

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 142**

51 Int. Cl.:

G01N 21/88 (2006.01)

G01N 21/952 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2010** **E 10382359 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020** **EP 2341330**

54 Título: **Sistema de captura y procesamiento de imágenes de perfiles de revolución en caliente**

30 Prioridad:

29.12.2009 ES 200931287

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

10.02.2021

73 Titular/es:

**FUNDACION TECNALIA RESEARCH &
INNOVATION (100.0%)
Parque Científico y Tecnológico de Gipuzkoa,
Mikeletegi Pasealekua, 2
20009 San Sebastián, Gipuzkoa, ES**

72 Inventor/es:

**GUTIÉRREZ OLABARRIA, JOSÉ ÁNGEL;
CRUZ-LÓPEZ CLARET, ANTONIO;
LAGO RUIZ, ALBERTO;
GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, ROBERTO y
BILBAO MARTXUETA, ALFREDO**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 805 142 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 de captura y procesamiento de imágenes de perfiles de revolución en caliente

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a sistemas de inspección de objetos a alta temperatura. Más concretamente, se refiere a un sistema para la captura y procesamiento de la imagen, en particular de objetos con perfiles de revolución en caliente, como tubos de acero durante su procedimiento de laminación o productos de colada continua (perfiles, etc.)

Antecedentes de la invención

10 Durante los procedimientos de laminación de materiales, en especial en laminado de acero, se realizan inspecciones de la superficie de las piezas. Debido a que las superficies calientes presentan una emisión de radiación en las bandas IR, roja, anaranjada y amarilla relacionada con la emisión térmica, la imagen obtenida de dicha superficie aparece difuminada y con grandes dificultades de adquisición, ya que el dispositivo que capta la luz reflejada por la superficie también es sensible a la propia radiación emitida por la pieza y esta satura el sensor. Para atenuar este efecto se recurre a la inspección asistida por cámaras y con fuentes de iluminación en el espectro lejano al de la luz roja emitida por la muestra. Un sistema que emplea este tipo de iluminación se describe en la patente US 6859285 B1. En el
15 dispositivo descrito en esta patente se dispone de una fuente emisora de radiación electromagnética en una banda de longitud de onda lejana de la correspondiente a la emisión del objeto incandescente. Sin embargo las configuraciones tradicionales de la fuente de iluminación y la cámara como las señaladas en dicha patente provocan brillos y dificultades de iluminación, sobre todo en superficies no planas como perfiles, tubos y superficies de revolución en general. Además estos sistemas no pueden aplicarse a dispositivos de inspección automática en línea que necesitan tomar un número elevado de imágenes, por ejemplo mientras un tubo se desplaza por un tren de laminado. Otros sistemas para detectar defectos de superficie se desvelan en los documentos US 2008/0063426 A1, FR 2887028 A1 y WO 2009/028883 A1.

Objeto de la invención

25 La invención tiene por objeto paliar los problemas técnicos citados en el apartado anterior y facilitar la inspección en línea de objetos calientes en forma de tubo u con otras superficies complejas como las de revolución. Para ello, propone un dispositivo de captura y procesamiento imágenes para perfiles de revolución en caliente según la reivindicación 1, que comprende fuentes de iluminación capaces de emitir luz en una longitud de onda diferente a la emitida por la superficie y tres sistemas compuestos cada uno por al menos dos fuentes de luz lineales y una cámara CCD lineal correspondiente, estando situados los tres sistemas en un plano perpendicular a la superficie y repartidos
30 en una circunferencia a 120° uno de otro. Las realizaciones preferentes se definen en las reivindicaciones dependientes. Opcionalmente, el dispositivo está provisto de un filtro pasa-banda de banda estrecha centrada en la longitud de onda de la luz emitida por el láser y una anchura de banda de 10nm. Se puede incorporar también un filtro de infrarrojos. El láser es preferentemente del tipo que emite luz azul de unos 473 nm y su línea de emisión tiene una anchura igual o mayor que 3 mm y una apertura angular de 16°. Los láseres y la cámara en cada sistema mantienen una relación angular de 15° con la superficie. En cada sistema la cámara está situada de preferencia, entre las dos
35 fuentes láser.

