

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 442**

51 Int. Cl.:

G01S 7/48

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2004 PCT/EP2004/053370**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.07.2005 WO05066653**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2004 E 04820959 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 1692539**

54 Título: **Sistema optrónico activo láser con capacidad de detección mejorada**

30 Prioridad:

12.12.2003 FR 0314602

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

03.11.2017

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45 RUE DE VILLIERS
92200 NEUILLY SUR SEINE, FR**

72 Inventor/es:

**PAPUCHON, MICHEL y
POCHOLLE, JEAN-PAUL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 640 442 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

Sistema oprónico activo láser con capacidad de detección mejorada

5 La invención se refiere a un sistema oprónico activo láser con capacidad de detección mejorada, y se aplica particularmente a un sistema activo de tratamiento de imágenes o sistema de telemetría láser y de manera general a cualquier sistema oprónico activo que comprenda una vía de emisión y una vía de recepción láser, y más particularmente en los sistemas denominados de seguridad ocular.

10 Los sistemas oprónicos activos láser conocen numerosas aplicaciones entre las que particularmente está la telemetría, basada en la medición del tiempo de vuelo de un impulso láser emitido por el sistema y retrorreflejado por el objetivo, o los sistemas activos de captación de imagen, en los que un objetivo a captar es iluminado por una fuente no natural de tipo fuente láser. Por razones de seguridad ocular, se ha planteado evitar el empleo de fuentes de emisión cuyas longitudes de onda estén en el visible. Se prefieren unas fuentes de emisión de longitud de onda denominadas de seguridad ocular, es decir unas longitudes de onda en las que las zonas del ojo anteriores a la retina (córnea, humor acuoso, cristalino) son absorbentes, de manera que la retina esté protegida en caso de impacto de un haz láser en el ojo. Estas longitudes de onda pertenecen al infrarrojo cercano (típicamente por encima de 1 μm), y las fuentes utilizadas clásicamente son por ejemplo los láseres dopados con erbio (longitud de onda de emisión 1,5 μm) o los láseres dopados con neodimio (fuente de emisión de 1,06 μm) asociados a unos dispositivos ópticos no lineales como los osciladores paramétricos ópticos, para emitir en unas longitudes de onda superiores a 1 μm . El empleo de dichas fuentes necesita encontrar para los sistemas oprónicos unos componentes (óptica, receptor, etc.) sensibles a estas longitudes de onda.

20 Una razón de la insuficiencia de efectividad en los sistemas oprónicos activos, de tipo captación activa de imágenes o telemetría, procede principalmente del flujo parásito incidente sobre el detector generado por las difusiones atmosféricas sobre los primeros centenares de metros del trayecto óptico entre el sistema y el objetivo. Este flujo parásito puede generar una señal de detección de amplitud superior a la resultante del flujo retrorreflejado por el objetivo que puede estar a varios kilómetros del sistema.

25 Una manera de superar este problema consiste en conmutar la capacidad de detección del receptor del sistema oprónico para hacerle inoperativo durante una duración dada, gracias a la colocación de un dispositivo electrónico en el detector en sí. Esta técnica no depende de la longitud de onda utilizada; es por tanto operativa en los sistemas oprónicos de seguridad ocular. Sin embargo, se pueden llegar a recoger unos tiempos de conmutación muy cortos, por ejemplo para la realización de sistemas de captación de imagen con resolución de distancia. El dispositivo electrónico de conmutación debe presentar en este caso una gran banda pasante y es generador de ruido.

30 La invención presenta un sistema oprónico activo con capacidad de detección mejorada, que permite limitar el flujo parásito debido a la retrodifusión sobre la atmósfera gracias a un dispositivo de conmutación controlada. Se basa en la implementación en la vía de recepción del sistema oprónico de un dispositivo de conmutación óptica que utiliza un medio de ganancia óptica bombeado mediante unos medios de bombeo controlados por una unidad de control, que permiten la activación del dispositivo de conmutación con unos tiempos de conmutación muy cortos (del orden del nanosegundo) y compatible con unos sistemas de seguridad ocular.

