corresponde relativamente a la frecuencia de los pulsos de láser.

Por eso, cuando la luz del haz láser es enviada al blanco, la función de recepción de la cámara se pone en estado OFF (apagado). La luz láser, que viaja a la velocidad de la luz hacia el blanco, incide sobre el blanco y lo ilumina a él y a las proximidades que lo rodean. Una pequeña parte de la luz láser es reflejada de vuelta hacia la cámara.

La luz láser reflejada hacia atrás como reflejos de luz que proceden del medio, por ejemplo de la atmósfera que está significativamente cerca de la cámara (respecto a la distancia entre la cámara y el blanco), alcanza la cámara cuando está todavía en estado OFF. La luz, por eso, no es recibida por la cámara y no tiene influencia ni reduce el contraste de la imagen.

Por el contrario, los reflejos de luz que alcanzan la cámara, procedentes del blanco y de sus zonas adyacentes que lo rodean, llegan cuando la cámara está ya en estado ON, es decir en el estado de recepción, y por eso son recogidos al completo.

La cámara cambia del estado OFF al ON de una manera sincronizada en el tiempo con el tiempo que tarda el pulso en viajar al blanco y regresar.

Después de la recepción de la imagen del blanco, su vecindad adyacente, y su subsiguiente almacenamiento, la cámara vuelve al estado OFF y el sistema aguarda a la trasmisión del siguiente pulso de láser.´

Este procedimiento se repite cíclicamente a una velocidad establecida según la distancia al blanco, la velocidad de la luz, y las limitaciones establecidas por el dispositivo láser y la cámara.

La aplicación de este procedimiento hace posible la producción de una imagen dinámica en tiempo real.

La solución anteriormente presentada es conocida como uso de la televisión/TV con desbloqueo periódico para minimizar la retrodispersión desbloqueando periódicamente las imágenes de cualquier medio que intervenga entre el blanco y el montaje óptico.

La patente de EE.UU. Nº 5.408.541 a Sewell, titulada “Method and system for recognizing targets at long range ranges” describe un método que incluye la detección del blanco, que conduce a una medida preliminar de la distancia al blanco, y a calcular la posición respecto a las coordenadas en las que fue detectado el blanco. A continuación, los datos de la distancia se introducen en un sensor de televisión con desbloqueo periódico que sirve como dispositivo de formación de imagen. Después de eso, el área estimada del blanco es iluminada por un láser pulsado, de acuerdo con la distancia medida y los datos concernientes a la ubicación. La energía que vuelve desde el blanco se procesa y se convierte en una visualización como una imagen de TV.

La Patente de EE.UU. 4.920.412 a Gerdt *et al*, titulada “Atmospheric obscurant penetrating target observation system with range gating” describe un sistema para formar una imagen de una escena, oscurecida por oscurecedores atmosféricos, y determinar la distancia a los blancos iluminados en la escena.

El sistema incluye una cámara de televisión con un intensificador de imagen con desbloqueo periódico. Se transmiten intensos pulsos cortos de láser a diferentes tramos de distancias con el fin de iluminar la escena. El intensificador de imagen se desbloquea periódicamente con un retardo en el tiempo igual al tiempo del tránsito de ida y vuelta del pulso desde un tramo de distancia de interés. El intensificador de imagen se desbloquea periódicamente durante un intervalo de tiempo igual a la amplitud del pulso de láser. Se transmite un pulso láser por fotograma y se observan sucesivos tramos de distancia durante sucesivos fotogramas aumentando sucesivamente el retardo del tiempo. Las imágenes de los tramos de distancia se almacenan en un búfer y se emite a una pantalla de televisión.

La Patente de GB Nº 2.308.763 a Bagnall-Wild, titulada “Laser range finders” describe un método y un sistema para reducir la recepción de señales falsas reflejadas, denominadas “ecos parásitos”, en los telémetros láser. El método incluye seleccionar un pulso procedente de un objeto que constituye el blanco, de una serie de pulsos que incluyen pulsos reflejados desde objetos que producen ecos parásitos. Dependiendo de las circunstancias, se selecciona o bien el último pulso recibido que excede una fracción predeterminada de la amplitud máxima de los pulsos, o se selecciona el primer pulso recibido que excede una fracción predeterminada de la amplitud máxima de los pulsos. El método incluye también seleccionar una zona de visualización de distancias y descartar los pulsos que caen fuera de la zona de visualización, y definir una condición o conjunto de condiciones que hace posible establecer el nivel de desborde de pulsos de luz láser sobre un blanco, que se va a clasificar o “alto” o “bajo”.

Hay que indicar que Sewell requiere una medida preliminar de la distancia mediante un indicado telémetro láser (medidor). La línea de medida al blanco del medidor láser tiene que ser paralela, de una manera muy precisa, a la LOS del sistema de observación. Un instrumento de esta clase puede ser voluminoso (tanto grande como pesado), relativamente caro, y no necesariamente aplicable a todos los tipos de sistemas de observación y vigilancia. Hay que indicar que la imagen televisada, del sistema de Gerdt, se rehace constantemente durante la observación, y que la imagen parece similar a la televisión de barrido lento y puede ser ligeramente errática para naves que se mueven rápidamente.

Por eso, hay una necesidad de un sistema de observación para aplicaciones diurnas y nocturnas, basadas en el principio de formación de imágenes con desbloqueo periódico, que puede adaptarse a observaciones a largas distancias que no necesitan una medida preliminar de la distancia al blanco.

Compendio de la invención

Según una realización de la invención, se proporciona un sistema de formación de imagen con láser que incluye un dispositivo láser para generar un haz de energía láser en forma de pulsos. El sistema incluye además un montaje de cámara que se desbloquea periódicamente para recibir la energía de los reflejos de luz de los pulsos reflejados desde los objetos situados entre una distancia Lm y una distancia Lt, donde la distancia Lm es una distancia mínima desde la que el sistema desea recibir los reflejos, y donde la distancia Lt es la distancia más alejada del sistema a la cual está situado el blanco. El desbloqueo periódico del montaje de cámara está sincronizado para que esté en un estado OFF durante al menos el tiempo que tarda el dispositivo láser en producir un pulso láser de los pulsos, además del tiempo adicional que tarda la totalidad sustancial del pulso láser en completar longitudinalmente la distancia Lm y reflejarse de vuelta al montaje de cámara. El desbloqueo periódico del montaje de cámara está sincronizado para que esté en un estado ON durante una cantidad de tiempo a partir de ese momento hasta que la totalidad sustancial del pulso láser se refleje de vuelta, desde la distancia Lt y sea recibida por el montaje de cámara.

El pulso láser incluye una larga anchura de pulsos que sustancialmente corresponde, en duración, a la cantidad de tiempo que está el montaje de cámara en estado ON, de manera que los reflejos procedentes de los objetos próximos a la distancia Lm incluyen una pequeña porción del pulso láser, mientras que los reflejos procedentes de objetos próximos a la distancia Lt incluyen una gran porción del pulso láser. El tiempo adicional puede estar dado por 2·Lm/c, donde c es constante de la velocidad de la luz. La distancia Lm puede corresponder a la distancia adyacente al sistema en el que pueden estar presentes condiciones inclementes. La cantidad de tiempo en estado ON puede estar dado por 2·(Lt – Lm)/c, donde c es la constante de la velocidad de la luz. La anchura del pulso puede corresponder sustancialmente a una cantidad de tiempo dada por 2·(Lt – Lm)/c, donde c es la constante de la velocidad de la luz.

El dispositivo láser puede incluir una matriz de diodos láser (DLA). La DLA puede proporcionar un haz de energía láser en la gama de frecuencias seleccionada desde espectro de luz del IR próximo y la gama de frecuencias azul-verde del espectro de la luz visible. El montaje de cámara puede ser: un dispositivo de carga acoplada (CCD), un dispositivo de inyección de carga intensificada con desbloqueo periódico (GICID), un CCD intensificado con desbloqueo periódico (GICCD), un intensificador de imagen con desbloqueo periódico, y/o un sensor de píxeles activos intensificado con desbloqueo periódico (GIAPS).

El sistema puede incluir además una fibra óptica para transferir el haz de energía láser desde el dispositivo láser a través de la fibra óptica. El sistema puede incluir además un cardán que puede incluir una retroalimentación del giróscopo para estabilizar el montaje de cámara y una salida en fibra óptica de la fibra óptica en un módulo empacado. El sistema puede incluir además componentes ópticos para recibir los reflejos de luz y dirigirlos al montaje de cámara, y componentes ópticos para transmitir el haz de energía láser desde la salida en fibra óptica. El sistema puede incluir también un estabilizador del tratamiento de la imagen, y una unidad soporte para soportar y proporcionar altura y ajustes rotacionales al montaje de cámara y la salida en fibra óptica de la fibra óptica en un módulo empacado. El sistema puede incluir también al menos un filtro para hacer una filtración espectral o espacial, así como un multiplicador óptico para ampliar la imagen del blanco. El sistema puede incluir además un montaje acoplador para acoplar el eje óptico del dispositivo láser al eje óptico del montaje de cámara, incluyendo el montaje acoplador elementos ópticos de transmisión/recepción para recibir los reflejos y dirigirlos al montaje de cámara y para transmitir los pulsos láser. El eje óptico del dispositivo láser puede ser sustancialmente paralelo al eje óptico del montaje de cámara. El montaje acoplador puede incluir: un colimador para colimar el haz de energía láser, y un medio especular para desviar y hacer converger el haz de energía láser, y un acoplador óptico que incluye un divisor especular para acoplar el eje óptico del haz láser con el eje óptico del montaje de cámara.

