

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 016**

51 Int. Cl.:

G01N 21/27 (2006.01)

G01N 21/35 (2014.01)

G01N 21/3581 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.03.2010 PCT/FR2010/050516**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.10.2010 WO10112730**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2010 E 10715961 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2414815**

54 Título: **Captación de imagen de terahercios con convertidor térmico perfeccionado**

30 Prioridad:

01.04.2009 FR 0952097
28.10.2009 FR 0957586

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.10.2017

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) (50.0%)**

**3 rue Michel-Ange
75794 Paris Cedex 16, FR y
CENTRE TECHNOLOGIQUE ALPHANOV (50.0%)**

72 Inventor/es:

**PRADERE, CHRISTOPHE;
BATSALÉ, JEAN-CHRISTOPHE;
CHASSAGNE, BRUNO y
CAUMES, JEAN-PASCAL**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 640 016 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

Captación de imagen de terahercios con convertidor térmico perfeccionado

5 Sector de la técnica

La presente invención se refiere al campo de la captación de imagen, principalmente para unas aplicaciones de captación de imagen en 2D en tiempo real, en el campo espectral de las ondas de terahercios.

10 Estado de la técnica

La emergencia de la tecnología de terahercios, campo de longitud de onda desde aproximadamente 3 mm y 30 μm , suscita una gran demanda industrial que se refiere tanto a los orígenes, tales como los láseres de pulsos o los diodos continuos, como a los dispositivos de captación de imagen, tales como los espectrómetros, las cámaras u otros. En particular, la seguridad, el control no destructivo o incluso las aplicaciones de laboratorio de investigación motivan el desarrollo de sistemas captadores de imagen de terahercios con buenas prestaciones.

En respuestas a estas demandas, las tecnologías de captación de imagen de terahercios conocen un desarrollo según dos ejes.

En primer lugar, el desarrollo de sistemas captadores de imagen pasivos, con medida de la radiación de terahercios ambiente de la escena, extendido ampliamente hoy en día en el campo de la seguridad. Tanto si es para aplicaciones militares o civiles, la visión lejana en medio opaco (humos, bruma, etc.), la detección de armas y de productos prohibidos (en aeropuertos, por ejemplo) ha impulsado entre otros las prestaciones de los microbolómetros refrigerados.

En segundo lugar, en un estado industrial menos avanzado, los sistemas activos de captación de imagen, a partir de una iluminación de la escena por una fuente de terahercios externa, demuestran un potencial de aplicación industrial creciente. La aportación de un análisis espectroscópico en la captación de imagen con los sistemas en femtosegundos se ha convertido en una particularidad importante de la tecnología con el desarrollo de fuentes láser de impulsos que cubren una gran banda de frecuencias de terahercios. Esto abre así un nuevo campo de aplicaciones para el control no destructivo en línea mientras que hoy en día, no existen los captadores de imagen. La captación de imagen espectroscópica de terahercios, desarrollada en laboratorio, presenta en la actualidad la mejor sensibilidad y la mejor dinámica. Sin embargo, el interés industrial está frenado en la actualidad por el hecho de que este tipo de captación de imagen se realiza por un barrido punto a punto (detector mono-elemento), necesitando un largo tiempo de adquisición (varias horas debido a la distancia del escaneado en 2D a efectuar y a la fusión de los datos durante el tratamiento de la imagen final). Los dispositivos vinculados a estas técnicas son poco compactos y onerosos.

Con el fin de aprovechar este potencial, se ha creado por tanto una gran actividad alrededor del desarrollo de cámaras de captación de imagen de banda ancha con una adquisición en tiempo real. Existe un primer producto comercial con las cámaras piroeléctricas, que son unos detectores de movimientos de calor. La linealidad, la sensibilidad y la dinámica de las cámaras piroeléctricas no son aún óptimas para la captación de imágenes sino únicamente para el diagnóstico con haces de terahercios.

Hoy en día, la próxima generación contemplada para unos detectores potenciales está aún en el estado de ensayo y de desarrollo principalmente orientados hacia la utilización de las cámaras microbolométricas térmicas (sensibles en la banda de 8-14 μm) no estando adaptadas todavía al campo de la longitud de onda de terahercios.

Las realizaciones industriales y tecnológicas para el desarrollo de un sistema captador de imagen en tiempo real de terahercios se encuentran principalmente limitadas actualmente por el parámetro de la sensibilidad y de la relación señal a ruido (cámara piroeléctrica y microbolométrica no adaptadas al campo de la longitud de onda) para los detectores matriciales. La sensibilidad puede aumentarse utilizando la criogenia, pero el coste es grande para obtener una compacidad y una portabilidad del sistema.

Otro eje de desarrollo, pasando por una primera tentativa experimental que utiliza un convertidor térmico mono-elemento, adecuado para transformar una radiación en calor, se ha realizado sin éxito. La reducida sensibilidad de los componentes utilizados implicaba la realización de fuentes de terahercios de alta potencia (100 W) a partir de un láser de electrones libres.

Se conoce este tipo de técnica igualmente por el documento: titulado "Visualization of Radiation from a High-Power Tera-Hertz Free Electron Laser with a Thermosensitive Interferometer" por N. A. Vinoukorov et ál., ISSN 1063-7842, Technical Physics, 2007, Vol. 52, n.º 7, págs. 911-919. Por otro lado, este tipo de técnica no da actualmente ninguna medida absoluta sino únicamente una medida relativa de la radiación.

Además, el documento WO 2006/102181 A1 propone un ejemplo de detección de terahercios que utiliza un detector

térmico de tipo bolómetro que comprende un convertidor de terahercios y un elemento de lectura. El documento WO 99/62023 propone un conjunto de reducción de ruido de fondo sobre unos captadores, por ejemplo, unos captadores CCD y térmicos infrarrojos. El documento XP-002557703 describe unos resultados de investigación sobre la radiación de terahercios utilizando un láser de electrones libres.

5 Uno de los objetos de la presente invención es proponer un detector de radiación de terahercios, principalmente para aplicaciones de captación de imagen de terahercios en 2D, en tiempo real y funcionando a temperatura ambiente con una buena capacidad de detección para el intervalo espectral considerado. Otro objeto de la presente invención es igualmente proponer un nuevo tipo de convertidor térmico adecuado para ser utilizado por ejemplo en el captador de imagen mencionado en el presente documento anteriormente.

Objeto de la invención

15 Con este fin, la presente invención propone un dispositivo de análisis de terahercios, principalmente para unas aplicaciones de captación de imagen, que incluye:

- una fuente de terahercios,
- un convertidor de radiación de terahercios en radiación térmica, y
- un detector térmico,

20 incluyendo el convertidor al menos una zona sensible a la radiación de terahercios, dispuesta para absorber la radiación de terahercios y para transformar la radiación absorbida en calor.