35 Más precisamente, la invención propone un sistema oprónico activo láser que comprende una vía para la emisión de un haz láser de iluminación de un objetivo por una fuente de emisión, una vía para la recepción de la onda retrodifundida por el objetivo y, en la vía de recepción, un dispositivo de conmutación que recibe dicha onda retrodifundida, caracterizado porque

- 40 - el dispositivo de conmutación es un dispositivo de conmutación óptica que comprende un medio de ganancia óptica y unos medios de bombeo de dicho medio de ganancia, siendo absorbente dicho medio de ganancia a la longitud de onda del láser correspondiente a un modo bloqueado del dispositivo de conmutación y que se convierte en sustancialmente transparente cuando es bombeado en correspondencia con un modo pasante del dispositivo de conmutación, de tal manera que permita la activación del dispositivo de conmutación respectivamente en modo bloqueado o pasante por medio de una unidad de control de los medios de bombeo y por que dicha unidad de control está configurada para controlar la activación del dispositivo de conmutación en modo pasante en al menos una primera ventana temporal de duración predeterminada, activada en un instante predeterminado después del inicio de la emisión del haz láser de iluminación, permitiendo limitar en parte un flujo luminoso parásito incidente sobre la vía de recepción.

La utilización de un medio de ganancia óptica puede permitir además la amplificación de la señal retrorreflejada por la escena, permitiendo de ese modo aumentar la sensibilidad del sistema.

El documento de Patente US 4 197 006 describe la protección de un sistema de recepción de una amenaza láser (impulso láser de contramedidas) por una máscara mecánica controlada eléctricamente.

55 El documento de Patente US 3 521 070 describe un codificador que utiliza una puerta óptica que permite una codificación temporal de un tren de impulsos de frecuencia fija. Surgirán más claramente otras ventajas y características con la lectura de la descripción que sigue, ilustrada por las figuras adjuntas que representan:

- Las figuras 1A y 1B, los esquemas de un ejemplo de sistema optrónico según la invención según dos variantes;
- La figura 2, un esquema que ilustra la apariencia de la señal de retorno en función del tiempo;
- La figura 3, un esquema que ilustra un ejemplo de utilización del dispositivo según la invención.

En las figuras, los elementos idénticos se indexan por las mismas referencias.

5 La figura 1A representa bajo la forma de un esquema simplificado un ejemplo de sistema optrónico activo láser según la invención. Se trata por ejemplo de un sistema de telemetría o de un sistema activo de captación de imagen. Comprende una vía 1 para la emisión de un haz láser de iluminación de un objetivo y una vía 2 para la recepción de la onda retrodifundida por el objetivo. En este ejemplo, las dos vías están separadas, pero el sistema podría ser también mono-estático, es decir con una ventana de entrada común a las dos vías. La vía 1 comprende de manera
10 conocida una fuente 10 de emisión de un haz 11 láser destinado a iluminar un objetivo (no representado), un objetivo 12 de conformación del haz, una ventanilla 13 de salida. La fuente de emisión láser es ventajosamente una fuente de impulsos, pero se puede concebir igualmente una fuente de emisión continua o cuasi continua en ciertas aplicaciones, particularmente en el tratamiento activo de imágenes. La vía 2 de recepción del haz 20 que
15 corresponde al flujo luminoso retrodifundido por el objetivo comprende además la ventanilla 21 de entrada, un objetivo 22 destinado a enfocar el haz 20 luminoso sobre unos medios 23 de detección unidos a un dispositivo electrónico de tratamiento de la señal (no representado).

Según la invención, en la vía 2 de recepción se posiciona un dispositivo 24 de conmutación óptica que recibe la onda 20 retrodifundida. Comprende un medio 241 de ganancia óptica, unos medios 242 de bombeo del medio de ganancia, de modo que el medio de ganancia es absorbente a la longitud de onda del láser 10 de emisión y que se
20 convierte en sustancialmente transparente cuando es bombeado, de tal manera que permite la activación del dispositivo de conmutación respectivamente en modo bloqueado o pasante. El dispositivo de conmutación comprende además una unidad 243 de control de los medios de bombeo que permite la activación del dispositivo de conmutación en modo pasante en al menos una ventana temporal de duración predeterminada, activada en un instante predeterminado después del inicio de la emisión del haz láser de iluminación.