Según otro aspecto de la invención, se proporciona un método para formar imagen láser con una cámara con desbloqueo periódico, El método incluye el procedimiento de generar, preferiblemente mediante un dispositivo láser, un haz láser en forma de pulsos. El método incluye, además, el procedimiento de recibir mediante un montaje de cámara con desbloqueo periódico, la energía de los reflejos de luz de los pulsos reflejados procedentes de los objetos situados entre la distancia Lm y la distancia Lt, donde la distancia Lm es la distancia mínima que hay desde el dispositivo láser al montaje de cámara en el que se desea recibir los reflejos, y donde la distancia Lt es una distancia más lejana que hay desde el dispositivo láser y el montaje de cámara a la que se sitúa un blanco. La cámara con desbloqueo periódico se desbloquea periódicamente para que esté en estado OFF durante al menos el tiempo que tarda el dispositivo láser en producir un pulso láser de los pulsos, además del tiempo adicional que tarda la totalidad sustancial del pulso láser en completar longitudinalmente la distancia Lm y reflejarse de vuelta a la cámara con desbloqueo periódico. La cámara con desbloque periódico se pone a partir de ese momento en estado ON durante una cantidad de tiempo hasta que la totalidad sustancial del pulso láser se refleja de vuelta, desde la distancia Lt y es recibida por el montaje de cámara. El pulso láser incluye una larga anchura de pulso, que corresponde sustancialmente, en duración, a la cantidad de tiempo en estado ON, de manera que los reflejos procedentes de objetos próximos a la distancia Lm incluyen una pequeña porción del pulso láser, mientras que los reflejos procedentes de objetos próximos a la distancia Lt incluyen una gran porción del pulso láser.

El tiempo adicional puede estar dado por 2·Lm/c, donde c es la constante de la velocidad de la luz. La distancia Lm puede corresponder a una distancia adyacente al sistema en la pueden estar presentes condiciones inclementes. La cantidad de tiempo en estado ON puede estar dada por 2·(Lt – Lm)/c, donde c es la constante de la velocidad de la luz. La anchura del pulso puede corresponder sustancialmente a una cantidad de tiempo dada por 2·(lt – Lm)/c, donde c es la constante de la velocidad de la luz.

El haz láser se puede generar mediante una matriz de diodos láser (DLA).

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se comprenderá mejor y se apreciará de forma más completa estudiando la siguiente descripción detallada con los dibujos y los gráficos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es un bosquejo esquemático de un guión conceptual de operación de un sistema de formación de imágenes con cámara con desbloqueo periódico, construido y en estado operativo según la invención.

La Figura 2 constituye un gráfico que describe la dispersión del haz láser mediante su irradiación sobre un blanco y la intensidad radiante de la retrodispersión, a través de un medio fundamentalmente homogéneo, como una función de la distancia.

La Figura 3 es un diagrama de bloques que demuestra una aplicación de un método operativo según otra realización de la invención, acompañado de una ilustración de un guión conceptual de operación.

La Figura 4 es una ilustración esquemática de una realización más construida y operativa según la invención, estabilizada mediante un medio pivotante, en el que el eje óptico del haz láser iluminante está acoplado con el eje óptico de la sección de observación.

La Figura 5 es una ilustración esquemática de otra realización más, construida y operativa según la invención, en la que los ejes ópticos del haz láser iluminante y del montaje de cámara son sustancialmente paralelos.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

Se hace ahora referencia a la Figura 1, que es un bosquejo esquemático de un guión conceptual de operación indicado de manera general por 10, de un sistema de formación de imagen con una cámara con desbloqueo periódico construido y en estado operativo según la invención, designado de manera general por 20.

El sistema 20 incluye el dispositivo láser 30 para producir un haz láser 40 en forma de continuidad de pulsos (secuencia continua), y la iluminación del blanco 50 distante mediante el haz láser 40. El dispositivo láser 30 produce haces láser 40 de larga duración. La larga duración de los pulsos pueden eliminar la necesidad de utilizar pulsos de alta energía, permitiendo por ello que se usen pulsos de baja energía con suficiente intensidad reflejada desde el blanco 50.

El sistema 20 incluye además un montaje 60 de cámara que recibe la energía de los reflejos 70 de la luz reflejada procedente del blanco 50 que fue iluminado por el haz láser 40.

El montaje 60 de cámara incluye un sensor de cámara (no mostrado) para tratar y convertir los reflejos 70 procedentes del blanco 50, iluminado por el láser, a medida que los reflejos son recibidos por el montaje 60 de cámara para mostrar la imagen televisada 80 del blanco. Un montaje conmutador (no mostrado) sincroniza la operación del sensor de la cámara.

En el espacio existe neblina, polvo, humo, lluvia y otras condiciones inclementes, representadas por la zona 90, adyacentes a la localización del sistema 20 hasta aproximadamente la distancia Lm, y constituyen los principales factores que interfieren con el haz láser 40 en su camino hasta iluminar el blanco 50. La distancia Lm demarca la distancia de la zona 90 para la que el montaje 60 de cámara se pone en estado OFF una vez que el haz láser, en su sustancial totalidad, incluyendo el extremo final del haz láser, está en su camino hacia el blanco 50 a través de la zona 90. La longitud que hay desde el sistema 20 hasta el blanco 50 está designada como Lt.

El montaje 60 de cámara se pone en estado OFF durante la cantidad de tiempo que tarda el dispositivo láser 30 en producir un haz láser en su sustancial totalidad, incluyendo el extremo de un pulso final del haz láser 40, en atravesar la atmósfera relativamente próxima al sistema 20 hasta el extremo final del pulso del haz láser 40 que recorre una distancia Lm en su camino hacia el blanco y de vuelta al montaje 60 de cámara. El estado en OFF, una vez que se ha generado totalmente el pulso de haz láser 40, es sustancialmente equivalente al tiempo que emplea un pulso para viajar a través de una distancia que asciende en total a 2·Lm. En este caso, el montaje 60 de cámara se pone en estado ON durante una cantidad de tiempo hasta que los reflejos emitidos desde el blanco 70, en su sustancial totalidad, son recibidos por el montaje 60 de cámara; en este sentido, el montaje 60 de cámara se desbloquea periódicamente. Ya que, en la mayoría de estos casos, cuando el montaje 60 de cámara se pone en estado ON, el extremo final del pulso de haz láser 40 está a una distancia 2·Lm del montaje 60 de cámara, recorrerá una distancia adicional de Lt – 2·Lm hasta el blanco 50 y Lt hasta completar su reflexión de vuelta al montaje 60 de cámara, sumando en total una distancia 2x(Lt – Lm).

Es deseable que los reflejos procedentes del blanco, de la anchura completa del pulso láser, sean recibidos por el montaje 60 de cámara. Si la anchura completa del pulso láser a partir del cual se produce el haz láser 40 es sustancialmente similar en su duración, a la duración del tiempo en ON, entonces los reflejos procedentes de la distancia completa Lt – Lm serán recibidos por el montaje 60 de cámara. Sin embargo, los reflejos procedentes de objetos ligeramente más allá de Lm, incluyen únicamente una pequeña porción del extremo final de los pulsos del haz láser 40, mientras que los reflejos procedentes de objetos próximos al blanco 50 (próximos a la distancia Lt) incluyen la mayoría del pulso del haz láser 40. El intervalo de tiempo que tarda el pulso láser en viajar a, y desde, el blanco 50 (2·Lt) es también la distancia máxima para la que el montaje 60 de cámara puede estar en estado ON. Según la descripción anterior, tanto la anchura del pulso láser como la cantidad de tiempo ON en el que el montaje 60 de cámara se pone en estado ON están, por lo general, dados por

$$\frac{2 \times (Lt - Lm)}{c},$$

donde c es la constante de la velocidad de la luz.

Por ejemplo, si el blanco está separado a una distancia Lt que es igual a 25 km, y Lm es igual a 3 km, entonces la longitud del pulso láser tendrá una duración de 146,7 µs.

$$\left(\frac{2 \times (25\ km - 3\ km)}{c} = 146{,}7\ \mu s\right)$$

Se apreciará que desviaciones de poca importancia de estas longitudes, por ejemplo dentro de una tolerancia de ± 10%, se considerarán sustancialmente similares al resultado anteriormente mencionado. Esta característica de la invención se define como “formación de imagen de pulso largo, con desbloqueo periódico” (LPGI).

La longitud del haz láser 40 es sustancialmente igual a dos veces la longitud de la región sobre la que el montaje 60 de cámara va a formar la imagen, es decir la diferencia entre dos veces Lt y dos veces Lm. Preferiblemente, no se usa un haz láser más largo, porque usará excesiva energía, más allá del lapso de tiempo del estado en ON. Se requerirá más tiempo de espera hasta que el ciclo finalice y, por ello, se prolonga el ciclo. Se prolongará más el ciclo porque el montaje de cámara tiene que ponerse en estado OFF al comienzo del ciclo hasta que se emita la anchura del pulso completo. Aparte de estas deficiencias, es todavía aplicable una anchura de pulso de más larga duración. Un haz láser sustancialmente más corto no es favorable porque es deseable tener la máxima reflexión en el punto más alejado dentro de la región Lt, es decir, donde está el blanco 50. Esto compensará óptimamente la atenuación de la luz reflejada que es proporcional a la distancia de la reflexión. Cuanto más alejado esté un objeto dentro de la distancia Lt, mayor es la porción de la anchura del pulso recibida, hasta que se haya recibido toda para el blanco 50 en Lt. La longitud del pulso láser es significativamente mayor que la longitud del pulso láser usado en los sistemas de formación de imágenes láser convencionales, donde la longitud del pulso láser usado está normalmente en el rango del nanosegundo.