25 En el sentido de la invención, dicha zona sensible antes mencionada está en la proximidad de una zona de referencia, de capacidad de absorción conocida, y el detector térmico se dispone para medir el calor generado por la zona sensible con relación al calor generado por la zona de referencia. La zona sensible está formada por una pluralidad de elementos sensibles dispuestos en una matriz, estando separados los elementos sensibles por unos límites que forman la zona de referencia.

30 De ese modo, el dispositivo de análisis propuesto es relativamente simple, pasivo (o activo para una realización multi-espectral, como se verá más adelante) y compacto y en consecuencia poco oneroso y fácil de fabricar industrialmente. El dispositivo de análisis funciona a temperatura ambiente y permite principalmente una captación de imagen de terahercios en tiempo real, mediante un régimen transitorio muy rápido debido al tiempo de respuesta del convertidor y correspondiente por tanto a su inercia térmica, que es apenas de algunas fracciones de segundo. Se puede tener en cuenta este régimen transitorio cuantificando y calibrándole con una excitación de flujo de calor previamente calibrado. El tiempo de respuesta del detector térmico será despreciable frente a la inercia térmica del convertidor. El convertidor puede ser un producto integrado en una cámara de infrarrojos estándar. Además, el hecho de tener una zona sensible a la radiación de terahercios en la proximidad de una zona de referencia permite tener una temperatura absoluta de la zona sensible.

40 El detector térmico puede estar equipado para calcular, a partir de dicha medida, una diferencia de temperatura entre la zona sensible y la zona de referencia.

45 En ciertos modos de realización el calor generado por la zona de referencia es residual y la diferencia de temperatura es indicativa de la potencia de la radiación recibida por la zona sensible. Si la zona de referencia no absorbe prácticamente radiación, se puede presumir que la elevación de temperatura de esta zona es nula o por lo menos, residual. En este caso, la simple comparación de las temperaturas de las zonas sensible y de referencia indica la potencia de radiación de terahercios recibida por el convertidor.

50 El convertidor puede incluir una pluralidad de elementos sensibles dispuestos en una matriz que forma la zona sensible, y separados por unos límites que forman la zona de referencia. El detector puede disponerse para medir el calor generado por cada elemento sensible con relación al calor generado por la zona de referencia para determinar un reparto espacial de la radiación de terahercios sobre el convertidor.

55 El detector puede incluir, por su parte, al menos un captador de infrarrojos, y el dispositivo de análisis, principalmente para aplicaciones de captación de imagen, comprende entonces unos medios de enfoque ópticos para enfocar una imagen infrarroja del convertidor en el captador de infrarrojos. Esto permite utilizar un captador de infrarrojos simple para medir el calor de la zona sensible con relación a la zona de referencia.

60 En una realización sofisticada y particularmente ventajosa, los elementos de la zona sensible del convertidor se disponen según una matriz y el detector pueden incluir, por su lado, una pluralidad de elementos sensibles a la radiación infrarroja, tales como una cámara de CCD (por "Charge-Coupled Device") o preferentemente de microbolómetros (captador matricial sensible a la radiación térmica). Como complemento o como variante, como se describe en detalle más adelante, el detector puede incluir al menos un captador de flujo térmico, por ejemplo, del tipo flujómetro de efecto Peltier, para tener un valor absoluto del flujo de calor generado por el convertidor y, de ahí, un valor absoluto de la cantidad de radiación de terahercios absorbida, transmitida o reflejada por un objeto iluminado

por la fuente de radiación de terahercios. Este flujómetro puede estar acoplado a la zona sensible a la radiación de terahercios, antes mencionada.

5 Utilizando una cámara infrarroja, la imagen infrarroja obtenida es entonces una imagen digital en el que cada elemento corresponde a un píxel de la imagen. Puede ser ventajoso en particular establecer una correspondencia entre al menos un elemento de un detector matricial y cada elemento sensible del convertidor. De ese modo, por ejemplo, a cada elemento sensible del convertidor le corresponde un píxel de imagen infrarroja o más de un píxel (4 o 9 píxeles, por ejemplo) para ofrecer una resolución de imagen satisfactoria del convertidor.

10 En una realización de ese tipo, cada elemento sensible del convertidor puede presentarse en la forma de un alveolo de dimensiones cúbicas o paralelepípedicas equivalentes a las de una longitud de onda típica de la radiación de terahercios (en este caso del orden desde algunas decenas de micras a 1000 micras), por ejemplo, del orden de 200 μm . Pueden ser satisfactorias unas dimensiones inferiores a la longitud de onda máxima utilizada, por tanto, en el ejemplo inferiores a 200 μm de largo) en un plano paralelo al plano de la imagen infrarroja, como lo muestra la figura 2 comentada más adelante). Estas dimensiones de 200 μm se explican también relativamente al valor de la longitud de onda de la radiación de terahercios y en relación con el criterio de Rayleigh.

15 Cada elemento sensible ZS_{ij} (siendo $i = 1, 2, 3, \dots$ y $j = 1, 2, 3, \dots$ como se ilustra en la figura 2) está bordeado por la zona de referencia ZR cuya absorción de potencia de terahercios es nula o residual.

20 La presente invención se dirige igualmente al convertidor en tanto que tal, para convertir una radiación de terahercios en una radiación térmica y que incluye con este fin al menos una zona sensible a la radiación de terahercios, estando dispuesta la zona sensible para absorber la radiación de terahercios y para transformar la radiación absorbida en calor. Según la invención, esta zona sensible está en la proximidad de una zona de referencia, de capacidad de absorción conocida, para medir el calor generado por la zona sensible con relación al calor generado por la zona de referencia.

25 Como se ha indicado anteriormente, el convertidor puede incluir una pluralidad de elementos sensibles dispuestos en una matriz que forman la zona sensible, y separados por unos límites que forman la zona de referencia. Una matriz de N elementos como se ha representado en la figura 2, permite obtener una resolución espacial ventajosa y una reducción de la diafonía inter-elementos.

30 La zona sensible puede incluir un material cuya absorción a los terahercios es función de la longitud de onda de la radiación de terahercios. Esto permite hacer variar/adaptar la capacidad de absorción de la zona sensible a la frecuencia de la radiación de terahercios. En esta aplicación "multi-espectral", el convertidor es activo. Cada elemento sensible (en la forma de un alveolo) puede incluir varios circuitos respectivos que encierran unos materiales tera-sensibles diferentes y, sobre todo, sensibles a unas frecuencias de terahercios diferentes. Se habla entonces de "canales micro-fluídicos", que se describirán más en detalle a continuación. Este efecto es ventajoso en ciertas aplicaciones, por ejemplo, si se requiere una gran capacidad de absorción.