25 En el ejemplo de la figura 1A, el medio 241 de ganancia óptica se posiciona en un plano focal intermedio de la vía de recepción, lo que permite poder limitar el tamaño de dicho medio. Se puede concebir igualmente posicionar el medio de ganancia en un plano pupilar cuando no es accesible ningún plano focal intermedio y la realización de un medio de ganancia de mayor tamaño no implica dificultad tecnológica.

30 En este ejemplo, los medios de bombeo son unos medios de bombeo óptico, que comprenden una fuente 242 de emisión de un haz 244 de bomba destinado a bombear dicho medio 241 de ganancia. Una lámina 245 reflectante o parcialmente reflectante a la longitud de onda del haz 244 de bomba permite enviar dicho haz hacia el medio de ganancia.

El ejemplo de la figura 1A muestra el bombeo del medio de ganancia en el sentido de propagación del flujo incidente. Puede preverse ventajosamente, como se representa en la vista parcial de la figura 1 B, que el haz 244 de bomba se propague en el medio 241 de ganancia en el sentido opuesto al sentido de propagación del flujo incidente en el sistema, para limitar el flujo parásito eventual sobre el detector 23. En este caso, la lámina 245 parcialmente reflectante se sitúa entre el medio 241 de ganancia y el detector 23.
35

Según la longitud de onda de bombeo elegida del medio de ganancia, el haz de bomba puede ser extraído de la fuente 10 de emisión, lo que permite reducir el volumen total del sistema optrónico. Los medios de bombeo pueden ser también unos medios de bombeo eléctricos cuando el medio de ganancia lo permite, lo que permite prescindir de una fuente láser suplementaria.
40

El sistema optrónico activo láser según la invención puede funcionar entonces de la manera siguiente, ilustrada por el esquema de la figura 2. En este ejemplo, se supone que la fuente 10 de emisión es una fuente de impulsos que envía en el instante t_0 un impulso hacia un objetivo del que desea formar por ejemplo una imagen. La curva 25 de la figura 2 representa la señal detectada por los medios 23 de detección (figura 1A) en función del tiempo. Esta curva muestra que esta señal comprende una componente muy importante que corresponde al flujo emitido por la fuente de emisión y retrodifundido por la atmósfera antes de alcanzar el objetivo. Como lo muestra la curva 25, el flujo decrece en función del tiempo pero su amplitud puede ser muy grande con relación al flujo retrodifundido por el objetivo en sí, correspondiente en la figura 2 a la señal indicada por 251, que puede estar a unas distancias de varios kilómetros del sistema optrónico. Gracias al sistema de conmutación según la invención, es posible generar una zona ciega que corresponde a la ventana temporal durante la que el conmutador está bloqueado. De ese modo en la figura 2, el conmutador está bloqueado entre el instante t_0 de emisión del impulso y un instante t_A , que define la zona de distancia ciega del sistema de captación de imagen. Un objetivo situado a una distancia superior envía una señal 251 de eco en un instante dado t_C . Es posible así suprimir una gran parte del flujo luminoso parásito incidente sobre los medios 23 de detección.
45
50
55

El dispositivo de conmutación del sistema según la invención implementa un medio de ganancia, bombeado por unos medios de bombeo, a su vez controlados por una unidad de control con el fin de definir la zona ciega. Para obtener una funcionalidad de ese tipo, el medio de ganancia se elige de tal manera que cuando no es bombeado, es

absorbente a la longitud de onda del láser de emisión y se convierte en sustancialmente transparente, incluso presenta ganancia óptica, cuanto es bombeado. Ciertos medios de ganancia conocidos de la técnica anterior, y descritos a continuación pueden funcionar con unas longitudes de onda superiores a la micra, lo que permite la aplicación de la invención a los sistemas oprónicos de seguridad ocular. Por otro lado, la ganancia de este tipo de materiales es sustancialmente isótropa, lo que es particularmente interesante en el caso de la captación de imagen activa, para la que el ángulo de visión puede ser importante. Además, ciertos medios de ganancia tienen unos tiempos de respuesta muy cortos, como los materiales de tipo semiconductor, lo que puede permitir unas funcionales suplementarias que se describirán posteriormente.