El dispositivo puede además incorporar un sistema de refrigeración que comprende carcasas aisladas térmicamente provistas de medios de inyección de aire comprimido adaptadas para albergar cada sistema de forma independiente.

Breve descripción de las figuras

40 Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña la siguiente descripción de un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

La Figura 1 muestra las fuentes láser y cámara empleados en una realización preferente de la invención.

La Figura 2 muestra la posición relativa de los láseres.

45 La Figura 3 muestra una gráfica que representa la sensibilidad de una cámara CCD respecto a la longitud de onda.

La Figura 4 muestra una gráfica de la transmisión del filtro infrarrojo incorporado en la invención.

La Figura 5 muestra un esquema de la disposición de los tres sistemas a 120°.

Descripción detallada de la invención

50 El dispositivo de la invención puede verse en las Figura 1, 2 y 5 y comprende tres sistemas (4) con al menos dos fuentes de iluminación (1), preferentemente láser por sus características de emisión, luz coherente y estructurada y monocromaticidad, en una longitud de onda lejana de la correspondiente a la emisión de la superficie a inspeccionar, y una cámara CCD (2) por sistema. El sistema encuentra su aplicación más ventajosa cuando se aplica a tubos de acero en un procedimiento de laminado. En la Figura 1 puede verse un tubo situado en el eje de laminación y un sistema con sus dos fuentes de iluminación y cámara correspondiente. Tanto las fuentes de iluminación (al menos 2
55 aunque podrían ser más en función de la aplicación) como las cámaras son de tipo lineal. En la configuración ideal los

dos láseres están a ambos lados de la cámara para que haya más emisión de luz en la zona que más disipa hacia los laterales del tubo.

Las cámaras lineales se utilizan en sistemas de producción continua como en aplicaciones de papel, tela, madera o acero. Una cámara lineal genera una imagen línea a línea de la longitud que el usuario requiera, de forma que se puede generar una imagen sin fin. Con esto se garantiza y simplifica la uniformidad en el sentido del eje de laminación (3), ya que la imagen se forma a partir del movimiento del elemento, de manera que se van captando líneas con idéntica distribución de luz. El enfoque de la iluminación es multipunto. Los láseres y la cámara mantienen una relación angular de unos 15° aproximadamente entre ellos y el eje de laminación de manera que se obtienen máximos de intensidad en las zonas deseadas. A su vez los láseres tienen una apertura angular de unos 16° y un grosor de línea en la superficie del tubo de unos 3 mm. Con esta disposición se obtiene una distribución uniforme de emisión percibida. Esta distribución, unida a la sensibilidad de las cámaras, proporciona una muy alta calidad de imagen en cada línea, logrando a su vez imágenes procesables de manera automática sobre las 50.000 líneas que componen un tubo medio de diámetro comprendido entre 140 y 210 mm y longitud que puede superar los 25 m.

Gracias a la geometría del sistema que incorpora tres sistemas de captación de imágenes (Figura 5) dispuestos en un mismo plano perpendicular al del eje de laminación y repartidos a 120°, es posible captar en tiempo real y de forma continuada el tubo a inspeccionar en su totalidad.

Además, con una orientación no normal de los elementos del sistema respecto a la superficie, se puede minimizar la reflexión especular.

Para conseguir una iluminación diferenciable se pueden usar longitudes de onda en las gamas verde (532 nm), azul (473 nm) o violeta (405 nm) del espectro, y todas están lo suficientemente alejadas de la emisión del acero caliente. De acuerdo con estas curvas de emisión (temperaturas entre 100 °C y 1500 °C) el violeta sería preferible, seguido del azul y el verde, ya que la emisión del acero es menor en esta banda. Sin embargo hay que considerar otros aspectos, como la sensibilidad de la CCD y el coste de la fuente. En la Figura 3 se muestra la sensibilidad típica de una cámara CCD. Desde el punto de vista de la sensibilidad de la cámara la iluminación en verde tiene ventajas, ya que la emisión de luz podría ser menor, pero la desventaja de que se empieza a solapar con el amarillo de la emisión del acero. En cambio el violeta es la peor opción. En cuanto al precio, la iluminación en verde es asimismo preferible a la azul o violeta. De medidas experimentales se deduce que la iluminación en azul es la preferible, ya que el violeta requiere de mayor emisión de luz a causa de la menor sensibilidad de la CCD en esa banda.

