

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 252**

51 Int. Cl.:

G01S 11/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.02.2009 PCT/DE2009/000186**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2009 WO09106037**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2009 E 09714658 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2250516**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de la distancia de un objeto que emite una huella infrarroja**

30 Prioridad:
26.02.2008 DE 102008011123

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.03.2017

73 Titular/es:
**AIRBUS DS ELECTRONICS AND BORDER SECURITY GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Straße 1
82024 Taufkirchen, DE**

72 Inventor/es:
BARTH, JOCHEN

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 606 252 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

Procedimiento para la determinación de la distancia de un objeto que emite una huella infrarroja

5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación de la distancia de un objeto que emite una huella infrarroja y a un dispositivo para la ejecución del procedimiento.

10 La invención resulta especialmente importante cuando una aeronave se ve amenazada por un proyectil autopropulsado. La mayoría de los proyectiles de corto y medio alcance poseen, por regla general, una cabeza buscadora de rayos infrarrojos sensible a la radiación emitida por la aeronave, principalmente a la radiación de los motores, y que funciona de acuerdo con un procedimiento de búsqueda de objetivo. Estos proyectiles dirigidos se pueden fabricar con relativa facilidad y disparar incluso desde armas apoyadas en el hombro, los así llamados bazucas.

Dado que estos proyectiles, al contrario que los dirigidos por radar, se aproximan a su objetivo de forma pasiva, los sensores ópticos de alerta adquieren una importancia cada vez mayor para poder adoptar a tiempo y en el momento preciso las correspondientes contramedidas contra tales proyectiles.

15 En el documento DE 195 46 873 C1 se proponen un procedimiento y un dispositivo con un sensor pasivo reproductor que detecta el objeto que se va aproximando en al menos dos gamas de longitudes de onda, en las que los coeficientes de atenuación varían. La captación del objeto en varias gamas de longitudes de onda se produce por que, delante del sistema óptico del sensor de alerta pasivo, se conecta un filtro rotatorio formado por varios sectores cuyas gamas de transmisión varían de acuerdo con las gamas de longitudes de onda elegidas. Las señales del sensor conformes a la capacidad de radiación detectada por el sensor del objeto que se aproxima sólo se emplean en caso de longitudes de onda diferentes para determinar la distancia y/o velocidad del objeto, por ejemplo un proyectil que se va aproximando a un avión, teniendo en cuenta la diferencia de los coeficientes de atenuación atmosféricos.

20 El procedimiento descrito en el documento DE 195 46 873 C1 se basa en mediciones espectralmente resueltas con longitudes de onda discretas y determina la distancia del objeto formando la relación entre respectivamente dos señales de sensor en gamas de longitudes de onda distintas. Sin embargo, este procedimiento es muy inexacto.

30 Por el documento DE 34 14 798 A1 se conoce un telémetro pasivo para la detección de la radiación de los objetos que la emiten. Este telémetro se caracteriza por que se mide una radiación de brillos de sol en la gama de longitudes de onda por debajo de los 2,9 μm . La radiación se mide además en un así llamado "pico azul" y en un bucle rojo. El pico azul y el bucle rojo se encuentran respectivamente por el lado de onda corta o de onda larga de una banda de absorción atmosférica. A partir de estas mediciones se produce, en la gama de longitudes de onda que interesa, un espectro teórico para cada longitud de onda, que se pondera con un factor de paso que representa el porcentaje de la radiación que se ha dejado pasar a través de la distancia R, teniendo en cuenta la absorción por dióxido de carbono atmosférico y óxido de nitrógeno. Por medio de una comparación de los resultados teóricos y experimentales se determina la distancia con respecto al objeto.

35 Por el documento US-A-5 469 265 se conoce un dispositivo según las características del preámbulo de la reivindicación válida 11 .

El objetivo de la invención es el de proponer un procedimiento y un dispositivo con los que los datos de un objeto que se va aproximando se puedan proporcionar de forma más rápida y exacta que con el estado de la técnica.

40 Esta tarea se resuelve, en cuanto al procedimiento, con el objeto de la reivindicación 1 y, en cuanto al dispositivo, con el objeto de la reivindicación 11. Otras variantes de realización ventajosas de la invención son respectivamente objeto de las subreivindicaciones.