Al mismo tiempo, siendo estos materiales por principio unos amplificadores cuya ganancia es conmutada, pueden ventajosamente utilizarse para amplificar el nivel de la señal retrorreflejada por el objetivo, permitiendo de ese modo optimizar la potencia láser necesaria para obtener un alcance determinado, lo que puede permitir minimizar el volumen y la potencia de la fuente y facilitar de ese modo la integración del sistema en unos conjuntos oprónicos que necesitan una gran compacidad y presentan unas posibilidades de potencia eléctrica limitadas. Por otro lado, el sistema según la invención permite con un nivel de potencia láser equivalente, aumentar el alcance del sistema.

Pueden utilizarse numerosos medios de ganancia bien conocidos en el estado de la técnica, para la implementación del dispositivo de conmutación del sistema oprónico según la invención.

Por ejemplo, el medio de ganancia es un material semiconductor cuya banda de ganancia se ajusta modificando la composición; puede tratarse por ejemplo de un material de tipo GaInAsP fabricado por epitaxia y bien conocido en el estado de la técnica. Una ventaja de los materiales semiconductores es la posibilidad de un bombeo eléctrico, lo que puede simplificar la configuración óptica del sistema no necesitando un láser de bombeo. Por ejemplo, el caso del sistema oprónico que implementa la fuente de emisión láser de 1,54 μm , se podrá utilizar un compuesto del tipo GaInAsP con la composición adaptada. El bombeo puede ser eléctrico, u óptico, a 0,98 μm , o a 0,8 μm (longitud de onda de los diodos láser clásicamente utilizados para el bombeo de los láseres sólidos de tipo Nd:YAG). Como en el ejemplo de la figura 1, el medio de ganancia puede estar formado por un apilado 246 de capas semiconductoras, de un grosor típicamente del orden de la micra, en un sustrato 247.

Según otro ejemplo, es posible utilizar las propiedades de ciertas tierras raras incorporadas en unas matrices transparentes, verificándose la condición correspondiente a una absorción máxima del dispositivo cuando no es bombeado con unos materiales de tipo 3 niveles. Por ejemplo, se puede utilizar como medio de ganancia unos iones de erbio en un vidrio para unas longitudes de onda de láser de emisión próximas a 1,54 μm .

Según una variante de implementación del sistema oprónico activo láser según la invención, es posible generar unas ventanas temporales que corresponden a diferentes alcances de distancia. De ese modo, en el ejemplo de la figura 3, se representan tres objetivos A, B, C situados a unas distancias d_A , d_B , d_C del sistema oprónico. Gracias al control de los medios de bombeo del medio de ganancia, se puede hacer variar el instante del alcance en distancia para analizar la escena plano por plano. Por otro lado, gracias a la utilización de medios de ganancia de tipo semiconductor que tienen unos tiempos de respuesta muy rápidos, es posible obtener unos alcances muy finos y acceder de ese modo a una resolución en distancia del objetivo para la captación de imágenes tridimensionales.

Además de la aplicación a la captación de imágenes tridimensionales, la resolución en distancia puede ser interesante para otras aplicaciones, como por ejemplo la perfilometría, que implementa el análisis mediante un monodetector del perfil de retorno de un tren de impulsos. Este perfil da una firma del objetivo observado.

Según una variante, el medio de ganancia está formado por un bloque sustancialmente homogéneo. Para ciertas aplicaciones, podrá ser interesante tener un medio de ganancia "pixelado". Por ejemplo, en el caso de un medio de ganancia de tipo semiconductor, es posible disponer de una matriz de elementos de ganancia óptica, típicamente del orden de la decena de micras, pudiendo ser bombeados dichos elementos selectivamente por los medios de bombeo, por ejemplo unos medios de bombeo eléctricos. Esto permite particularmente unas aplicaciones de tipo protección contra la amenaza láser suprimiendo por bloqueo del dispositivo de conmutación un eventual punto de deslumbramiento láser sobre los medios de detección. Puede obtenerse la misma funcionalidad en el medio de ganancia formado por un bloque homogéneo, con unos medios de bombeo óptico que comprenden además la fuente de emisión de un haz de bombeo, un modulador espacial de luz sobre el que se envía el haz de bomba, permitiendo activar selectivamente diferentes zonas del medio de ganancia, repartidas sobre el conjunto del bloque según una matriz de dos dimensiones. De ese modo, el medio de ganancia se encuentra "pixelado" por la configuración de los medios de bombeo en tanto que haces de bombeo elementales.