35 La zona sensible puede contener al menos agua, vidrio o/y unos nanotubos de carbono, como compuestos particularmente sensibles a la radiación de terahercios. La elección de los materiales utilizados tendrá así un efecto sobre la capacidad de absorción de la zona sensible.

40 En la aplicación antes mencionada de canales, la zona sensible puede contener al menos dos líquidos tera-sensibles que pueden intercambiarse por unos medios de canales (sistemas de canales micro-fluídicos) para ser expuestos a la radiación de terahercios en unas proporciones elegidas. La zona sensible (o cada elemento de la zona sensible) y la zona de referencia (que puede bordear estos elementos) son limítrofes. Esto permite obtener un convertidor compacto y buen contraste para la evaluación de la potencia de radiación en cada elemento sensible con relación a una referencia.

45 Es posible además intercalar en el convertidor una capa aislante térmica entre la zona sensible y la zona de referencia para reducir pérdidas térmicas de la zona sensible.

50 La presente invención prevé igualmente un procedimiento de análisis de terahercios, principalmente para aplicaciones de captación de imagen, en el que se prevé un convertidor de radiación de terahercios en radiación térmica, que incluye al menos una zona sensible a la radiación de terahercios dispuesta para absorber la radiación de terahercios y para transformar la radiación absorbida en calor. Según la invención, esta zona sensible está en la proximidad de una zona de referencia, de capacidad de absorción conocida, y se mide entonces el calor generado por la zona sensible con relación al calor generado por la zona de referencia, para deducir la potencia de terahercios recibida por el convertidor.

55 Como se ha indicado anteriormente, el convertidor puede incluir una pluralidad de elementos sensibles dispuestos en una matriz que forman la zona sensible, y separados por unos límites que forman la zona de referencia, y se puede medir entonces el calor generado por cada elemento sensible con relación a calor generado por la zona de referencia para determinar un reparto espacial de la radiación de terahercios en el convertidor.

En una aplicación principalmente en la seguridad de los equipajes, se puede interponer un objeto (bolso de mano, u otro) en un camino de la radiación de terahercios de potencia dada entre una fuente de radiación de terahercios y el convertidor; y se determina un reparto espacial de la potencia de la radiación de terahercios recibida en el convertidor. Esto permite efectuar efectivamente unos controles no destructivos de objetos.

Se puede determinar igualmente un primer reparto espacial de la potencia de la radiación de terahercios recibida en el convertidor, sin disponer un objeto en el camino de la radiación, y determinar un segundo reparto espacial de la potencia de la radiación de terahercios recibida, incluyendo a continuación el objeto dispuesto sobre el camino de la radiación. Se compara entonces el primer reparto, de calibración, con el segundo reparto. Cuando se indica en este caso que el objeto está colocado en el camino de la radiación, se entiende:

- tanto una recepción en transmisión, por el convertidor, de la radiación de terahercios que deja "pasar" el objeto (estando colocados en esta configuración, la fuente de terahercios y el convertidor de un lado y otro del objeto a analizar y/o a captar la imagen),
- como una recepción en reflexión, por el convertidor, de la radiación de terahercios que reenvía el objeto hacia el convertidor (estando colocados en esta configuración, la fuente de terahercios y el convertidor en un mismo lado con relación al convertidor).

La zona sensible puede incluir un material cuya absorción a los terahercios es función de la longitud de onda y se aplican las etapas antes mencionadas en el presente documento haciendo variar la longitud de onda para obtener una cartografía del objeto en función a la vez de la potencia de la radiación y de la longitud de onda.

La invención encuentra su aplicación en el control no destructivo, en la supervisión y en la captación de imagen en medios opacos en tiempo real. Esta tecnología puede sustituir a o completar ciertos ensayos de radiografía por rayos X con el beneficio de una radiación no ionizante (contrariamente a los rayos X).

Descripción de las figuras

Surgirán otras características y ventajas de la invención con el examen de la descripción detallada que sigue a continuación, y de las figuras adjuntas entre las que:

- la figura 1 ilustra un ejemplo de utilización de un sistema en el sentido de la invención para obtener una imagen que representa el contenido de un objeto a captar,
- la figura 2 ilustra una vista de frente de un convertidor para convertir una radiación de terahercios en radiación térmica según un modo de realización ventajoso,
- la figura 3 ilustra una vista de frente del convertidor de la figura 2, en operación,
- la figura 4 ilustra un perfil de temperatura del convertidor de la figura 2, en operación,
- la figura 5 ilustra una vista de frente de otro convertidor para convertir una radiación de terahercios en radiación térmica según otro modo de realización,
- la figura 6 ilustra una vista de frente del convertidor de la figura 5, en operación,
- la figura 7 ilustra un perfil de temperatura del convertidor de la figura 5, en operación,
- la figura 8 ilustra un organigrama para efectuar un procedimiento para captar la imagen del contenido de un objeto según un modo de realización,
- la figura 9B ilustra una disposición de un dispositivo de análisis de terahercios que utiliza un captador térmico de tipo flujómetro de efecto Peltier, como variante de una cámara infrarroja, a comparar con la figura 9A que representa un dispositivo de captación de imagen que utiliza una cámara,
- las figuras 10A y 10B representan esquemáticamente un captador de flujo térmico de efecto Peltier, respectivamente de frente y de lado, acoplado a un convertidor térmico,
- la figura 11 representa una variación en el tiempo del flujo de calor medido por el flujómetro de efecto Peltier en el caso de una incidencia directa de la radiación de terahercios sobre el convertidor (curva A), y en caso en el que se interpone un material entre la fuente de terahercios y el convertidor,
- la figura 12 se representa una curva de calibración eléctrica del captador térmico, y
- la figura 13 es un esquema de principio del captador multi-espectral que utiliza una pluralidad de convertidores térmicos CT1, CT2, CT3, sensibles a diferentes longitudes de onda de la radiación de terahercios.

Descripción detallada de la invención

Se describen en detalle diferentes modos de realización de la presente invención haciendo referencia a las figuras. Un primer modo de realización se refiere a un dispositivo de captación de imagen matricial en 2D en tiempo real para la banda espectral del infrarrojo lejano. La figura 1 ilustra una configuración para efectuar un control no destructivo de un objeto 101, tal como una maleta 101 para una aplicación vinculada a la seguridad de los embarques en aeropuertos.