45 De acuerdo con el procedimiento, se mide la distribución de la intensidad espectral, definida también como espectro de distribución de intensidad, de un objeto captado en la zona de una estructura de absorción de la atmósfera. En el espectro de distribución de intensidad medido se determina el punto de una inclinación extrema en un flanco causado por la estructura de absorción atmosférica de un aumento o descenso de intensidad en el espectro de distribución de intensidad medido. Mediante la comparación con datos de transmisión conocidos de la atmósfera se calcula el recorrido de la radiación a través de la atmósfera, que corresponde a la distancia entre el detector y el objeto. A partir de las correspondientes mediciones de distancia en dos momentos distintos se determina convenientemente además el desfase cronológico de la posición para calcular la velocidad relativa entre el detector y el objeto. El espectro de distribución de intensidad se puede registrar en relación con la longitud de ondas o con la frecuencia.

55 Dicho con otras palabras, con el procedimiento según la invención es posible determinar, en momentos distintos, la posición espectral del flanco de la distribución de intensidad a través del punto de máxima inclinación. Esto resulta mucho más exacto que la determinación a través de la formación de la relación de mediciones discretas con longitudes de onda diferentes y, en gran medida, independiente de la distribución espectral de la intensidad emitida por el objeto, que se describe en el documento DE 195 46 873 C1, puesto que sólo se tiene que evaluar una gama de longitudes de onda estrecha.

La distribución de intensidad espectral se analiza convenientemente en una gama de longitudes de onda situada en la zona de líneas de absorción atmosférica, con preferencia cerca de estas líneas de absorción debidas a gases, cuya concentración oscila únicamente un poco con las condiciones climáticas. Especialmente apropiada es una gama de longitudes de onda de, por ejemplo, 4 – 5 μm, convenientemente de 4,3 – 4,7 μm. que se encuentra en la radiación infrarroja media por el lado de onda corta y de onda larga de la línea de absorción de CO₂. Como es lógico, la distribución de intensidad espectral también se puede analizar en una gama de frecuencias correspondiente.

El dispositivo según la invención comprende una óptica de entrada con un filtro de longitudes de onda eléctricamente sintonizable con una curva característica de filtración pendiente de la tensión, un detector de reproducción pasiva para la captación de la radiación del objeto, un primer circuito para el procesamiento de la señal del detector, un segundo circuito para la generación de una tensión de control que varía periódicamente para el filtro de longitudes de onda. El primer circuito se compone convenientemente de un elemento de diferenciación, un convertidor analógico-digital y un procesador de análisis de señales, el segundo circuito consta fundamentalmente de un generador de funciones, un generador de impulsos y un elemento sumador. El dispositivo comprende además una fuente de tensión para la generación de una tensión offset para la tensión a aportar al filtro de longitudes de onda.

Con el procedimiento según la invención, la radiación infrarroja emitida por un objeto se puede captar y evaluar en cualquier momento por completo. Se capta, por lo tanto, todo el encuadre 2-dimensional de la imagen de un objeto a analizar. Con el dispositivo según la invención se aporta, por lo tanto, toda la radiación enfocada por el objeto en el plano focal, para su evaluación espectral. Al contrario que en el estado de la técnica, tal como se describe, por ejemplo, en el documento GB 2 323 730 A, no se consideran secciones del objeto, sino siempre el objeto en su conjunto.

La invención así como variantes de realización ventajosas se describirán a continuación más detalladamente a la vista de dibujos. Éstos muestran en la

Figura 1 una estructura esquemática de un dispositivo según la invención;

Figura 2 la absorción de CO₂ atmosférica en dependencia de la distancia entre el detector y el objeto y la longitud de onda;

Figura 3 el desarrollo de la señal del detector y de la señal de control como función del tiempo.

En la figura 1 se representa estructura esquemática de un dispositivo según la invención. El dispositivo según la invención consiste fundamentalmente en un sensor con una óptica de entrada 1, en forma de objetivo, y en un filtro de longitudes de onda 2 eléctricamente sintonizable dispuesto delante de un detector 3. El filtro de longitudes de onda 2 puede ser, por ejemplo, un filtro Fabry-Perot fabricado a base de silicio.