REIVINDICACIONES

1. Sistema oprónico activo láser que comprende una vía 1) para la emisión de un haz láser de iluminación de un objetivo por una fuente (10) de emisión, una vía (2) para la recepción de la onda retrodifundida por el objetivo y, en la vía de recepción, un dispositivo de conmutación que recibe dicha onda retrodifundida, **caracterizado porque**
- 5 - el dispositivo de conmutación es un dispositivo (24) de conmutación óptica que comprende un medio (241) de ganancia óptica y unos medios (242) de bombeo de dicho medio de ganancia, siendo absorbente dicho medio de ganancia a la longitud de onda del láser correspondiente a un modo bloqueado del dispositivo de conmutación y que se convierte en sustancialmente transparente cuando es bombeado en correspondencia con un modo pasante del dispositivo de conmutación, de tal manera que permite la activación del dispositivo de conmutación respectivamente en modo bloqueado o pasante por medio de una unidad (243) de control de los medios de bombeo y **porque** dicha unidad de control está configurada para controlar la activación del dispositivo de conmutación en modo pasante en al menos una primera ventana temporal de duración predeterminada, activada en un instante (t_A) predeterminado después del inicio (t_0) de la emisión del haz láser de iluminación, permitiendo limitar en parte un flujo luminoso parásito incidente sobre la vía de recepción.
- 10 2. Sistema oprónico según la reivindicación 1, en el que el medio (241) de ganancia, cuando es bombeado, genera además un efecto de amplificación de la onda retrodifundida.
3. Sistema oprónico según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de bombeo son unos medios de bombeo óptico que comprenden una fuente (242) de emisión de un haz de bomba destinado al bombeo del medio de ganancia.
- 20 4. Sistema oprónico según la reivindicación 3, en el que la fuente de emisión del haz de bomba se extrae de la fuente (10) de emisión del haz de iluminación del objetivo.
5. Sistema oprónico según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de conmutación óptica está posicionado en la proximidad de un plano focal intermedio.
- 25 6. Sistema oprónico según la reivindicación 5, en el que el medio de ganancia está formado por un bloque homogéneo y porque los medios de bombeo son unos medios de bombeo óptico, que comprenden una fuente de emisión de un haz de bomba y un modulador espacial de luz sobre el que se envía dicho haz de bomba, permitiendo activar selectivamente diferentes zonas del medio de ganancia, repartidas sobre el conjunto del bloque según una matriz de dos dimensiones.
- 30 7. Sistema oprónico según la reivindicación 5, en el que el medio de ganancia está dispuesto bajo la forma de una matriz de elementos de ganancia óptica, pudiendo ser bombeados selectivamente dichos elementos por dichos medios de bombeo.
8. Sistema oprónico según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el medio de ganancia es un material semiconductor, bombeado mediante unos medios de bombeo óptico.
- 35 9. Sistema oprónico según una de las reivindicaciones 1, 2, 5 o 7, en el que el medio de ganancia es un material semiconductor, bombeado mediante unos medios de bombeo eléctrico.
10. Sistema oprónico según una de las reivindicaciones 8 o 9, en el que dicho material semiconductor es de tipo GaInAsP cuya composición está adaptada en función de la longitud de onda del haz láser de emisión.
11. Sistema oprónico según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el medio de ganancia es un material de 3 niveles de transición.
- 40 12. Sistema oprónico según la reivindicación 11, en el que el medio de ganancia comprende unos iones de erbio, siendo los medios de bombeo unos medios de bombeo óptico de 0,98 o 1,48 micras.
13. Sistema oprónico según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de control está programada para activar el dispositivo de conmutación en modo pasante según varias ventanas temporales que corresponden a puertas de distancia diferentes (d_A , d_B , d_C) que permiten un análisis plano por plano de una escena.