Se dispone una fuente o un emisor de terahercios 103 para emitir unas ondas electromagnéticas en el campo espectral de las ondas de terahercios, atravesando entonces, al menos parcialmente, el objeto 101. La figura 1

ilustra igualmente una lente 104 para orientar la radiación de terahercios que atraviesa el objeto cuya imagen se quiere captar sobre un convertidor térmico en el sentido de la invención. El convertidor se presenta en el ejemplo descrito bajo la forma de una placa transductora 105 colocada delante o integrada en un dispositivo de captación de imagen infrarroja, tal como un objetivo 106, instalado delante de un detector térmico (por ejemplo, una cámara termográfica infrarroja 107). La lente 104 puede ser de teflón, por ejemplo, siendo este material transparente a la radiación de terahercios y fácil de mecanizar. El convertidor 105 se coloca en una posición sustancialmente transversal con relación al camino de la radiación. El convertidor térmico 105 recibe las ondas electromagnéticas radiadas por la fuente 103 y que atraviesan el objeto 101. El convertidor térmico 105 se dispone para transformar las ondas electromagnéticas de terahercios en calor tal como se explica más en detalle posteriormente.

El objetivo 106 aplica una cierta ampliación que permite conservar una resolución espacial satisfactoria mientras proporciona una imagen del plano del convertidor térmico 105 sobre un detector térmico matricial o no (cámara 107). Este objetivo 106 puede ser el objetivo de ajuste de la cámara 107. La cámara termográfica 107 proporciona una imagen digital (en píxeles), de buena resolución espacial y que permite medir finamente una elevación de temperatura inducida por la radiación de terahercios que incide en el convertidor térmico 105.

El convertidor térmico 105, el objetivo 106 y el detector 107 forman en conjunto un nuevo tipo de captador de imagen de terahercios. Este captador de imagen de terahercios, funcionando a temperatura ambiente, permite realizar la captación de imagen en 2D en tiempo real, en el campo espectral de las ondas de terahercios, por simple adición de un convertidor térmico 105 sensible a la radiación de terahercios (o "tera-sensible", en lo que sigue) delante del objetivo 106 del detector 107. En consecuencia, la simple adición propuesta, permite para una misma cámara, tener un captador de imagen en 2D, o bien en el infrarrojo térmico, o bien en el campo de terahercios. Este nuevo campo espectral (el infrarrojo muy lejano, es decir longitud de onda $> 12 \mu\text{m}$, o bien una frecuencia $< 25 \text{THz}$) es aun ampliamente virgen en términos de captación de imagen térmica. Los captadores de imagen en 2D en tiempo real actualmente en el mercado no son tan modulables, para los campos espectrales considerados, como el captador de imagen de la presente invención.

Este tipo de captador de imagen de terahercios puede estar por tanto totalmente integrado. Se puede integrar entonces en particular el convertidor 105 en el objetivo 106. Esa integración puede ser simplemente por acoplamiento mecánico. En una realización más sofisticada, dado que los nanotubos de carbono presentan muy buenas propiedades de absorción de la radiación de terahercios, puede preverse depositar directamente unos nanotubos de carbono sobre la superficie del objetivo 106 y a través de una rejilla para separar los elementos ZS_{ij} de la zona sensible a la radiación de terahercios.

La configuración ilustrada en la figura 1 funciona en transmisión, los elementos 105, 106 y 107 se colocan por detrás del objeto a captar 101. En este caso, si el objeto (por ejemplo, una maleta) contiene un motivo a observar que refleja o absorbe la radiación de terahercios (un arma metálica u otro), el convertidor no recibe radiación en una zona de su superficie por efecto de "sombra", ilustrando esa zona el motivo a observar. Se puede concebir de ese modo un montaje de convertidor en reflexión. En esta alternativa, los elementos 105, 106 y 107 se colocan del lado de la fuente 103 y el convertidor 105 recibe unas radiaciones reflejadas por el arma.

Para ciertas aplicaciones, es posible igualmente que los objetos a captar en el dominio de los terahercios estén acoplados directamente al convertidor 105.

Se describen en el presente documento a continuación dos modos de realización del convertidor 105:

- un convertidor no adiabático (en el que la zona sensible no está térmicamente aislada de la zona de referencia) y
- un convertidor isoperibólico o adiabático (sin acoplamiento entre la zona sensible y la zona de referencia).

En los dos casos, el convertidor sigue siendo tera-sensible. Solo cambia la sensibilidad térmica (elevación de temperatura, difusión térmica).

La figura 2 ilustra más en detalle la estructura del convertidor 105 según el primer modo de realización (caso de un convertidor no adiabático). El convertidor 105 comprende unas zonas sensibles ZS_{11} , ZS_{12} , ZS_{21} , ZS_{22} , ZS_{31} , ... (indicadas a continuación como ZS_{ij} siendo $i, j = 1, 2, 3, \dots$) a la radiación de terahercios que están rodeadas por la zona de referencia ZR. Estas zonas sensibles ZS_{ij} son adecuadas para convertir la radiación de terahercios en radiación térmica. La figura 2 muestra igualmente una escala horizontal y vertical. Esta misma escala se utiliza también en las figuras 3 a 7 para facilitar la comparación de estas figuras.

Las zonas sensibles pueden ser unos alveolos que encierran un material de tipo sólido, líquido o gaseoso. Los alveolos están delimitados al menos en el lado expuesto a la radiación de terahercios por una pared transparente a la radiación de terahercios (por ejemplo, de teflón). Se puede utilizar un material transparente a la radiación térmica del otro lado del convertidor para delimitar los alveolos, sobre la otra cara del convertidor.