Las señales del detector se aportan a través de un elemento de diferenciación 4 y de un convertidor analógico-digital 5 a un procesador de análisis de señales 6. El procesador de análisis de señales 6 controla, por una parte, un generador de impulsos 9 para la producción de una señal de referencia cronológica. Por otra parte, el procesador de análisis de señales 6 controla una fuente de tensión 10. El generador de impulsos 9 conduce la señal de referencia cronológica a un generador de funciones 8 para la generación de una tensión que varía periódicamente. Esta tensión periódica y la tensión de la fuente de tensión se suman en un elemento sumador 7 y se aportan al filtro de longitudes de onda 2 como tensión de control. Esta tensión de control presenta, por lo tanto, un porcentaje de tensión constante resultante de la fuente de tensión 10, y un porcentaje de tensión periódico resultante del generador de funciones 8.

Conforme a la invención, el filtro de longitudes de onda eléctricamente sintonizable se activa de manera que, alrededor de una longitud de onda media λ₀ fija, se explore periódicamente una gama de longitudes de onda Δλ según la ecuación

$$\lambda(t) = \lambda_0 + \Delta\lambda \cdot P(t) \quad (1),$$

definiendo P(t) una función de tiempo periódica.

Para el control del filtro de longitudes de onda eléctricamente sintonizable se genera, de forma correspondiente, una tensión que varía periódicamente (por ejemplo sinusal, triangular o en forma de diente de sierra) en un offset. Para la tensión de control

$$U(t) = U_0 + \Delta U \cdot \cos(\omega t)$$

se obtiene, con ayuda de la línea característica f(U) del filtro de longitudes de onda

$$\lambda(t) = f(U_0) + f(\Delta U \cdot \cos(\omega t)) \quad (2)$$

La tensión offset U_0 establece la longitud de onda media λ_0 , y la amplitud ΔU determina la gama de longitudes de onda $\Delta\lambda$.

Los parámetros U_0 y ΔU se eligen de manera que las características espectrales a captar de la huella del objeto estén dentro de la zona de exploración. La señal de detector así producida se diferencia y se transforma en señales digitales que son procesadas por un procesador de análisis de señales que extrae las características espectrales. Como consecuencia de la diferenciación se suprime el porcentaje de radiación de fondo espectral no estructurada de la señal, y se destacan con mayor claridad las características espectrales de la radiación del objeto.

El procesador asigna las características espectrales extraídas a la longitud de onda, relacionando la señal de detector digitalizada cronológicamente con las señales de impulso del generador de impulsos y, por consiguiente, con la tensión de control que se registra en este momento en el filtro de longitudes de onda.

Si se considera en concreto la determinación de la distancia con ayuda del flanco espectral que se produce a causa de la absorción de CO₂ atmosférico entre 4 μm y 5 μm de longitud de onda, se pueden elegir, conforme a la parte inferior de la figura 2, los parámetros para la exploración de la gama de longitudes de onda ventajosamente con $\lambda_0 = 4,5 \mu\text{m}$ y $\Delta\lambda = 0,15 \mu\text{m}$. La figura 2 muestra en la parte superior, para las distancias de 500 m, 1000 m, 2000 m y 4000 m entre el objeto y el detector, la transmisión atmosférica en función de la longitud de onda. En la parte inferior se representa el respectivo diferencial.

Con estos parámetros se obtiene una señal de detector periódicamente diferenciada que se representa en la figura 3 junto con la tensión de control para el filtro de longitudes de onda según la ecuación (2). Se indican unidades relativas frente al argumento de la función cos de la tensión de control, expresada como ángulo en grados. En primer lugar se comprueba si el máximo y el mínimo de la señal de detector diferenciada sobrepasan un valor umbral preestablecido. Si esto ocurre, existe un flanco de intensidad significativo en la gama captada de la señal de detector. A continuación se elige, como referencia t_0 , el momento del paso por cero del porcentaje periódico de la tensión de control, obteniéndose como magnitud de medición determinada por el procesador el registro Δ como diferencia respecto a la posición del máximo en la señal de detector diferenciada.

Por el documento US 4 658 368, por ejemplo, se conocen métodos para la extracción de una posición máxima de una señal eléctrica. Por medio de los mismos se pueden determinar el registro Δ y, por consiguiente, el desfase cronológico Δt entre la posición máxima y el paso por cero en el porcentaje periódico de la tensión de control, a partir del cual se obtiene después, a través del correspondiente valor de la tensión de control $U(t_0 + \Delta t)$ y de la línea característica del filtro de longitudes de onda, la longitud de onda correspondiente $\lambda(t_0 + \Delta t)$. Con ello se determina la posición buscada del flanco espectral.