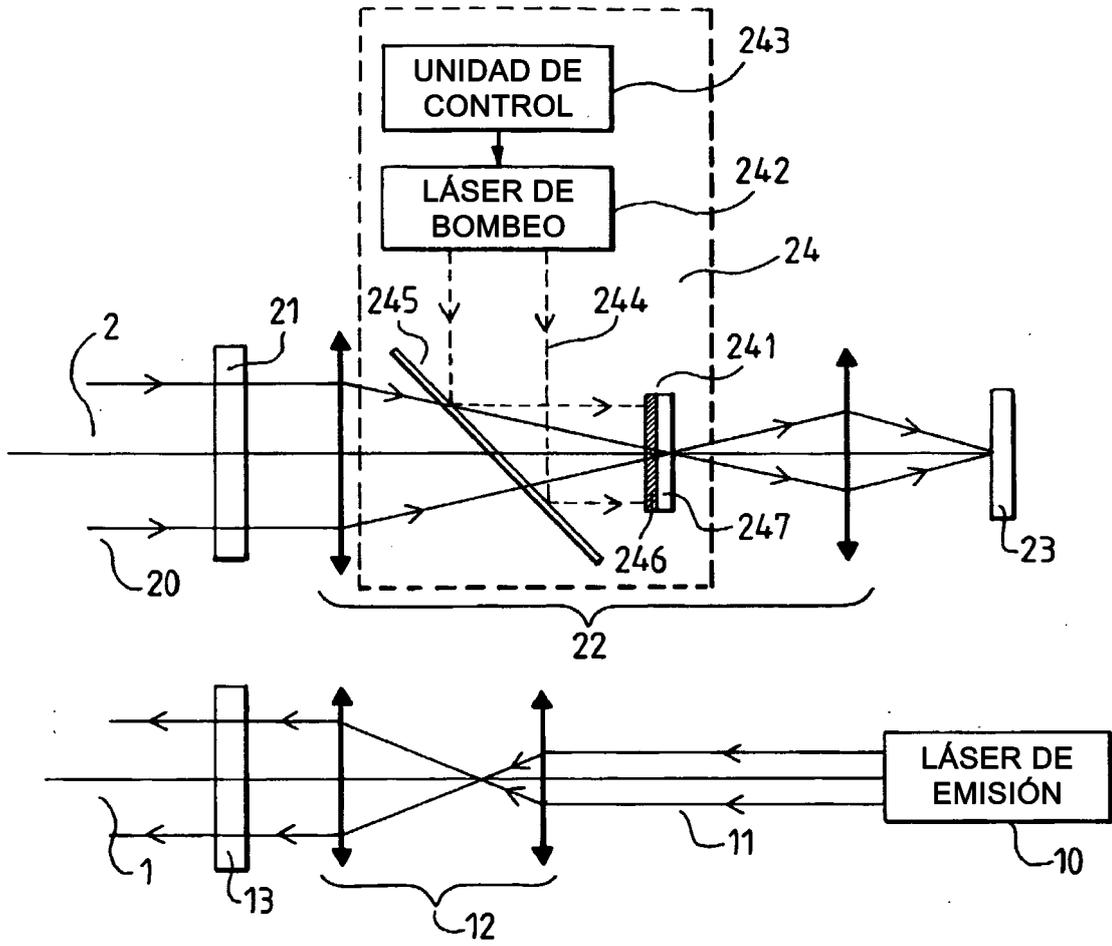


FIG. 1A

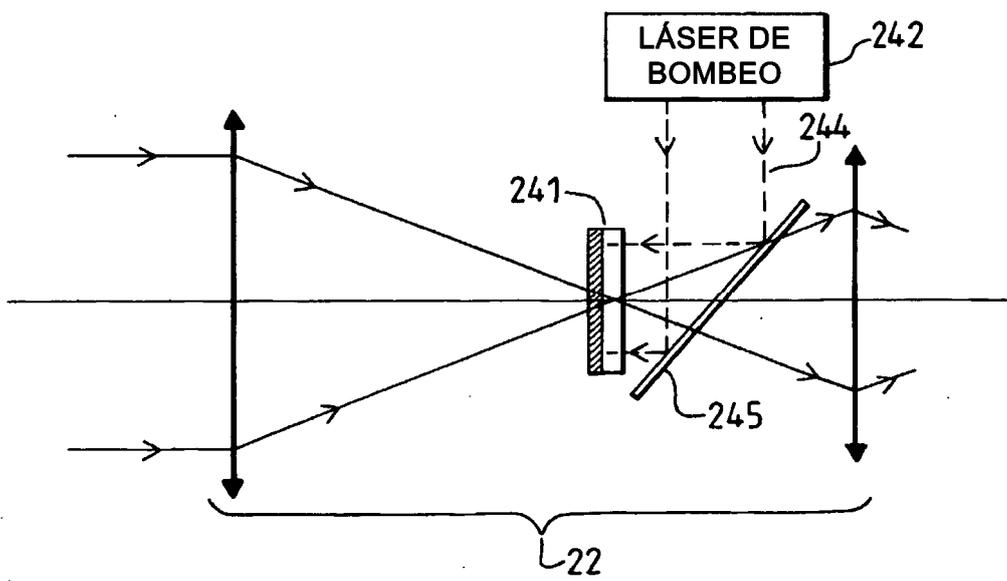


FIG. 1B