El material tera-sensible en el interior de los alveolos podrá ser o contener agua, vidrio o unos nanotubos de carbono. Los nanotubos de carbono son unos materiales muy resistentes y duros y poseen también una

- conductividad eléctrica y/o térmica notablemente elevada. Estos materiales tera-absorbentes, sobre todo cuando son líquidos, pueden cambiarse o modificarse rápidamente, gracias a unos sistemas de canales micro-fluídicos. Las zonas sensibles pueden contener por tanto al menos dos líquidos tera-sensibles que pueden intercambiarse por unos medios de canales para exponerse al menos alternativamente a la radiación de terahercios o expuestos al mismo tiempo a la radiación, pero con unas porciones respectivas elegidas. La elevación de temperatura del convertidor térmico 105 es proporcional a la cantidad de flujo de terahercios recibida. La sensibilidad del sistema global depende entonces de la eficacia de absorción del material en los alveolos, en la gama espectral de los terahercios.
- 5
- 10 En el caso de un convertidor no adiabático, el material no está térmicamente aislado de una zona de referencia. En la figura 2, los cuadrados blancos (con ligeros reflejos que ilustran la transparencia de la pared de teflón a la radiación de terahercios) representan las zonas de absorción ZS_{ij} que son limítrofes con la zona de referencia ZR, en este caso sin separación por aislamiento térmico. En este modo de realización, la zona de referencia es metálica, por ejemplo, de acero, que es reflectante para la onda de terahercios. Así, en este modo de realización, la zona de referencia no es sensible a la radiación de terahercios. Se puede decir que esta zona de referencia tiene un valor de absorción conocido, puesto que este valor es nulo (o al menos residual). El valor de absorción de la zona de referencia es, en cualquier caso, más reducido que el valor de absorción de la zona sensible.
- 15
- 20 Solo la parte tera-sensible absorberá este flujo. En la figura 2, esta parte sensible a la radiación se representa como una matriz de N ($N \geq 1$) elementos o "píxeles". Una matriz de N píxeles permite un pixelado (resolución espacial preferida) y la reducción de la diafonía inter-píxel. La anchura de un píxel es proporcional a la longitud de onda utilizada. En consecuencia, la anchura de un píxel puede estar por ejemplo en el intervalo 50 μm - 500 μm (correspondiendo 100 μm típicamente a 3 THz). Ventajosamente, un píxel de la imagen obtenida por la cámara térmica 107 consiste en 3x3 píxeles de un convertidor 105 cuando se trata de una cámara térmica que proporciona una imagen digital. Es posible también concebir otras posibilidades en el límite en el que un píxel de la imagen obtenida consiste en al menos un píxel del convertidor 105.
- 25
- 30 Como variante, es posible concebir una realización en la que la zona de referencia es sensible a la radiación. Sin embargo, se impone una restricción y consiste en que la capacidad de absorción de la zona de referencia sea bien conocida en función de la radiación incidente. Esta realización permite también efectuar una medida absoluta de la radiación en la zona sensible.
- 35 Esta absorción por la zona sensible genera una elevación de temperatura como se ilustra en las figuras 3 y 4. La figura 3 muestra una vista de frente del convertidor 105 tal como se ve por la cámara térmica 107. La escala mostrada en esta figura ilustra diferentes valores de desviaciones de temperatura en grados Celsius. El color blanco corresponde a una elevación reducida y el color gris oscuro corresponde a una fuerte elevación. El resultado mostrado procede de una simulación térmica en 2D del campo de temperatura obtenido cuando se impone un flujo de calor (termo-fuente) en los píxeles situados en el centro de la matriz del convertidor 105. Se puede observar la detección de una temperatura más elevada con relación al resto del convertidor 105, a la altura de nueve elementos centrales en el ejemplo representado. La zona de referencia y los elementos sensibles no radiados permanecen por tanto relativamente fríos. Se puede observar así que los elementos sensibles se hacen progresivamente más calientes hacia el centro del convertidor.
- 40
- 45 La figura 4 muestra un perfil de temperatura media según el eje y. La elevación de temperatura de la zona de referencia es residual, próxima a cero grados. En la práctica, el campo de temperatura así observado corresponde al campo medido por la cámara infrarroja. Se apreciará en particular la finura y la altura de los picos con relación al ruido de fondo.
- 50 Son realizables diferentes formas y tamaños de perfiles de los elementos absorbentes/reflectantes en función de la resolución espacial deseada. Las zonas de absorción pueden tomar por ejemplo unas formas de cuadrados, de zonas redondas, de bandas rectas, etc., cuyas direcciones pueden variar entre las bandas horizontales y verticales, bandas circulares, etc. La resolución de la imagen obtenida puede mejorarse disminuyendo el tamaño de las zonas de absorción individuales. Se prevé en cualquier caso una zona de referencia con dimensiones suficientes para obtener una imagen fija o animada que ilustra al contenido del objeto a captar, con una resolución satisfactoria.
- 55
- 60 El segundo modo de realización, que se dirige al caso del convertidor isoperibólico, se ilustra en la figura 5. En este caso, se intercala una capa aislante CI térmica (transparente a la onda de terahercios) entre las zonas sensibles y la zona de referencia. Esta capa aislante actúa en particular sobre el comportamiento térmico del convertidor 105.
- 65 Las figuras 6 y 7 muestran los resultados de simulación para el convertidor isoperibólico mientras que las figuras 4 y 5 muestran los resultados de la misma simulación térmica 2D realizada con el convertidor no adiabático. Se ha de observar que en la figura 6, la escala de temperatura no es la misma que en la figura 3. Se observará también la excelente relación de altura de pico sobre el nivel de ruido de fondo en la figura 7.
- Según el tipo de aplicación, será preferible utilizar uno u otro de los modos de realización. En efecto, en el caso de un convertidor isoperibólico (figura 7), la elevación de temperatura es netamente superior a la elevación de

temperatura en el convertidor no adiabático (la figura 4). Por supuesto, las pérdidas térmicas son menos importantes en el convertidor isoperibólico y mejor controladas (resistencia térmica simple entre el elemento sensible y la zona de referencia).

5 El contraste entre la zona de referencia y la zona sensible determina la relación señal a ruido de una imagen infrarroja (fija o de video). Como se ha indicado antes, la zona de referencia formada por una rejilla de N píxeles ($N \geq 1$) permite obtener una resolución espacial ventajosa. Esta rejilla puede tener también como función reflejar la radiación de terahercios (en otro montaje distinto al representado en la figura 1), delimitando así los límites de los píxeles. La diafonía inter-píxel se elimina eficazmente si el material de la rejilla es también un buen conductor
10 térmico. En efecto, esto permite efectuar una medición relativa de temperatura entre la rejilla (temperatura de referencia) y el elemento absorbente. Este tipo de tecnología está perfectamente adaptada a unos detectores de grandes dimensiones puesto que los captadores de imagen termográficos tradicionales permiten la observación de grandes campos con una buena resolución espacial. Se puede medir también con precisión la temperatura de la rejilla de referencia utilizando un captador de temperatura por contacto, por ejemplo, una sonda de platino. Se
15 comprenderá entonces que la invención presentada anteriormente en el presente documento es susceptible de múltiples variantes según las aplicaciones pretendidas.