En una primera variante de realización especial de la invención, se puede producir un bucle de regulación cerrado utilizando el registro Δ como magnitud de regulación para el seguimiento de la magnitud de la tensión de referencia de manera que el registro Δ se ajuste a cero. Como consecuencia coinciden las posiciones de los extremos de la señal de detector diferenciada con los pasos por cero de la señal de referencia. El bucle de regulación de la figura 1 se representa con una línea discontinua entre el procesador y la fuente de tensión de referencia. En este caso se obtiene la posición buscada del flanco espectral convirtiendo la magnitud de la tensión de referencia regulada a través de la línea característica del filtro de longitudes de onda.

En una segunda variante de realización especial de la invención para la determinación de la magnitud de regulación Δ para el seguimiento de la tensión de referencia, se utiliza la simetría aproximadamente cumplida de la señal de detector diferenciada en las proximidades del máximo. De forma correspondiente se elige un intervalo de tiempo idóneo simétrico alrededor del momento t_0 del paso por cero del porcentaje periódico de la tensión de control. Dentro de este intervalo se multiplica cada valor digitalizado de la señal de detector diferenciada por el valor correspondiente del porcentaje periódico de la señal de referencia, sumándose todos los productos así obtenidos. Dado que el porcentaje periódico de la señal de referencia es una función impar con referencia a t_0 , el resultado llega a ser cero cuando la magnitud de regulación Δ desaparece. Como consecuencia, la suma de los productos es apropiada como magnitud de regulación.

Con la invención es posible referenciar las características de la distribución de intensidad espectral de forma más exacta. La posición espectral de un flanco provocado por absorción atmosférica, por ejemplo, se puede determinar exactamente y seguir a través del tiempo, para lo que el filtro de longitudes de onda se controla con una tensión que varía periódicamente en un offset, y la señal de detector se evalúa con ayuda de la diferenciación (analógica o digital) y de la detección de picos. De la detección de picos se puede derivar una señal de control para el seguimiento de la tensión offset del filtro de longitudes de onda, por lo que el filtro siempre sintoniza con la posición del flanco de la distribución de intensidad espectral.

De este modo se obtiene la ventaja de que la posición espectral del flanco se determina a través del punto de máxima inclinación; esto es mucho más exacto que la determinación a través de la formación de una relación de mediciones discretas con distintas longitudes de onda y en gran medida independiente de la distribución espectral de la intensidad emitida por el objeto. Gracias al seguimiento de la tensión offset el flanco espectral se resuelve siempre de forma óptima, independientemente de su respectiva posición espectral. Otras ventajas se consiguen por el tipo de procesamiento de la señal de detector, que permite mejorar la relación de señal - ruido y que está especialmente indicado para la detección de estructuras débiles en una base elevada (diferenciación).