Una vez que el haz láser 40, que es largo en duración, se ha generado completamente, la parte del comienzo del haz láser 40 ya ha sido reflejada por el blanco 50 y está en su regreso al montaje 60 de cámara como reflejos 70 de luz. En este caso, el extremo final del haz 40 generado está todavía dentro de la distancia Lm, mientras que el comienzo del haz 40 generado que fue reflejado por el blanco 50 está todavía entre las distancias Lm y Lt. Con el fin de impedir que el montaje 60 de cámara reciba reflejos de luz en Lm, el montaje 60 de cámara se pone en estado OFF mientras que el extremo final del haz 40 generado está situado en Lm, además del tiempo que tardará un haz reflejado en la región Lm en alcanzar el montaje 60 de cámara, lo que significa que el montaje 60 de cámara está en un estado OFF durante una duración de tiempo de dos veces Lm. Después de esto, el extremo final del haz 40 generado, está situado más allá de dos veces la distancia Lm, y el comienzo del haz 40 generado que fue reflejado por el blanco 50 está situado justo en frente del montaje 60 de cámara. En este momento, el montaje 60 de cámara se pone en estado ON que únicamente permite que el montaje 60 de cámara reciba reflejos de luz entre las distancias Lm y Lt. Cuando el extremo final del haz 40 generado ha pasado ya dos veces la distancia de Lm, cualquier luz ya reflejada en la región Lm, ha sido ya enviada de vuelta al montaje 60 de cámara, mientras que el montaje 60 de cámara estaba todavía en su estado OFF.

Según otro aspecto de la invención, se proporciona un método de formación de imagen con cámara con desbloqueo periódico. Este método se describe con referencia a la Figura 1. El método incluye el procedimiento de generar un haz láser (30, 40), de larga duración y baja energía, en forma de pulsos hacia el blanco (50). El procedimiento para generar el haz láser (30, 40) incluye preferiblemente generar el haz láser (30, 40) mediante una matriz de diodos láser (DLA), descrito más adelante con referencia a las Figuras 4 y 5.´El método incluye además el procedimiento de recibir la energía de los reflejos luminosos de los pulsos (70) reflejados procedentes del blanco (50) mediante una cámara (60) con desbloqueo periódico.

El desbloqueo periódico se sincroniza para que esté en OFF durante al menos un intervalo en el que se genera un pulso láser en su sustancial totalidad, incluyendo el extremo final del pulso láser, además del intervalo en que el pulso láser emplea en atravesar una zona (*Lm*) próxima al dispositivo láser (30) y de vuelta a la cámara (60) con desbloqueo periódico, y a partir de entonces esté en ON hasta que el pulso láser se refleje hacia atrás desde el blanco (50), y sea recibido, en su sustancial totalidad, incluyendo el extremo final del pulso láser, por la cámara (60) con desbloqueo periódico. La anchura del pulso láser corresponde sustancialmente a su tiempo de propagación desde dos veces la distancia de la zona (90) próxima al sistema (20) (distancia 2·Lm) hasta el blanco (50) (distancia Lt – 2·Lm), y de vuelta a la cámara (60) con desbloqueo periódico (distancia Lt); esto se resume como la diferencia entre dos veces Lt y dos veces Lm.

Ahora se referencia a la Figura 2, que constituye una representación gráfica que describe una dispersión del haz láser mediante su irradiación sobre un blanco y su intensidad radiante de retrodispersión a través de un medio fundamentalmente homogéneo, en unidades de lúmenes por metro cuadrado, como una función de la distancia del blanco, en unidades de kilómetros. La representación gráfica está basada en la simulación de un sistema de transmisión por el aire en las condiciones especificadas en la parte inferior de la Figura 2.

Más específicamente, la Figura 2 muestra la intensidad eficaz de un haz de radiación en su paso a través de una atmósfera con un típico perfil de densidad de aerosol a una altura por encima del nivel del mar. Además, la Figura 2

muestra la intensidad de la luz residual dispersada como reflejos luminosos desde el blanco percibido por el montaje 60 de cámara (véase la Figura 1) cuando el sistema está operando en modo LPGI. Las medidas de la intensidad de luz dependen de la distancia al blanco, estando el blanco a la altura del nivel del mar.

A efectos de comparación, las intensidades luminosas de un iluminador láser similar, que opera cuando la cámara no está en modo LPGI, también están descritas en la Figura 2 (las curvas sin bloqueo periódico) bajo las mismas condiciones ambientales).

Estudiando la Figura 2, hay que indicar que bajo un modo de operación LPGI, la intensidad de la luz retrodispersada hacia atrás como reflejos, no es significativa respecto a la intensidad eficaz de la reflexión de la luz que incide sobre la superficie del blanco. Este es el caso cuando el blanco está dentro del intervalo de 3 a 25 km.

Por otro lado, cuando el sistema no está operando en modo LPGI, la intensidad de la luz retrodispersada, reflejada hacia atrás como reflejos, es superior a la intensidad de la reflexión de la luz que incide sobre la superficie del blanco; es decir desde una distancia de aproximadamente 2 km.

A partir de la Figura 2 se puede deducir también que la puesta en práctica del método LPGI mejora el contraste del blanco iluminado frente a la intensidad de la luz retrodispersada a cualquier distancia entre 3 y 25 km. Por eso, el método no requiere el conocimiento de la distancia exacta al blanco. Haciendo referencia a la Figura 1, el método LPGI no requiere el conocimiento de la distancia exacta Lt al blanco 50. Es decir, una estimación aproximada de la distancia Lt es suficiente para calcular la longitud requerida del pulso láser, o para mejorar la capacidad de adaptación de una longitud conocida del pulso láser.

Con la puesta en práctica del método LPGI, la intensidad de la luz que proyecta el sistema sobre el blanco, que se encuentra por ejemplo en la distancia de 4 a 20 km, cambia en menos de un factor de diez. Sin embargo, sin la puesta en práctica del método LPGI, la intensidad de la luz proyectada por el sistema sobre los blancos, varía en un factor de 100, en la misma distancia de 4 a 20 km.

A partir de la descripción anterior, se puede derivar una ventaja adicional de los sistemas de observación y vigilancia construidos y en estado operativo según la presente invención. La ventaja es la capacidad de observación eficaz del sistema a través de una profundidad de campo de visión versátil, que se refiere a las distancias de visión confinadas dentro de ciertos límites. Los sistemas de observación que se diseñan según la presente invención producirán una imagen de alta calidad de los blancos tanto en distancias relativamente próximas como alejadas de los sistemas de observación.

Esta propiedad de sensibilidad a la profundidad versátil del campo es muy relevante en el contexto de una imagen de TV que tiene una distancia dinámica de intraescena inherente relativamente baja. Hay que indicar que el término TV o “televisión” en la presente memoria descriptiva se refiere a todos los aspectos de la tecnología de vídeo conocida. Esta propiedad evita en la imagen los fenómenos de auto-deslumbramiento y sobreexposición de objetos próximos, que tiene lugar al usar iluminación auxiliar sin la característica de formación de imagen con desbloqueo periódico. El auto-deslumbramiento y la sobreexposición se evitan porque no se observa luz reflejada a la distancia mínima (Lm igual a 3 km en la Figura 2) en el que se observa luz reflejada, y porque la diferencia de las intensidades observadas entre los objetos próximos y lejanos es relativamente pequeña (una curva sustancialmente abierta para la irradiación de un blanco con desbloqueo periódico en la Figura 2).

Las claras diferencias de brillo (intensidad) entre los blancos y la retrodispersión, para distancias que se extienden desde los blancos próximos (3 km) durante todo el trayecto hasta los alejados (25 km) son sustancialmente inferiores en el sistema con desbloqueo periódico, por orden de magnitudes, a las diferencias entre los blancos y la retrodispersión en el sistema sin desbloqueo periódico en las mismas distancias. Esto se muestra comparando el espacio entre la curva de irradiación del blanco con desbloqueo periódico y la curva de la intensidad radiante de retrodispersión con desbloqueo periódico, de la Figura 2, con el espacio entre la curva de irradiación del blanco sin desbloqueo periódico y la curva de la intensidad radiante de retrodispersión sin desbloqueo periódico, de la misma figura. La curva de irradiación del blanco sin desbloqueo periódico simplemente resulta de la inversa del cuadrado

$$\left(\frac{1}{r^2}\right)$$

de la atenuación de la luz, gobernada por la propagación geométrica del haz de luz desde su fuente hasta el blanco, con la adición de la atenuación energía que resulta de la propagación a través de la atmósfera hasta el blanco y regreso.

Como ya se indicó anteriormente, según otro aspecto de la invención, en sistemas de observación a larga distancia no avanzados, para aplicaciones diurnas y nocturnas según la presente invención, se requiere la medida de la distancia exacta al blanco, excepto quizás un cálculo aproximado de la distancia del blanco buscado. Desde el instante en que el extremo final del haz láser pasa a través de la atmósfera adyacente al, o relativamente cerca del, sistema de observación y vuelve al sensor de la cámara, el sensor de la cámara cambia al modo de operación LPGI y espera a los reflejos de luz procedentes del blanco. La regulación del sensor de la cámara es tal que, dentro de la distancia mínima Lm (véase la Figura 1) donde hay posibles condiciones atmosféricas inclementes, a través de la

cual pasa el extremo final del haz láser, bien en su trayecto hacia el blanco o como retrodispersado desde tales condiciones atmosféricas dentro de la distancia mínima Lm, el sensor de la cámara está cambiado al estado OFF.