Con referencia al organigrama de la figura 8, se ilustra el procedimiento según un modo de realización para obtener la imagen que representa el contenido del objeto a captar. En la etapa 801, el emisor 103 emite una radiación de terahercios hacia el convertidor térmico 105. Esto da como resultado que las zonas de absorción del convertidor
20 térmico 105 absorben la radiación recibida (etapa 803), en particular en las longitudes de onda de terahercios. En la etapa 805, bajo el efecto de la absorción de la radiación de terahercios, la temperatura de este convertidor térmico 105 (convertidor de terahercios / IR) se eleva en una cantidad proporcional al flujo de terahercios recibido. Se espera un régimen permanente, estable, de elevación de temperatura. Este convertidor térmico 105 reemite en la etapa 807 una radiación térmica Q según la ley termodinámica del cuerpo negro. Esta radiación podrá medirse o captarse por el detector térmico 107, a través de un objetivo 106, que, en la etapa 809, dirige la radiación térmica hacia el detector 107. En la etapa 811, el detector térmico 107 cuantifica la radiación térmica recibida en el detector. Esto permite determinar a la vez la potencia de la onda de terahercios recibida en el convertidor y su representación
25 espacial.

30 Si el resultado de la primera cuantificación no se ha memorizado aún, el detector 107 memoriza en la etapa 813, el resultado de la cuantificación. Después de la memorización de la primera cuantificación, en la etapa 815, se coloca un objeto delante del convertidor térmico 105. En consecuencia, la radiación atraviesa el objeto y el procedimiento se prosigue por tanto en la etapa 803.

35 Por el contrario, si el resultado de la primera cuantificación ya se ha memorizado, se memoriza en la etapa 817 el resultado de una segunda cuantificación, obtenida cuando la radiación atraviesa el objeto 101. En la etapa 819, se comparan los resultados de la primera y segunda cuantificaciones. A partir de esta comparación, se obtiene en la etapa 821 una imagen que representa el contenido del objeto 101.

40 Se ha de observar que no es necesario obtener una cuantificación efectuada sin el objeto. Para obtener una imagen, es suficiente efectuar la cuantificación colocando directamente un objeto delante del convertidor 105 sin efectuar necesariamente una cuantificación de referencia. Se apreciará en este caso el papel que juega la zona de referencia del convertidor, que permite prescindir de una primera cuantificación, de referencia.

45 Se acaba de ilustrar a través de estos ejemplos la factibilidad y la validez de una matriz de termo-convertidores terasensibles. A partir de ahí, pueden concebirse varias aplicaciones. Inicialmente, según la sensibilidad deseada, pueden utilizarse dos configuraciones térmicas, no adiabática o isoperibólica. En cada uno de los casos, se accede a una potencia de radiación absoluta a través del detector 107. Esta potencia de radiación es el resultado de la diferencia entre la temperatura media del elemento sensible y la de la zona de referencia que le rodea, con una ventaja mayor en el caso isoperibólico en el que se controlan completamente las pérdidas térmicas entre el elemento sensible y la zona de referencia por medio de una simple resistencia térmica debida al aislante intercalado. Gracias a estos dispositivos, es posible cuantificar el flujo de terahercios que llega al detector, lo que permite determinar a la vez la potencia de la onda de terahercios, así como su representación espacial.

50 Debido a esta ventaja, se puede concebir entonces realizar una cámara adaptada a la captación de imagen de terahercios, evaluando la transmisión o la reflexión de un objeto colocado en el campo de terahercios, efectuando en particular la diferencia entre el reparto inicial de temperatura medida en el convertidor 105 (sin objeto a captar) con lo obtenido cuando el objeto se coloca en el campo.

60 Se puede concebir también una variante en la utilización del dispositivo en el sentido de la invención a la captación de imagen de terahercios, como se describe en el presente documento a continuación. Se trata más generalmente de una aplicación de análisis de terahercios en particular con una medida cuantitativa, absoluta, de la radiación de terahercios recibida por el convertidor.

65 De ese modo, en otra forma de realización, se sustituye la cámara de infrarrojos por un captador sólido, de tipo

flujómetro, asociado al convertidor descrito anteriormente, para una medida absoluta del flujo de terahercios absorbido por el convertidor. Dicha realización ofrece principalmente como ventaja ser a la vez más económica y más sensible que la utilización de una cámara de infrarrojos. En efecto, la sensibilidad de una cámara de infrarrojos es del orden de 2000 μW , contra 10 μW para un flujómetro del tipo de efecto Peltier.

5 En este modo de realización, como se representa en la figura 9B (a comparar con la figura 9A, que representa un esquema equivalente al de la figura 1 comentado anteriormente), la principal diferencia con el modo de realización presentado anteriormente y representado en la figura 9A (en la que la referencia CAM-IR designa una cámara de infrarrojos) reside en el tipo de captador térmico 107, a la salida del convertidor 105 de la figura 1. En efecto, en este nuevo modo de realización, el conjunto de cámara infrarroja se sustituye por un flujómetro por ejemplo de tipo de efecto Peltier, y que lleva la referencia F-P en la figura 9B. La ventaja de una realización de ese tipo es la sensibilidad de detección, siendo capaz de medir flujos de terahercios hasta 1000 veces inferiores a los que puede medir la cámara infrarroja, como se muestra más adelante.

15 Se hace referencia ahora a las figuras 10A y 10B para describir un ejemplo de realización de un captador de ese tipo de flujo infrarrojo de efecto Peltier, combinado con un convertidor térmico de terahercios/radiación infrarroja en el sentido de la invención. En estas figuras, la referencia 1 designa el convertidor térmico. La referencia 2 (de la figura 10B que corresponde a la vista en sección de perfil) designa el flujómetro en sí, dispuesto para generar una tensión eléctrica (en voltios) en función del flujo de calor inyectado (en vatios), por efecto termoeléctrico. La referencia 6 de la figura 10B es una resistencia eléctrica calefactora para la calibración.

25 Un flujómetro de efecto Peltier funciona en general según el principio de acuerdo con el que una diferencia de temperaturas en los bornes del flujómetro (del lado del convertidor térmico 2 por una parte, y lado resistencia 6 por otra parte) se convierte entonces en corriente eléctrica de la que se mide por ejemplo una tensión. En el ejemplo de realización de este caso, se fija una temperatura en el flujómetro en la proximidad de la resistencia 6, que sirve por otra parte para mantener constante esta temperatura, y se mide entonces en valor absoluto, cuantitativamente y no relativamente, el flujo exacto que recibe el convertidor térmico 1.

30 Con referencia siempre a las figuras 10A y 10B, el convertidor térmico 1 también se rodea, como se ha expuesto anteriormente, por un aislante térmico 3, preferentemente transparente en el campo de las frecuencias de terahercios, de manera que se asegure que el conjunto del flujo térmico recogido aguas abajo del convertidor térmico 1 proviene por supuesto del convertidor térmico 1, solamente. El conjunto está también aislado térmicamente por una funda aislante 5. Una armadura metálica 4, isotérmica, encierra estos diferentes elementos, por sus propiedades de inercia térmica.