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de la distancia de un objeto que emite una huella infrarroja, registrándose la distribución de intensidad espectral de la radiación emitida por el objeto en una gama de longitudes de onda preestablecida, caracterizado por que
 - en la zona de una estructura de absorción de la atmósfera se mide un espectro de distribución de intensidad del objeto,
 - en el espectro de distribución de intensidad medido se determina un punto de inclinación extrema en un flanco causado por la estructura de absorción atmosférica de un aumento o descenso de intensidad,
 - determinándose mediante comparación de los datos de transmisión conocidos de la atmósfera el recorrido de la radiación a través de la atmósfera y, por consiguiente, la distancia entre el detector y el objeto.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que en dos momentos diferentes se determina la distancia entre el detector y el objeto y se calcula, a partir del desfase cronológico, la posición de la velocidad relativa entre el detector y el objeto.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que con un detector y un filtro de longitudes de onda eléctricamente sintonizable se capta la distribución de intensidad espectral y por que se aporta una tensión de control al filtro de longitudes de onda para el control de las características del filtro.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que la tensión de control presenta un porcentaje de tensión que varía periódicamente ΔU y un porcentaje de tensión offset fijo U_0 predeterminable.
5. Procedimiento según la reivindicación 3 ó 4, caracterizado por que la señal de detector se diferencia en un primer paso, se digitaliza en un segundo paso y se relaciona en un tercer paso con la tensión de control que se registra en este momento en el filtro de longitudes de onda.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que los máximos y mínimos de la señal de detector diferenciada se comparan con valores umbrales predeterminados y por que, cuando los extremos rebasan el valor umbral, se determina un registro Δ como desfase cronológico Δt como diferencia entre el en la señal de detector diferenciada y el momento t_0 del paso por cero en el porcentaje periódico de la tensión de control, a partir del cual se obtiene después, a través del correspondiente valor de la tensión de control $U(t_0+\Delta t)$ y de la línea característica del filtro de longitudes de onda, la longitud de onda correspondiente $\lambda(t_0+\Delta t)$.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que una magnitud proporcional al registro Δ se utiliza como magnitud de regulación para el seguimiento de la magnitud de la tensión de control, ajustándose el registro Δ a cero.
8. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que alrededor del momento t_0 se elige un intervalo de tiempo o por que, dentro del intervalo, se calcula la suma de los productos de cada valor digitalizado de la señal de detector diferenciada con el valor correspondiente del porcentaje periódico de la tensión de control.
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la gama de longitudes de onda se encuentra cerca de las líneas de absorción atmosféricas, preferiblemente cerca de las líneas de absorción debidas a gases cuya concentración sólo varía un poco en las condiciones climáticas.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que la gama de longitudes de onda de la radiación infrarroja media se encuentra por el lado de onda corta o el lado de onda larga de la línea de absorción de CO_2 en $4,25 \mu m$, aproximadamente.
11. Dispositivo para la realización de un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, con una óptica de entrada con un filtro de longitudes de onda (2) eléctricamente sintonizable con una curva característica de filtración pendiente de la tensión, un detector (3) de reproducción pasiva para el encuadre 2-dimensional de la imagen de un objeto a analizar, un primer circuito (4, 5, 6) para el procesamiento de la señal del detector, un segundo circuito (7, 8, 9) para la generación de una tensión de control que varía periódicamente para el filtro de longitudes de onda (2), caracterizado por que el primer circuito (4, 5, 6) comprende un elemento de diferenciación (4), un convertidor analógico-digital (5) y un procesador de análisis de señales (6).
12. Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado por que el segundo circuito (7, 8, 9) consta fundamentalmente de un generador de funciones (8), un generador de impulsos (9) y un elemento sumador (7) para sumar la tensión periódicamente variable generada por el generador de funciones (8) y la tensión de una fuente de tensión constante (10).
13. Dispositivo según la reivindicación 12, caracterizado por que el primer circuito (4, 5, 6) y el segundo circuito (7, 8, 9) forman, junto con la fuente de tensión (10), un bucle de regulación cerrado.