Para conseguir la eliminación de luz retrodispersada sin pérdida de contraste, mientras que se mantiene una imagen del blanco y del fondo de alta calidad, es suficiente poner el sensor de la cámara en estado OFF mientras que el extremo final de haz atraviesa la atmósfera durante aproximadamente 3 km, mientras está en su trayecto hacia el blanco y como retrodispersión desde que interfiere con los objetos en la atmósfera hasta 3 km del sensor de la cámara.

Haciendo referencia ahora a la Figura 3, que es un diagrama de bloques que muestra una aplicación de un método operativo según otra realización de la invención, generalmente designada por 300, acompañada de una ilustración del guión conceptual 301 de operación. En el ejemplo 301 ilustrado, un helicóptero 302 de ataque, equipado con un sistema de observación según la presente invención está implicado en un guión de operación anti-tanque por la noche.

En la primera etapa 310, la tripulación del helicóptero detecta, usando un dispositivo FLIR, un punto caliente a una distancia de 15 km. En la segunda etapa 320, cuando el helicóptero está a una distancia de 14 – 15 km del punto caliente, se activa el sistema de observación y vigilancia según la presente invención. Únicamente durante el curso de esta etapa se emiten haces láser en la dirección 315 y se reflejan desde el blanco en la dirección 317. El sistema con desbloqueo periódico opera durante únicamente unos pocos segundos, lo que es suficiente para almacenar en el sistema suficientes imágenes a partir de las cuales se genera y se almacena una imagen del blanco 321. El haz láser radiante puede dejar al descubierto el helicóptero 302 y la limitación de su exposición a unos pocos segundos ayuda a proteger al helicóptero 302 de ser detectado. En la tercera etapa 330, la tripulación del helicóptero vuelve a un modo de operación pasivo, es decir a un modo de operación relativamente más seguro, mientras que avanza hacia el blanco identificado. Cuando el helicóptero llega a una distancia de 12 - 14 km del blanco, se completa la etapa de identificación de la imagen revisando sus detalles registrados, tales como por comparación 333 con las imágenes potenciales del blanco almacenadas en su banco de datos. En el ejemplo mostrado en la Figura 3, el punto caliente es identificado como un blanco justificado, es decir, un tanque enemigo 331. En la etapa final 340, la tripulación del helicóptero activa un sistema de armas, por ejemplo un misil buscador de la radiación térmica del punto caliente, y destruye el blanco desde una distancia relativamente grande, por ejemplo a una distancia de 8 – 9 km.

Por eso, en el transcurso de la operación descrita por la secuencia 310 a 340, el sistema del helicóptero 302 no ha necesitado hacer una medida avanzada de la distancia exacta al blanco, una medida que habría necesitado para operar un láser radiante durante un prolongado periodo de tiempo, aumentando por ello la probabilidad de quedar al descubierto y la detección del helicóptero atacante 302 por sus adversarios.

Haciendo referencia ahora a la Figura 4, que es una ilustración esquemática de una realización más construida y operativa según la invención, generalmente designada por 410, estabilizada con un medio pivotante 420, en la que el eje óptico del haz láser iluminante está acoplado con el eje óptico del módulo 425 de observación. Se requiere estabilizar el sistema 410 cuando el sistema está situado en una plataforma que se mueve y vibra continuamente, tanto en medio aéreo, terrestre o náutico, por ejemplo en un avión, un helicóptero, un buque, vehículo terrestre, y similares.

El eje óptico 430 del dispositivo láser 440 está acoplado al eje óptico 450 del montaje óptico 460. El montaje óptico 460 incluye elementos ópticos de transmisión/recepción para recibir los reflejos 470 que regresan procedentes del blanco y dirigirlos al montaje 490 de cámara y para transmitir el haz láser 432 al blanco.

El dispositivo láser 440 que se aplica en esta realización de la invención es un dispositivo láser del tipo de matriz de diodos láser (DLA), un dispositivo que imparte de forma ventajosa capacidades de empacado y ventajas adicionales al sistema.

El uso de dispositivos láser de tipo DLA permite que los haces láser se propaguen ea través de fibras ópticas. Los elementos ópticos de fibra hacen posible que el fabricante empaque la propia fuente de láser, que es inherentemente pesada, fuera de la sección de empacado estabilizada por el cardán estabilizador, tal como el módulo 425 de observación. Por eso, esto consigue importantes ventajas de empacado y de restricción de peso.

El módulo 425 de observación incluye el montaje óptico 460 que recibe los reflejos 470 que regresan desde el blanco (no mostrado), que fue iluminado por el haz láser 480. El módulo de observación 425 incluye además un montaje 490 de cámara para tratar y convertir los reflejos procedentes del blanco iluminado recibidos por el montaje 460 óptico en una imagen que se puede mostrar en una TV. El módulo 425 de observación incluye además un montaje 495 electrónico de conmutación para regular la operación del montaje de cámara.

El dispositivo láser 440 transfiere el haz que genera a través de la fibra óptica 442. El dispositivo láser 440 y el montaje 495 electrónico de conmutación están, ambos, empacados fuera del módulo 425 de observación que está estabilizado mediante un cardán 420. El dispositivo láser 440 y el montaje 495 electrónico de conmutación no requieren una estabilización especializada y se pueden empacar por separado. El cardán 420 estabiliza el montaje 490 de cámara, una salida en fibra óptica de la fibra óptica, los componentes ópticos para recibir los reflejos 470 que

regresan del blanco y dirigirlos al montaje 490 de cámara (tal como el montaje óptico 460 y el montaje 462 de lentes de acoplamiento), y los componentes ópticos para transmitir el haz láser 432 generado por el dispositivo láser 440 desde la salida en fibra óptica de la fibra óptica 442 hasta el blanco, tal como un montaje 445 de acoplamiento.

El haz láser 432 transferido a través de la fibra óptica 442 se transfiere además a través del medio 445 del montaje acoplador usado para acoplar el eje óptico del haz láser 430 convergido con el eje óptico 450 del módulo 425 de observación. El medio 445 del montaje acoplador incluye un medio 446 de lente colimadora que colima el haz láser, un medio especular 447 que desvía la dirección del haz láser y lo hace converger sobre el acoplador óptico 448, que puede ser, por ejemplo, una lente integradora que, ayudada por un espejo diminuto 449, acopla el eje óptico del haz láser 430 convergido con el eje óptico 450 del módulo 425 de observación. El eje óptico 450 es común a algunos componentes del módulo 425 de observación, que incluye el montaje 490 de cámara de TV y el montaje óptico 460.

El montaje óptico 460 incluye una matriz de lentes 461 objetivo que colima el haz láser 480 una vez más a su salida de la realización 410, y recibe los reflejos 470 que regresan del blanco que fue iluminado por el haz láser 480. El montaje óptico 460 fija el recorrido de los reflejos 470 que regresan, a través de un montaje 462 de lente de acoplamiento, hasta el montaje 490 de cámara.

El montaje 490 de cámara de TV que trata y convierte los reflejos procedentes del blanco iluminado, según son recibidos por el montaje óptico 460, en una imagen que se puede mostrar en una TV, puede incluir un sensor de tipo CCD (dispositivo de carga acoplada). El sensor CCD se acopla mediante lentes de transmisión a un intensificador de imagen con desbloqueo periódico, como se conoce en la técnica. Como alternativa, el montaje 490 de cámara podría también incluir un dispositivo de inyección de carga intensificada con desbloqueo periódico (GICIDT), un CCD intensificado con desbloqueo periódico (GICCD), un intensificador de imagen con desbloqueo periódico, un sensor de píxeles activos intensificado con desbloqueo periódico (GIAPS), o cualquier dispositivo similar.

Hay que indicar que la aplicación de cualquiera de los tipos de sensores anteriormente mencionados hace posible el tratamiento y ampliación de la imagen de TV recibida, que se puede usar, por ejemplo, para comparar la imagen de TV recibida con las imágenes de un banco de datos de blancos identificados conocidos (paso 330 de la Figura 3).

El montaje conmutador 495 controla la regulación del montaje de 490 de cámara y recibe la imagen de TV a través de un cableado adecuado 496. El montaje conmutador 495 puede incluir por ejemplo una tarjeta electrónica.

Según la presente invención, el montaje conmutador 495 controla la regulación del montaje 490 de cámara en sincronización con los pulsos láser, de manera que se desactivará (se pondrá en estado OFF) durante el periodo de tiempo en que el extremo final del haz láser atraviesa el espacio adyacente al sistema en su camino hacia el blanco y regresa al montaje 490 de cámara (Lm en la Figura 1), y se activa (se pone en estado ON) inmediatamente después de ese instante hasta que los pulsos láser reflejados desde el blanco 470 son recibidos por el montaje 490 de cámara. Como resultado de la conmutación del sensor de la cámara al estado OFF tras el disparo del haz láser, se impide la recepción de los reflejos no deseados en el montaje 490 de cámara y se evita el auto-deslumbramiento de la realización 410.

La imagen recibida del blanco iluminado puede ser sometida a un tratamiento adicional. Tal tratamiento podría incluir, por ejemplo, acumular fotogramas de imágenes usando, por ejemplo, un captador de imágenes (no mostrado), la integración con el fin de aumentar la cantidad de luz, mejorar el contraste, la estabilización adicional que depende de la retroalimentación giroscópica del cardán 420, o la estabilización electrónica proporcionada por el tratamiento de imagen basado en una correlación espacial entre imágenes consecutivas de TV, y similares. Se hace referencia ahora a la Figura 5 que es una ilustración esquemática de otra realización más, construida y operativa según la invención, generalmente designada por 510, en la que el eje óptico 520 del haz láser del dispositivo láser 530 y el eje óptico 540 del montaje 550 de cámara, son esencialmente paralelos.