35 Los ensayos realizados con una configuración de ese tipo muestran que se mide en valor absoluto, cuantitativamente, el flujo exacto que recibe el convertidor térmico 1. Se ha representado en efecto en la figura 11 la variación en el tiempo de la potencia en milivatios (mW) del flujo que mide el flujómetro de efecto Peltier:

- 40
- en la curva A, a partir de la radiación de terahercios directamente procedente de una fuente de terahercios, sin interposición de un objeto cualquiera entre la fuente y el convertidor térmico 1, y
 - en la curva B, interponiendo entre la fuente y el convertidor térmico 1 un material tal como una lámina de carbono de la que se sabe previamente que la absorción del flujo de terahercios es del 50 %.

45 Se constata que la potencia medida por la curva B alcanza, después de la estabilización en el tiempo, exactamente la mitad de la alcanzada por la curva A. Es posible por tanto medir con ayuda del flujómetro una potencia cualquiera procedente de un haz de terahercios. Se envía entonces el haz de terahercios directamente procedente de la fuente sobre el termo-convertidor 1. Se obtiene entonces la evolución transitoria del flujo en función del tiempo (curva A de la figura 11). Efectuando la diferencia entre el flujo inicial y el flujo final (en régimen permanente), se obtiene el flujo incidente proporcionado por la fuente de terahercios. A continuación, es suficiente intercalar un objeto a captar para deducir su absorción.

55 Una precaución a tomar sin embargo consiste en calibrar correctamente el flujómetro. Con este fin, se utiliza la resistencia eléctrica 6 para inyectar diferentes potencias eléctricas en vatios en el conjunto de flujómetro-convertidor. Se mide a continuación la tensión resultante en los bornes del flujómetro. Con referencia a la figura 12, se traza esta tensión medida en función de la potencia eléctrica inyectada, para constatar ya una variación lineal y determinar entonces un coeficiente de calibración en voltios por vatios (V/W), y esto para un flujómetro dado. Típicamente, este coeficiente puede variar de un flujómetro a otro de 0,25 a 1 V/W.

60 Como se identificará en la figura 12, es posible medir unos flujos de terahercios extremadamente reducidos (zona rodeada en trazos de puntos). Se puede medir efectivamente, en la práctica, unos flujos del orden de la decena de nano-vatios, lo que debería permitir utilizar unas fuentes de terahercios de cadencia de tipo de femto-segundos. Igualmente, es posible colocar también una rueda de filtros o un elemento de desfile de diferentes convertidores térmicos CT1, CT2, CT3, ..., para obtener un captador multi-espectral, como se ha representado en la figura 13. Por otro lado, puede esperarse una mejora también por la inercia térmica de los flujómetros (actualmente del orden de algunas decenas de segundos para alcanzar un régimen permanente).

Es posible prever unos flujómetros individuales para cada elemento ZS_{ij} del convertidor de la figura 2 o de la figura 5. En este caso, se puede prever por ejemplo una pluralidad de flujómetros de algunos centímetros de diámetro, acoplados cada uno a un elemento ZS_{ij} (o a un grupo de algunos elementos limítrofes ZS_{ij}). Como variante, es posible prever también un único flujómetro de mayores dimensiones (por ejemplo, de algunas decenas de centímetros) y medir una media del flujo térmico sobre el conjunto de los elementos del convertidor 105. Esta realización permite medir por ejemplo precisamente la cantidad de radiación de terahercios absorbida por un objeto interpuesto entre la fuente y el convertidor (para el análisis de un polvo, por ejemplo, de nanotubos de carbono, para deducir el porcentaje de nanotubos, u otros). De ese modo, en una aplicación de ese tipo, puede preverse una amplia gama de utilización tal como el análisis (caracterización) del haz de terahercios (potencia, reparto espacial), la medida de la transmisión de un material en el campo de terahercios, u otros.

Es posible también implementar unas aplicaciones de captación de imagen a partir de un único flujómetro. En efecto, se puede prever colimatar el haz de terahercios a dirigir hacia un objeto a captar. Se aplica entonces un barrido de este haz sobre la superficie del objeto para obtener una imagen de terahercios (por escaneados sucesivos horizontales o verticales). Se puede prever también un modo de realización mixto que utiliza una cámara de infrarrojos como se ha descrito anteriormente, así como un flujómetro acoplado a uno al menos de los elementos del convertidor 105, para determinar un valor absoluto del flujo recibido, siendo este valor una referencia que permite deducir cada valor absoluto del flujo recibido en cada píxel de la cámara.

Por supuesto, la presente invención no se limita a las formas de realización descritas en el presente documento anteriormente a título de ejemplo; se extiende a otras variantes. De ese modo, se ha presentado en el presente documento anteriormente un flujómetro del tipo de efecto Peltier. Sin embargo, pueden concebirse otros flujómetros, principalmente un flujómetro de tipo pirómetro. Un flujómetro de ese tipo presenta la ventaja, para ciertas aplicaciones, de ser más rápido que un flujómetro de efecto Peltier.

Por otro lado, puede optimizarse la elección de los elementos tera-sensibles utilizados ZS_{ij} . Pueden utilizarse unos "materiales" cuya absorción en los terahercios es función de la longitud de onda tales como unos cristales líquidos en particular, o también unos líquidos neutros con unas concentraciones variables en tera-sensibilidad. Se puede realizar de ese modo un detector multi-espectral y obtener entonces una cartografía en función de la potencia de la radiación y de la longitud de onda.