Frente a otras posibles alternativas, el láser de 473 nm y alta potencia (> 100 mW) es la fuente de preferencia. Es necesario definir unos requisitos rigurosos de estabilidad para evitar oscilaciones en la emisión de luz (<5% RMS en 4 horas). La línea láser debe tener una anchura mínima de 3 mm., con una distribución visualmente uniforme de emisión a lo largo de la línea y una distribución gaussiana en ancho.

El sistema de filtrado está adaptado a la emisión propia del acero al rojo. Comprende un filtro pasa-banda, preferentemente de banda estrecha centrada en 470 nm (para el caso en que se utilice luz azul) y una banda de unos 10 nm y un filtro de infrarrojos. Ambos filtros facilitan que la cámara CCD reciba solo la radiación en la banda de longitud de onda deseada y la incorporación de filtros infrarrojos protege además a los sistemas electrónicos frente a la radiación térmica.

Para proteger los equipos del riesgo térmico y la dureza del entorno se incorporan al sistema (cámara y fuentes) unas carcasas especiales convenientemente aisladas térmicamente y en las que se inyecta aire comprimido de un circuito refrigerado. Este aire ventila los sistemas y el sobrante es expulsado por la zona de las ventanas por las que los láseres proyectan su haz y la cámara capta la imagen, consiguiendo una alta presión en la zona que impide la deposición de cascarilla, óxidos, polvo y líquidos. Además esa corriente de aire mejora el efecto de emborronamiento que causa la transición entre el aire a alta temperatura en las proximidades de la pieza y el aire a temperatura ambiente. En otras aplicaciones se podrían usar soplantes adicionales para este fin.

Una vez registradas las imágenes captadas de la superficie completa de la producción, se procesan las imágenes por medio de un software desarrollado a medida que emplea un sistema de aprendizaje asistido basado en el procedimiento estadístico "Support Vector Machine" (Máquina de Vectores de Soporte). Mediante este algoritmo el sistema aprende con ejemplos de distintas categorías de defectos, logrando detectar y clasificar automáticamente los defectos más importantes de la producción. Para ello la imagen completa es estudiada en zonas de interés en las que se obtienen diversos tipos de descriptor (de color o en este caso de nivel de gris como la media, varianza, de textura como estadística y estructural y de forma como área de objetos etc.) y se alimentan a un clasificador basado en los mencionados algoritmos SVM.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de captura y procesamiento de imágenes para superficies calientes de perfiles de revolución (3), que comprende fuentes de iluminación lineal que son láseres capaces de emitir luz en una longitud de onda diferente a la emitida por la superficie, en el que comprende tres sistemas compuestos cada uno por dichas al menos dos fuentes de luz lineales (1) y una cámara CCD (2) lineal correspondiente, en el que cada sistema mantiene una relación angular de 15° con la superficie y los tres sistemas se distribuyen en una circunferencia a 120° uno de otro, y los tres sistemas se ubican en un plano perpendicular a la superficie, y en el que los láseres y la cámara mantienen una relación angular de aproximadamente 15° entre sí.
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende un filtro pasa-banda de banda estrecha centrada en la longitud de onda de la luz emitida por el láser y una banda de 10 nm.
3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** incorpora un filtro de infrarrojos.
4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el láser emite luz azul de unos 473 nm.
- 15 5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la línea de emisión de los láseres tiene una apertura angular de 16° y un grosor de línea de 3 mm en la superficie.
6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en cada sistema la cámara está situada entre las dos fuentes láser.
- 20 7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** incorpora un sistema de refrigeración que comprende carcasas aisladas térmicamente provistas de medios de inyección de aire comprimido adaptadas para albergar cada sistema de forma independiente.