En la realización 510, el haz láser 531 generado por el dispositivo láser 530 es también del tipo DLA. El haz de pulsos se propaga desde el dispositivo láser 530 a través de la fibra óptica 532 hasta un colimador estrecho 522, que está instalado en la parte superior del módulo 525 de observación, que está soportado mediante una unidad soporte 560. El montaje óptico 550, el sensor 570 de la cámara de TV, y la salida en fibra óptica de la fibra óptica 532 también están empacados en el módulo 525 de observación. La unidad soporte 560 tiene medios para los ajustes de altura y de rotación. La unidad soporte 560 puede incluir un trípode, unas patas 561 soporte para los ajustes finos, y un sistema de estabilización integral (no mostrado), que incluye, por ejemplo, amortiguadores viscosos.

En la realización 510, el filtro 571 (o una matriz de filtros), así como un multiplicador óptico 572 (que puede comprender muchos componentes), están instalados en serie, enfrente del sensor 570 de la cámara. Antes de su entrada en el sensor 570 de la cámara, los reflejos pasan a través del filtro 571 y el multiplicador óptico 572 que se usa para ampliar la imagen del blanco recibida a partir de los reflejos. El filtro 571 puede incluir, como parte de su montaje, un módulo de luz espacial adaptable (de aquí en adelante SLM), hecho de una pantalla transmisiva de cristal líquido (LCD), un sistema microelectromecánico (MEMS), u otros dispositivos similares.

Los reflejos procedentes de un blanco sobre el que se proyecta un haz láser, recibidos por un montaje óptico 550, sufren un filtrado espectral y espacial por el filtro 571, por lo que el último es sometido a control por, y

retroalimentación de, un montaje 580 de tratamiento de imagen. Esto se añade al filtrado temporal que sufren otras fuentes de luz en el campo de visión debido a la aplicación del método LPGI y de la ampliación óptica realizada antes de que los reflejos se conviertan en una imagen de TV que se puede visualizar, como se conoce en la técnica. Una técnica semejante técnica supone que facilita la separación entre el fondo y el blanco iluminado, y que también impide el deslumbramiento como resultado de la presencia de intensas fuentes de luz dentro del campo de visión de la realización.

El filtro 571 puede ser un SML adaptable, un filtro de frecuencia espectral, un filtro de polarización, o cualquier otro modo de filtro selectivo. El filtro 571 debe tener las características exactas que convengan a la energía de los reflejos que llegan desde el blanco iluminado. Con la ayuda de la retroalimentación procedente del montaje 580 del tratamiento de imagen, es posible programar el filtro 571 de manera que elimine la radiación de fondo que vela el blanco iluminado y que no está dentro del intervalo del espectro del dispositivo láser 530.

La saturación residual dejada sobre la imagen originada por otras fuentes de luz en el FOV, por ejemplo una iluminación artificial, o los faros de un vehículo, se pueden reducir por un factor de hasta aproximadamente 1/1000 a través de la función de un SLM adaptable.

Se podrá instalar un filtro 571 por sí mismo, o un multiplicador óptico 572 por sí mismo, o una combinación de los dos, directamente sobre el lateral del montaje óptico 550 que envía los reflejos recibidos desde el blanco iluminado por el láser al sensor 570 de la cámara. También se puede instalar el multiplicador óptico 572 directamente en frente del sensor 570 de la cámara.

Además de los componentes empacados dentro del módulo 525 de observación, que es soportado por una unidad soporte 560, la mayoría o la totalidad de los componentes restantes de la realización 510 se pueden empacar en la caja 580 de componentes electrónicos que incluyen el dispositivo láser, el refrigerante 534 del láser, el panel 536 de servicio para el técnico, las tarjetas 538 de conmutación y control. Como se puede averiguar a partir de la Figura 5, la realización 510 está empacada de una forma modular lo que permite su embalaje y despliegue rápido, un requisito en las condiciones del terreno.

En operación, el voltaje 589 de entrada externo, por ejemplo de una batería o de un generador, se introduce en la caja 585 de componentes electrónicos a través de un conector 587 adecuado. El voltaje de entrada tiene como fin, entre otros, hacer funcionar el dispositivo láser 530.

El haz láser 531 se transfiere desde el dispositivo láser 530 a través de fibra óptica 532 a un colimador 522 de campo estrecho que está instalado en la parte superior del módulo 525 de observación, soportado así mediante una unidad soporte 560. El haz láser 531 que sale del colimador 522 ilumina el blanco distante y sus proximidades inmediatas (no mostrado).

El montaje óptico 550 descrito en la Figura 5 incluye una matriz de lentes objetivo de campo estrecho (no mostrada), empacada en la parte superior de una unidad soporte 560. El montaje óptico 550 recibe los reflejos de luz procedentes del blanco iluminado por el láser y los conduce hacia en sensor 570 de la cámara de tipo CCD.

Los reflejos son tratados y convertidos por el sensor 570 de la cámara con CCD, y se transfieren a través del cable 573 hasta la tarjeta 574 de componentes electrónicos del sensor 570 de la cámara. La tarjeta 574 de componentes electrónicos también está empacada en el módulo 525 de observación que está soportado por una unidad soporte 560. Los datos de la imagen se transfieren luego a la caja 585 de componentes electrónicos a través del cable 575 o de cualquier otro enlace de comunicación alámbrico o inalámbrico.

Según la invención, las tarjetas 538 de conmutación y control sincronizan la regulación del sensor 570 de la cámara de manera que se desactivará (en el estado OFF) cuando el extremo final del haz láser 531 atraviesa el blanco a una distancia que está relativamente próxima al sistema y regresa al sensor 570 de la cámara (Lm en la Figura 1).

El usuario interconecta con la caja 585 de componentes electrónicos a través de una tarjeta 582 de PC embebida con capacidades de tratamiento de imagen. La tarjeta 582 de tratamiento de imágenes hace posible analizar y tratar la imagen recibida procedente del sensor 570 de la cámara, por ejemplo comparando la imagen con una imagen de un banco de datos de blancos identificados, mediante el tratamiento local de partes de la imagen, u operando una función SLM.

La exposición de la imagen analizada por un ordenador (no mostrado) puede ser visualizada en una pantalla 590 de TV, registrada por un VCR 592, o transferida de una forma adecuada a otro lugar, por ejemplo mediante transmisión inalámbrica a un lugar remoto.

Una característica común de dos realizaciones 410 y 510 de un sistema de observación (Figura 4 y 5), es la puesta en práctica que ambas hacen de dispositivos láser, 440 y 530, de tipo DLA, respectivamente.

Como se mencionó anteriormente con respecto a la Figura 4, los dispositivos láser de tipo DLA proporcionan la ventaja de que se pueden usar fibras ópticas para conducir el haz láser producido, haciendo posible así el fácil empacado de un dispositivo láser que es inherentemente pesado. El dispositivo láser se puede separar y dejar fuera

de la porción estabilizada (módulo 525 de observación con unidad soporte 560) de la realización 510. Un dispositivo láser de tipo DLA produce un haz de energía láser que tiene una energía relativamente alta durante periodos prolongados. Ya que el haz es de alta frecuencia y de intensidad relativamente baja, puede ser conducido a través de fibras ópticas que tienen una durabilidad limitada para energías de alta intensidad, en particular en el pico del pulso.

El uso de dispositivos láser de tipo DLA en sistemas de observación, construidos según la presente invención, imparte ventajas adicionales como las que se desarrollarán ahora.

Un láser DLA produce radiación en el intervalo del infrarrojo próximo, que lo hace invisible a simple vista. Al mismo tiempo, la longitud de onda del láser está muy cerca del espectro visible. Los intensificadores de imagen, que están fácilmente disponibles para su instalación en los sistemas de observación según la presente invención, son muy sensibles a la longitud de onda del dispositivo láser y, por lo tanto, proporcionan un buen contraste de imagen. De ahí que los láseres DLA que producen radiación en el intervalo del infrarrojo próximo, aseguren una alta calidad de imagen incluso a distancias largas.

Un láser DLA produce radiación no coherente, de manera que su haz tiene una radiación muy uniforme y la calidad de la imagen recibida es mejor que la recibida cuando se usan fuentes de láser coherente.

Un láser DLA hace posible la operación en un modo “exposición instantánea” en tareas de observación. Esto implica enviar una serie de destellos rápidos de flash, un método que disminuye la duración del tiempo en el que el láser está activo. Esto, como se mencionó anteriormente, reduce la exposición del sistema de observación y el riesgo de ser detectado.

Los láseres DLA ofrecen también una mejora desde el punto vista de la susceptibilidad a la vibraciones de un sistema de observación. Para sistemas de observación según la presente invención que se establecen sobre cardanes estabilizadores, como la realización 410 ilustrada en la Figura 4, usando un dispositivo láser que hace posible conmutar el sensor de la cámara de TV para operar en muy cortos lapsos de tiempo de largas vibraciones amortiguadas del cardán. Esto permite evitar que la imagen recibida sea borrosa, lo que se podría obtener como resultado de las vibraciones de la LOS del sistema.

Un láser DLA está considerado que es un láser eficaz en términos de su eficacia al convertir energía en luz. Un láser de tipo DLA da más luz y menos calor que otros tipos de láseres. El espectro del láser no es seguro para el ojo humano, pero según la presente invención, el haz láser se transmite a través de una óptica amplia y a intensidades relativamente bajas de manera que la distancia de seguridad es de unos pocos metros desde el láser. El láser de tipo DLA pueden operar en el espectro de luz del IR próximo. Por el contrario, en sistemas que contienen rastreadores telémetros de rayos láser o señaladores láser, la distancia de seguridad puede alcanzar decenas de kilómetros.