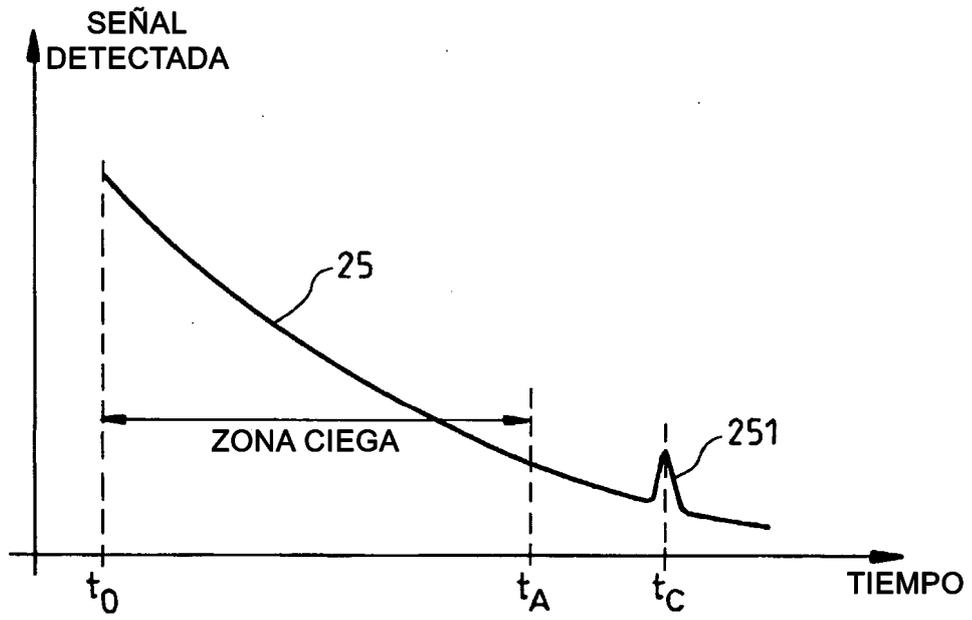


FIG.2

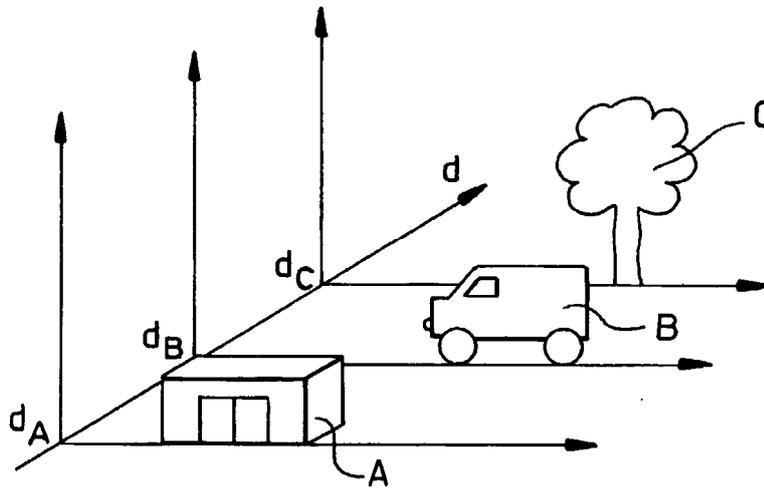


FIG.3