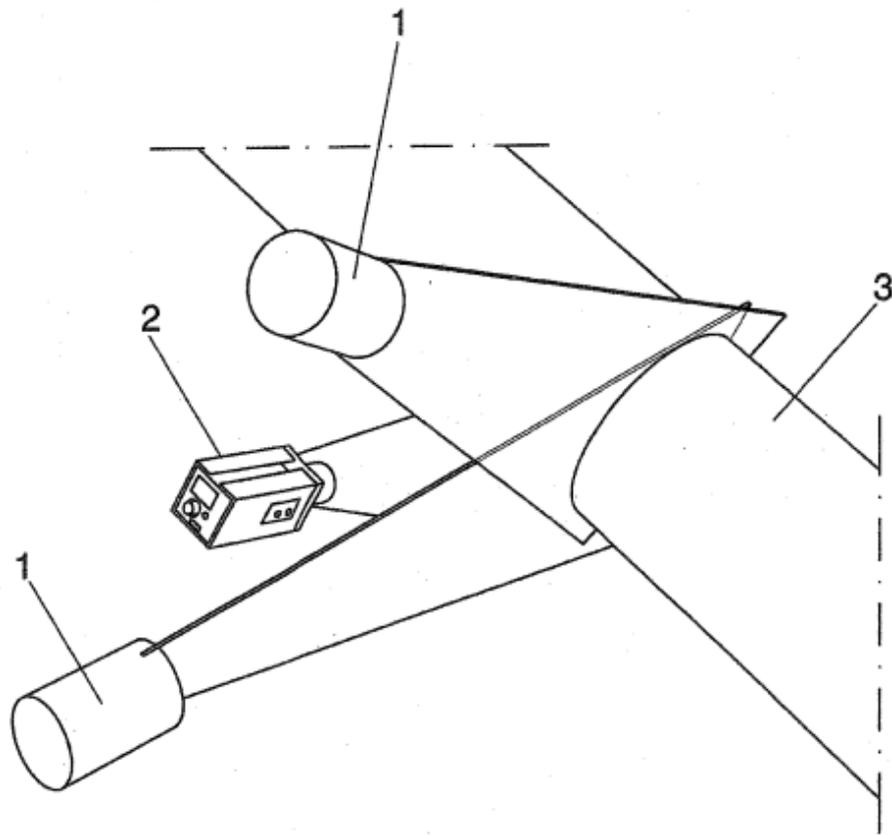


FIG. 1