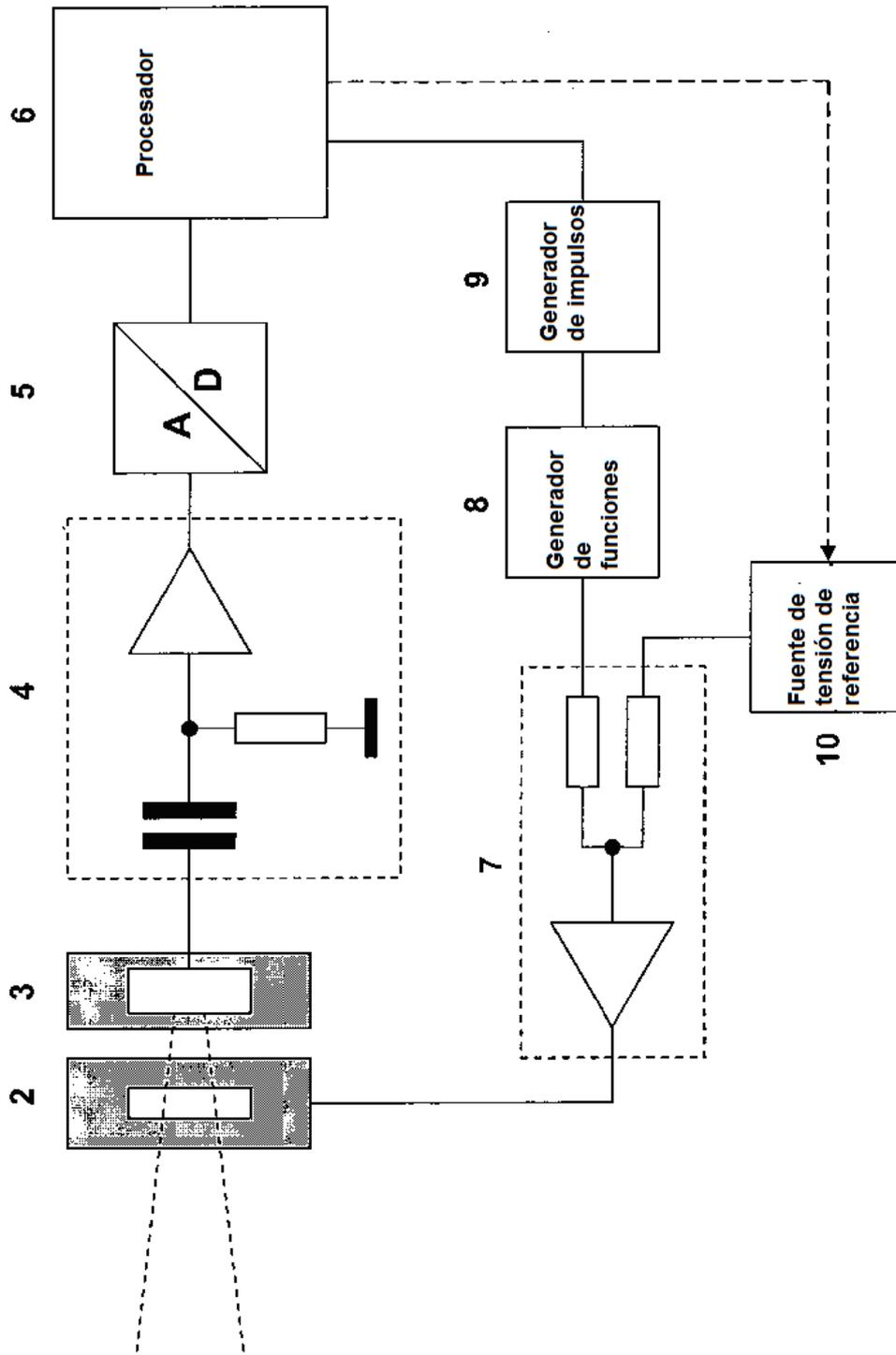


Fig. 1/3

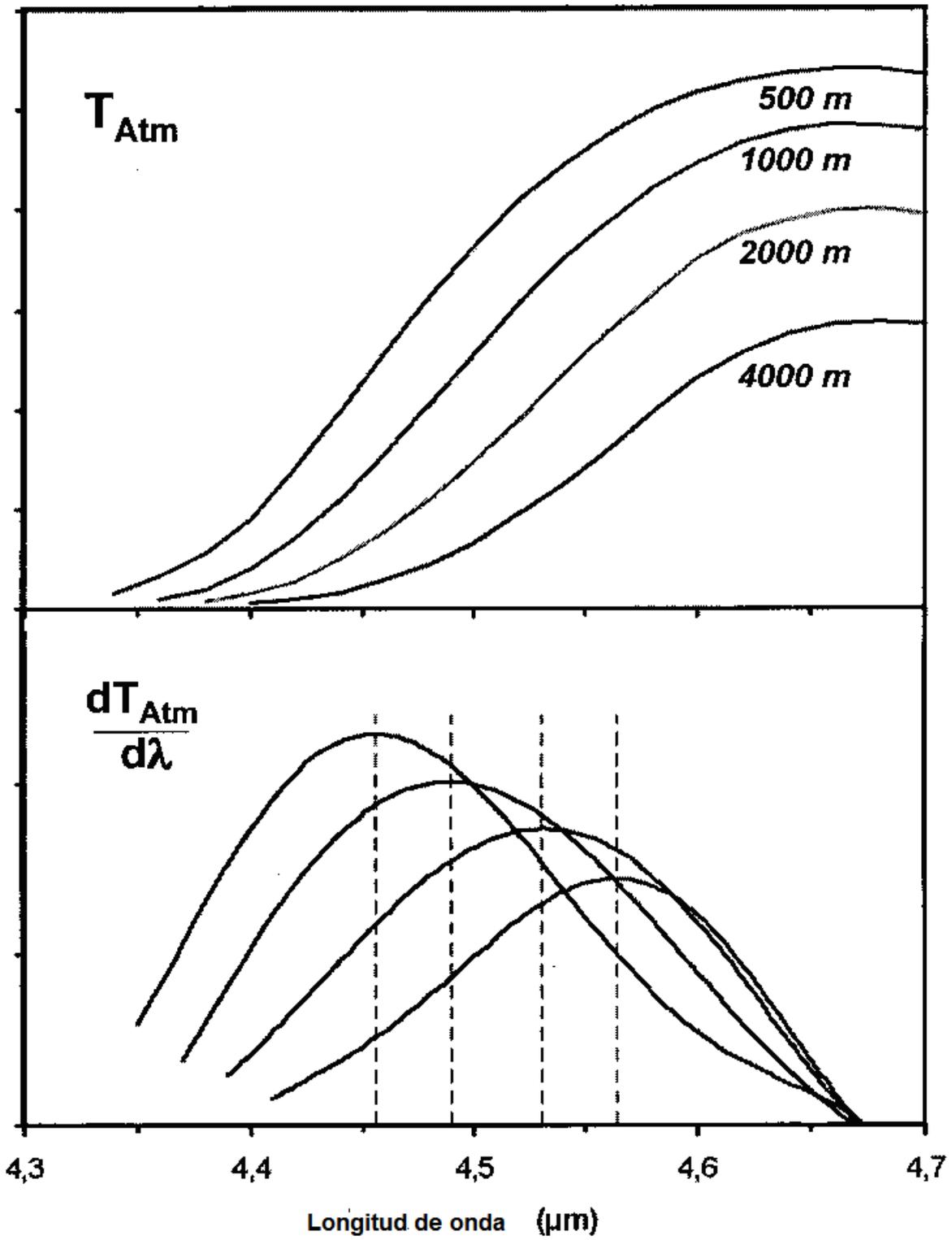