Un láser de tipo DLA se considera también adecuado para sistemas de observación según la presente invención que operarían en vigilancia marítima desde el aire, por ejemplo sistemas aerotransportados, y para aplicaciones de observaciones submarinas. Para aplicaciones de observaciones y vigilancia submarina, se usa un haz láser en el intervalo azul – verde del espectro de la luz visible, ya que funciona mejor en aplicaciones náuticas.

Se apreciará por los expertos en la técnica que la presente invención no se limita a lo que concretamente se ha mostrado o descrito anteriormente. Sino que el alcance de la presente invención está únicamente definido por las reivindicaciones que se presentan de aquí en adelante.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema láser (20) de formación de imagen con una cámara con desbloqueo periódico, que comprende:

Un dispositivo láser (30), para generar un haz de energía láser (40) en forma de pulsos; y un montaje (60) de cámara con desbloqueo periódico para recibir la energía de los reflejos (70) de luz de dichos pulsos reflejados desde objetos situados entre una distancia Lm y una distancia Lt, en la que dicha distancia Lm es una distancia mínima desde dicho sistema (20) a la cual se desea recibir los reflejos, y en la que dicha distancia Lt es una distancia más alejada de dicho sistema a la que está situado el blanco (50); dicho sistema está caracterizado porque:

el desbloqueo periódico de dicho montaje (60) de cámara está sincronizado, en un estado OFF, durante al menos el tiempo que dicho dispositivo láser 30 tarda en producir un pulso láser de dichos pulsos, además del tiempo adicional que tarda la totalidad sustancial de dicho pulso láser en completar longitudinalmente la distancia Lm, y reflejarse de vuelta a dicho montaje (60) de cámara, y poner dicho montaje (60) de cámara en estado ON durante una duración de tiempo en ON hasta que la totalidad sustancial de dicho pulso láser se refleja de vuelta desde dicha distancia Lt, y es recibida en dicho montaje (60) de cámara;
comprendiendo dicho pulso láser una achura de pulso larga, que corresponde sustancialmente, en duración, a dicha duración de tiempo en ON, de manera que los reflejos de los objetos próximos a dicha distancia Lm comprende una pequeña porción de dicho pulso láser mientras que el reflejo procedente de los objetos próximos a dicha distancia Lt comprende una gran porción de dicho pulso.

2. El sistema según la reivindicación 1, en la que dicho tiempo adicional está dado por 2·Lm/c, donde c es la constante de la velocidad de la luz.

3. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicha distancia Lm corresponde a una distancia adyacente a dicho sistema en el que pueden estar presentes condiciones inclementes.

4. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicha duración del tiempo en ON está dada por 2·(Lt – Lm)/c, donde c es la constante de la velocidad de la luz.

5. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicha anchura de pulso corresponde sustancialmente a una duración de tiempo dada por 2·(Lt – Lm)/c, donde c es la constante de la velocidad de la luz.

6. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicho dispositivo láser (30, 440) comprende una matriz de diodos láser (DLA).

7. El sistema según la reivindicación 6, en el que dicha DLA proporciona dicho haz de energía láser en el intervalo seleccionado del espectro de luz del IR próximo, y el intervalo azul – verde del espectro de la luz visible.

8. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicho montaje (60, 490) de cámara comprende al menos uno seleccionado de la lista consistente en:

un dispositivo de carga acoplada (CCD),
un dispositivo de inyección de carga intensificada con desbloqueo periódico (GICID),
un CCD intensificado con desbloqueo periódico (GICCD),
un intensificador de imagen, y
un sensor de píxeles activos intensificado con desbloqueo periódico (GIAPS).

9. El sistema según la reivindicación 1, que comprende además una fibra óptica (442) para transferir dicho haz de energía láser desde dicho dispositivo láser (440) a través de dicha fibra óptica (442).

10. El sistema según la reivindicación 11, que comprende además un cardán (420) para estabilizar, en un módulo (425) empacado, dicho montaje (490) de cámara, una salida en fibra óptica de dicha fibra óptica (442), componentes ópticos (460, 462) para recibir dichos reflejos de luz y dirigirlos a dicho montaje (490) de cámara, y componentes ópticos (445) para transmitir dicho haz de energía láser (432) desde dicha salida en fibra óptica.

11. El sistema según la reivindicación 9, en el que dicho cardán (420) comprende una retroalimentación giroscópica.

12. El sistema según la reivindicación 1, que comprende además un estabilizador (580) del tratamiento de imagen.

13. El sistema según la reivindicación 9, que comprende además una unidad soporte (560) para soportar y proporcionar los ajustes de altura y de rotación de dicho montaje (550) de cámara y una salida en fibra óptica de dicha fibra óptica (532), en un módulo empacado (525).

14. El sistema según la reivindicación 1, que comprende además al menos un filtro (571), para la filtración espectral o espacial.

15. El sistema según la reivindicación 1, que comprende además un multiplicador óptico (572) para aumentar la imagen de dicho blanco.

16. El sistema según la reivindicación 1, que comprende además un montaje (445) de acoplamiento para acoplar el eje óptico (430) de dicho dispositivo láser (440) con el eje óptico (450) de dicho montaje (490) de cámara, que comprende elementos ópticos de transmisión/recepción (446, 447, 448, 449) para recibir dichos reflejos y dirigirlos a dicho montaje (490) de cámara, y para transmitir dichos pulsos láser.

17. El sistema según la reivindicación 16, en el que dicho montaje (445) de acoplamiento comprende:

un colimador (446) para colimar dicho haz de energía láser (432);
un medio especular (447) para desviar y hacer converger dicho haz de energía láser (432); y
un acoplador óptico (448) que comprende un divisor especular (449) para acoplar dicho eje óptico (430) de dicho haz de energía láser (432) con dicho eje óptico (450) de dicho montaje (490) de cámara.

18. El sistema según la reivindicación 1, en el que el eje óptico (430) de dicho dispositivo láser (440) es sustancialmente paralelo al eje óptico (450) de dicho montaje (490) de cámara.

19. Un método de formación de imagen láser con una cámara con desbloqueo periódico, que comprende los procedimientos de:

generar, mediante un dispositivo láser (30), un haz láser (40) en forma de pulsos; y
recibir, mediante un montaje (60) de cámara con desbloqueo periódico, la energía de los reflejos (70) de luz de dichos pulsos reflejados desde los objetos situados entre una distancia Lm y una distancia Lt, en la que dicha distancia Lm es una distancia mínima desde dicho dispositivo láser (30) y dicho montaje (60) de cámara a la que se desea recibir los reflejos, y en la que dicha distancia Lt es una distancia más alejada de dicho dispositivo láser (30) y dicho montaje (60) de cámara a la que está situado un blanco (50);
caracterizado dicho método porque:

dicho procedimiento de recepción comprende desbloquear periódicamente dicha cámara (60) con desbloqueo periódico poniendo dicha cámara (60) con desbloqueo periódico en un estado OFF durante al menos el tiempo que tarda dicho dispositivo láser (30) en producir un pulso láser de dichos pulsos, además del tiempo adicional que tarda la totalidad sustancial de dicho pulso láser en completar longitudinalmente dicha distancia Lm y reflejarse de vuelta a dicha cámara (60) con desbloqueo periódico, y poner dicha cámara (60) con desbloqueo periódico en estado ON durante una duración de tiempo en ON hasta que la totalidad sustancial de dicho pulso láser se refleja de vuelta desde dicha distancia Lt y es recibida en dicho montaje (60) de cámara;
comprendiendo dichos pulsos láser una larga anchura de pulso, que sustancialmente corresponde, en duración, a dicha duración de tiempo en ON, de manera que los reflejos procedentes de los objetos próximos a dicha distancia Lm comprenden una pequeña porción de dicho pulso láser, mientras que el reflejo procedente de los objetos próximos a dicha distancia Lt comprende una gran porción de dichos pulsos láser.

20. El método según la reivindicación 19, en el que dicho tiempo adicional está dado por $2 \cdot Lm/c$, donde c es la constante de la velocidad de la luz.

21. El método según la reivindicación 19, en el que dicha distancia Lm corresponde a la distancia adyacente a dicho dispositivo láser (30) y la cámara (60) con desbloqueo periódico en la que pueden estar presentes condiciones inclementes.

22. El método según la reivindicación 19, en el que dicha duración de tiempo en ON está dada por $2 \cdot (Lt - Lm)/c$, donde c es la constante de la velocidad de la luz.

23. El método según la reivindicación 19, en el que dicha anchura de pulso corresponde sustancialmente a una duración de tiempo dada por $2 \cdot (Lt - Lm)/c$, donde c es la constante de la velocidad de la luz.