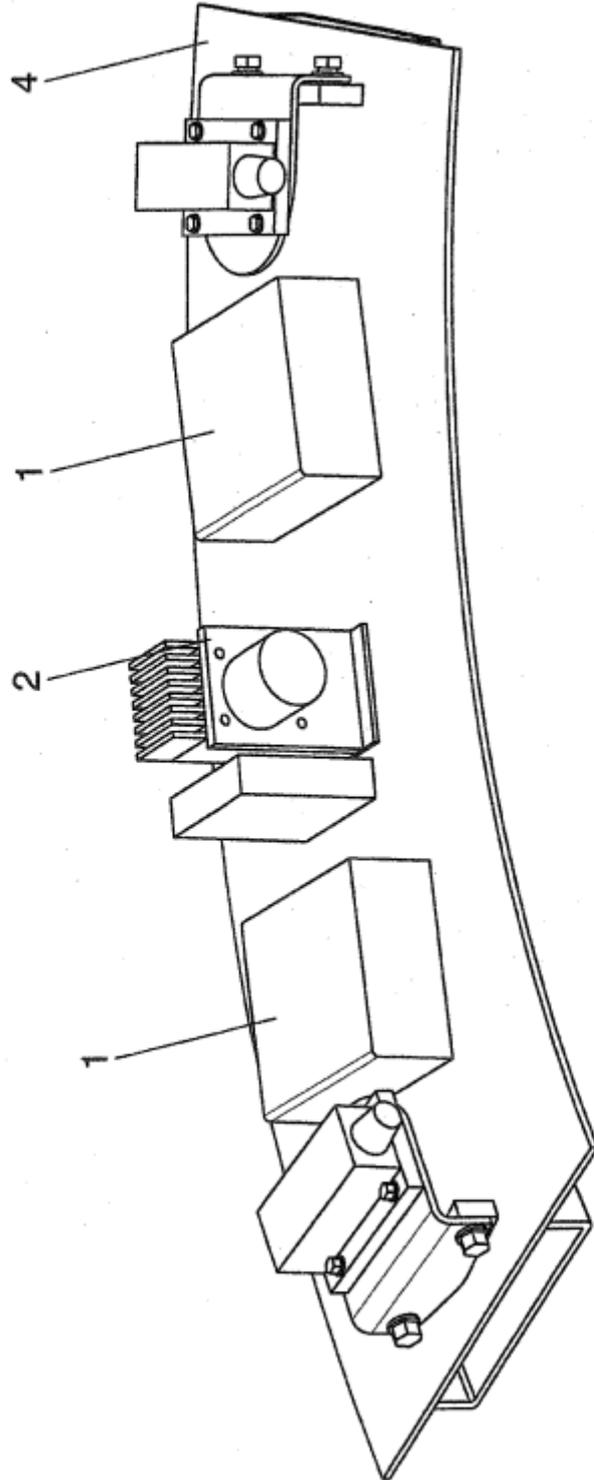


FIG. 2

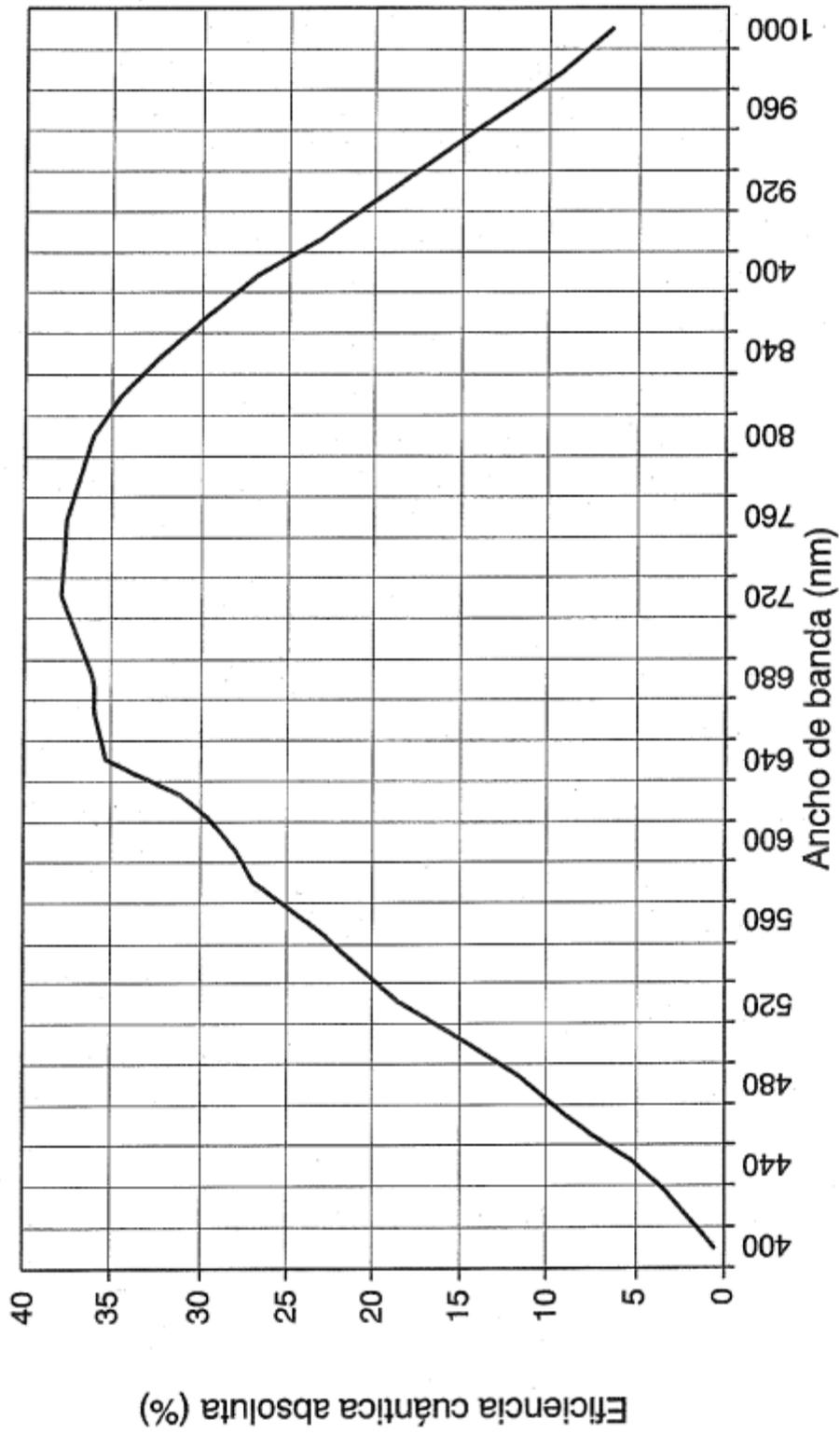