Fig. 2/3

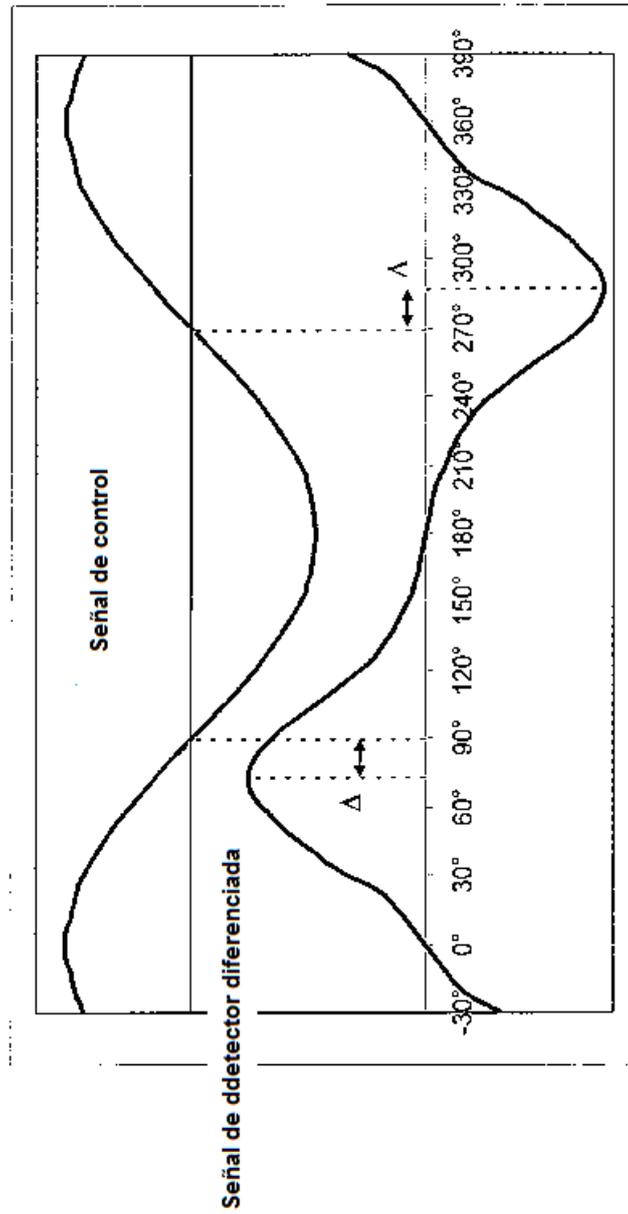


Fig. 3/3