24. El método según la reivindicación 19, en el que dicho procedimiento de generación comprende generar dicho haz láser (40) mediante una matriz de diodos láser (DLA)

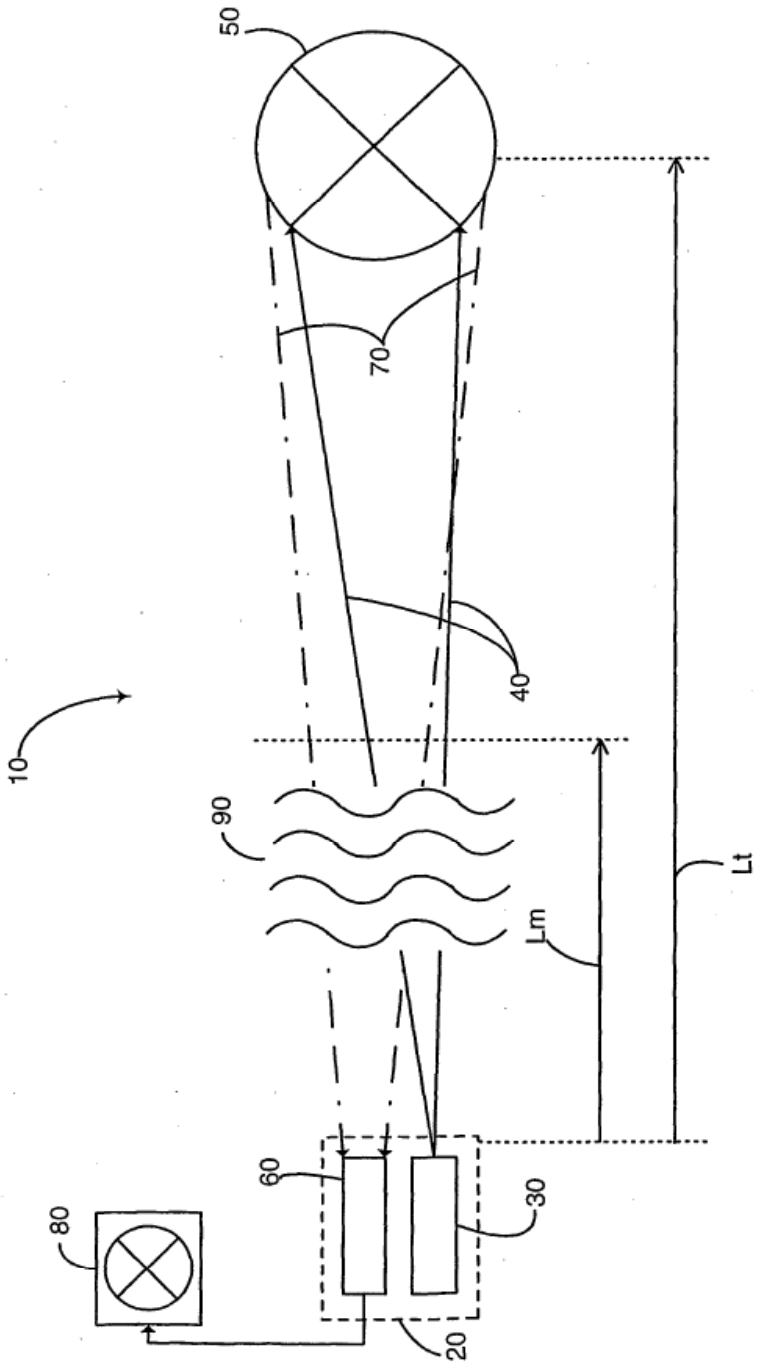
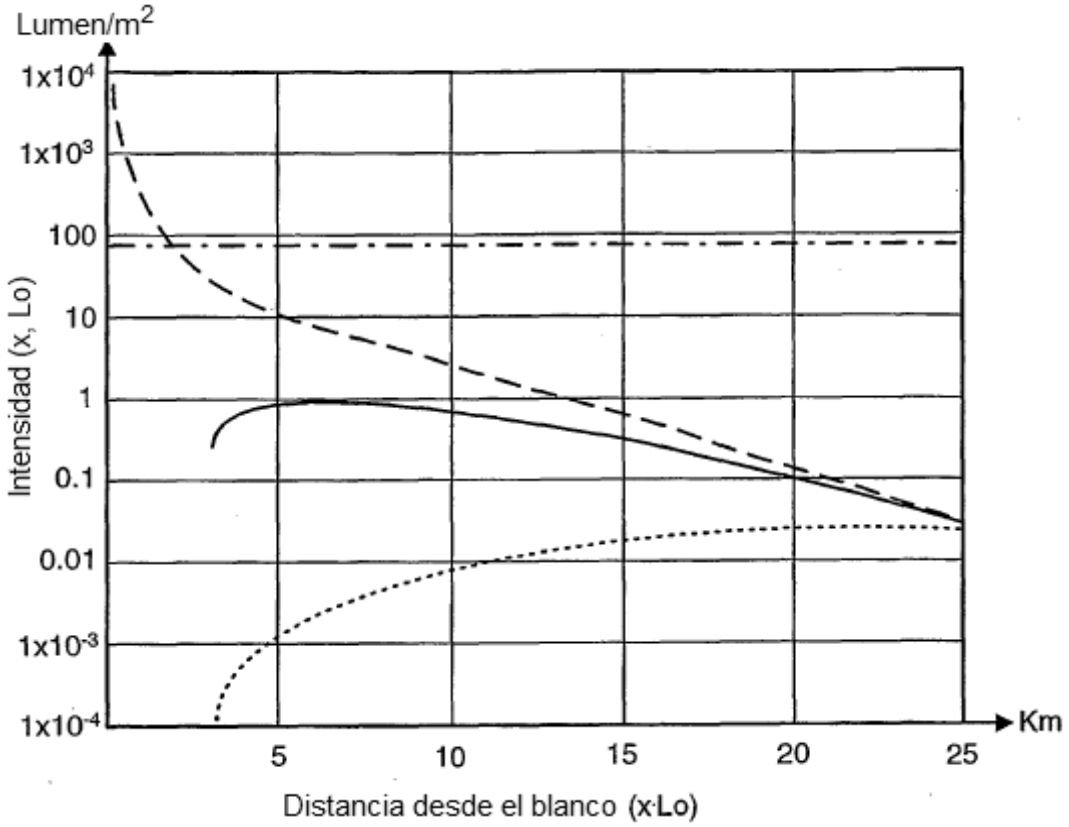


FIG. 1



——— Irradiación del blanco con desbloqueo periódico (IGL)

------- Intensidad radiante de retrodispersión con desbloqueo periódico (IRAg)

— — Irradiación del blanco sin desbloqueo periódico (IL)

— · — Intensidad radiante de retrodispersión sin desbloqueo periódico (IRAng)

Irradiación láser eficaz sobre el blanco con y sin desbloqueo periódico e intensidad radiante de retrodispersión (lúmen es por metro cuadrado) como una función de la distancia (kilómetros), en la formación de imágenes de pulso largo con desbloqueo periódico (LPGI)

V = 15 km	Distancia de la visibilidad a nivel del mar
H = 3 km	Altura plataforma/blanco sobre el nivel del mar
Lm = 3 km	Distancia mínima
Lo = 25 km	Distancia óptima de desbloqueo periódico