FIG. 3

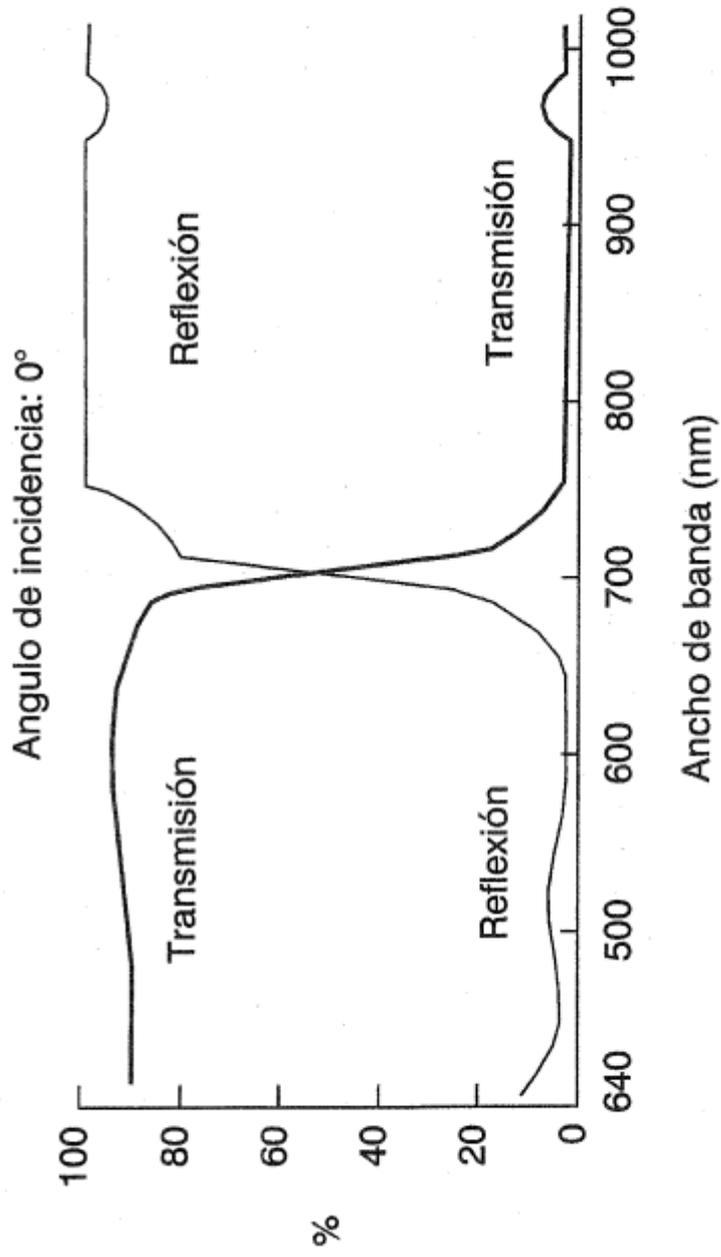