FIG. 2

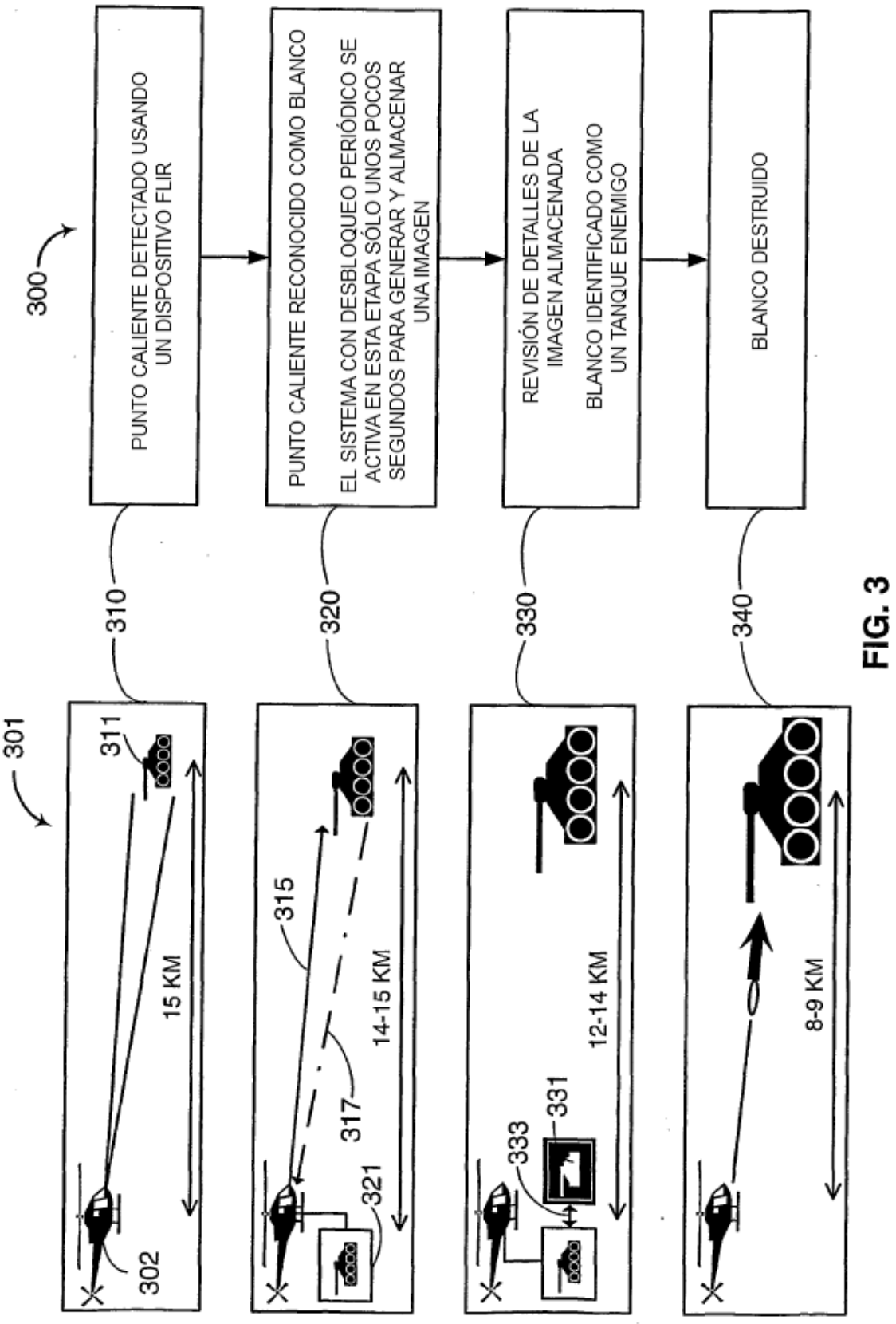

300
PUNTO CALIENTE DETECTADO USANDO UN DISPOSITIVO FLIR
PUNTO CALIENTE RECONOCIDO COMO BLANCO
EL SISTEMA CON DESBLOQUEO PERIÓDICO SE ACTIVA EN ESTA ETAPA SÓLO UNOS POCOS SEGUNDOS PARA GENERAR Y ALMACENAR UNA IMAGEN
REVISIÓN DE DETALLES DE LA IMAGEN ALMACENADA
BLANCO IDENTIFICADO COMO UN TANQUE ENEMIGO
BLANCO DESTRUIDO
310
320
330
340
301
311
315
317
321
331
333
302
15 KM
14-15 KM
12-14 KM
8-9 KM

FIG. 3

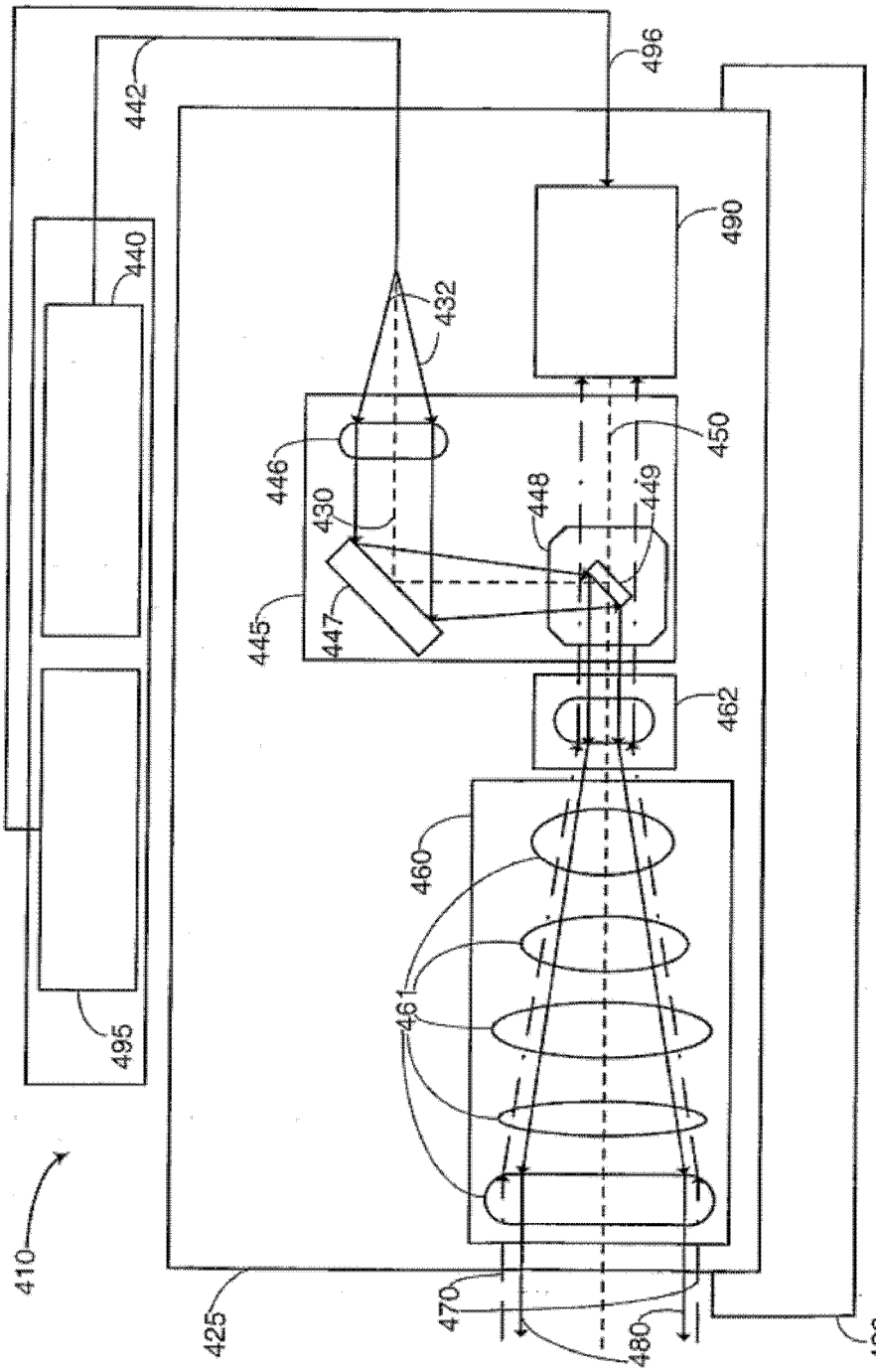

410
425
420
440
442
495
496
490
432
446
430
448
449
450
445
447
462
460
461
470
480

FIG. 4

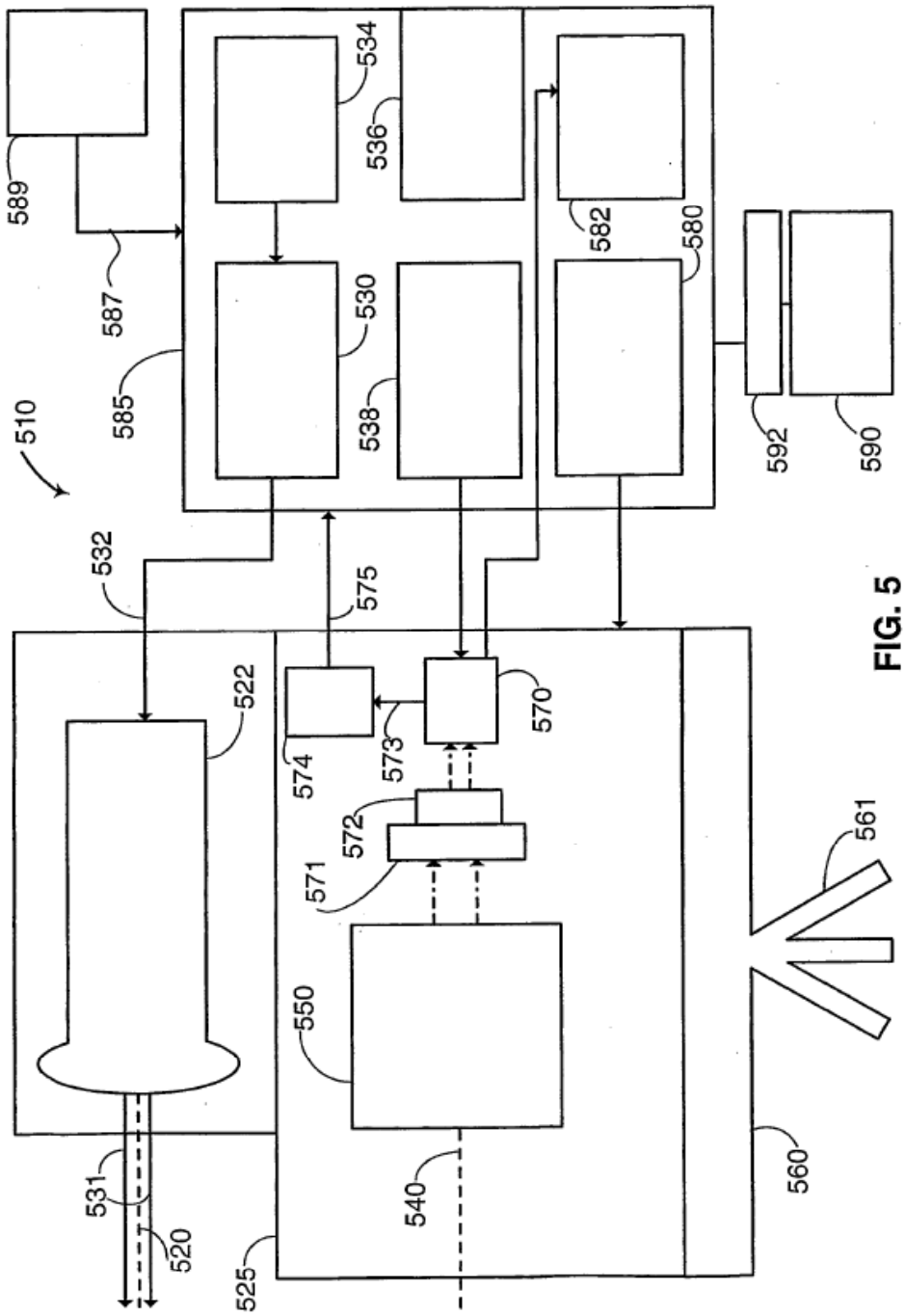

589
587
585
510
534
536
530
538
582
580
592
590
532
575
522
574
573
570
572
571
561
550
540
560
531
520
525

FIG. 5