FIG. 4

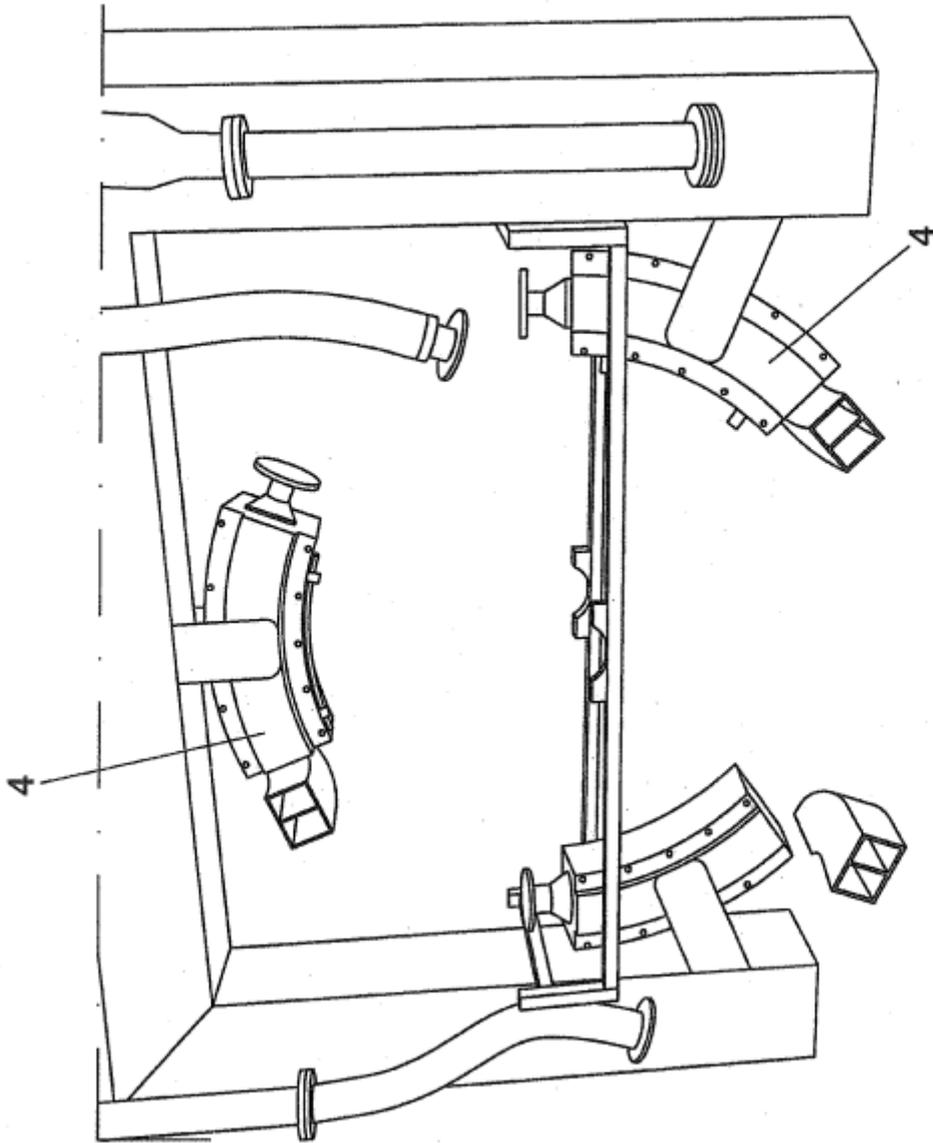


FIG. 5