Finalmente, el conjunto de estas aplicaciones, actualmente concebidas en régimen permanente, se desarrollarán igualmente en régimen transitorio para una mejor eficacia y rapidez de la capacidad de detección.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de análisis de terahercios que incluye:
 - 5 una fuente de terahercios (103),
un convertidor (1, 105) de radiación de terahercios en radiación térmica,
y un detector (107) térmico,
incluyendo el convertidor al menos una zona (ZS₁₁, ZS₁₂, ZS₂₁, ZS₂₂, ZS₃₁) sensible a la radiación de terahercios,
dispuesta para absorber la radiación de terahercios y para transformar la radiación absorbida en calor,
10 **caracterizado por que** dicha zona sensible está en la proximidad de una zona de referencia (ZR), de capacidad
de absorción conocida,
y **por que** el detector térmico se dispone para medir el calor generado por la zona sensible con relación al calor
generado por la zona de referencia, estando formada la zona sensible por una pluralidad de elementos sensibles
dispuestos en una matriz, estando separados los elementos sensibles por unos límites que forman la zona de
15 referencia.
 2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el detector térmico está equipado para calcular, a
partir de dicha medida, una diferencia de temperatura entre la zona sensible y la zona de referencia.
 - 20 3. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el calor generado por la zona de referencia es
residual y **por que** la diferencia de temperatura es indicativa de la potencia de la radiación recibida por la zona
sensible.
 4. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el detector se dispone para
25 medir el calor generado por cada elemento sensible con relación al calor generado por la zona de referencia para
determinar un reparto espacial de la radiación de terahercios sobre el convertidor.
 5. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el detector incluye al menos
un captador de infrarrojos, y **por que** el dispositivo incluye además unos medios de enfoque ópticos (104) para
30 enfocar una imagen infrarroja del convertidor en el captador de infrarrojos.
 6. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el detector incluye al menos
un captador de flujo térmico, de tipo flujómetro.
 - 35 7. Convertidor (1, 105) para convertir una radiación de terahercios en una radiación térmica incluyendo al menos una
zona (ZS₁₁, ZS₁₂, ZS₂₁, ZS₂₂, ZS₃₁) sensible a la radiación de terahercios, estando dispuesta la zona sensible para
absorber la radiación de terahercios y para transformar la radiación absorbida en calor, **caracterizado por que** dicha
zona sensible está en la proximidad de una zona de referencia (ZR), de capacidad de absorción conocida, para
40 medir el calor generado por la zona sensible con relación al calor generado por la zona de referencia, estando
formada la zona sensible por una pluralidad de elementos sensibles dispuestos en una matriz, estando separados
los elementos sensibles por unos límites que forman la zona de referencia.
 8. Convertidor según la reivindicación 7, **caracterizado por que** el calor generado por la zona de referencia es
residual.
 - 45 9. Convertidor según una de las reivindicaciones 7 a 8, **caracterizado por que** la zona sensible incluye un material
cuya absorción a los terahercios es función de la longitud de onda de la radiación de terahercios.
 10. Convertidor según una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado por que** la zona sensible contiene al menos
50 agua, vidrio o/y unos nanotubos de carbono.
 11. Convertidor según la reivindicación 10, **caracterizado por que** la zona sensible contiene al menos dos líquidos
tera-sensibles que pueden intercambiarse por unos medios de canales para ser expuestos al menos
alternativamente a la radiación de terahercios, o al mismo tiempo con unas proporciones respectivas elegidas.
 - 55 12. Convertidor según una de las reivindicaciones 7 a 11, **caracterizado por que** la zona sensible y la zona de
referencia son limitrofes.
 13. Convertidor según una de las reivindicaciones 7 a 12, **caracterizado por que** se intercala una capa aislante
60 térmica entre la zona sensible y la zona de referencia para reducir pérdidas térmicas de la zona sensible.
 14. Convertidor según una de las reivindicaciones 7 a 13, **caracterizado por que** incluye además un captador de
flujo térmico, de tipo flujómetro, acoplado a dicha zona sensible.
 - 65 15. Procedimiento de análisis de terahercios, en el que se prevé un convertidor (1, 105) de radiación de terahercios
en radiación térmica, que incluye al menos una zona (ZS₁₁, ZS₁₂, ZS₂₁, ZS₂₂, ZS₃₁) sensible a la radiación de

5 terahercios dispuesta para absorber la radiación de terahercios y para transformar la radiación absorbida en calor, **caracterizado por que** dicha zona sensible está en la proximidad de una zona de referencia (ZR), de capacidad de absorción conocida, y **por que** se mide el calor generado por la zona sensible con relación al calor generado por la zona de referencia, estando formada la zona sensible por una pluralidad de elementos sensibles dispuestos en una matriz, estando separados los elementos sensibles por unos límites que forman la zona de referencia.

10 16. Procedimiento según la reivindicación 15, **caracterizado por que** se mide el calor generado por cada elemento sensible con relación al calor generado por la zona de referencia para determinar un reparto espacial de la radiación de terahercios sobre el convertidor.

10 17. Procedimiento según la reivindicación 16, **caracterizado por que:**

15 - se interpone un objeto en un camino de la radiación de terahercios de potencia dada entre una fuente (103) de la radiación de terahercios y el convertidor (1, 105); y

15 - se determina un reparto espacial de la potencia de la radiación de terahercios recibida en el convertidor.

20 18. Procedimiento según la reivindicación 17, **caracterizado por que** se determina un primer reparto espacial de la potencia de la radiación de terahercios recibida en el convertidor, sin objeto en el camino de la radiación, y se determina un segundo reparto espacial de la potencia de la radiación de terahercios recibida, con el objeto en el camino de la radiación, y se compara el segundo reparto con el primer reparto.

25 19. Procedimiento según una de las reivindicaciones 15 a 18, **caracterizado por que** la zona sensible incluye un material cuya absorción a los terahercios es función de la longitud de onda y se aplica una variación de longitud de onda para obtener una cartografía en función de la potencia de la radiación y de la longitud de onda.

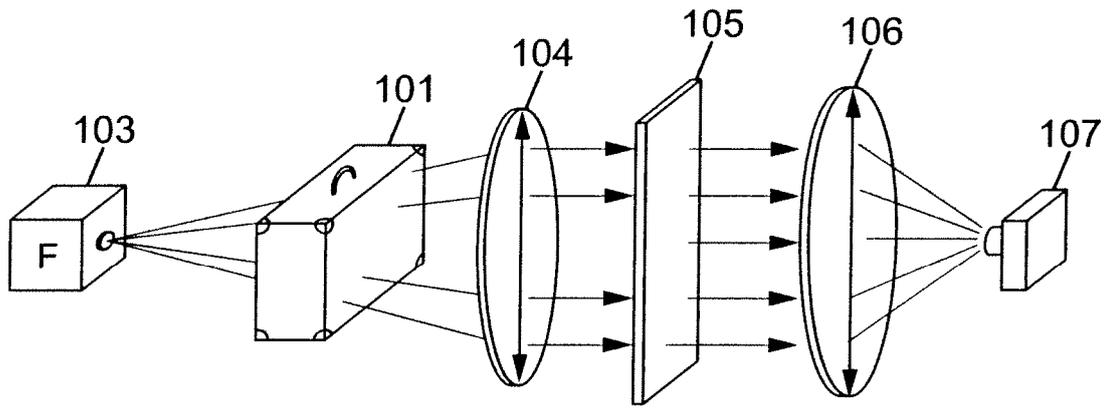


FIG. 1

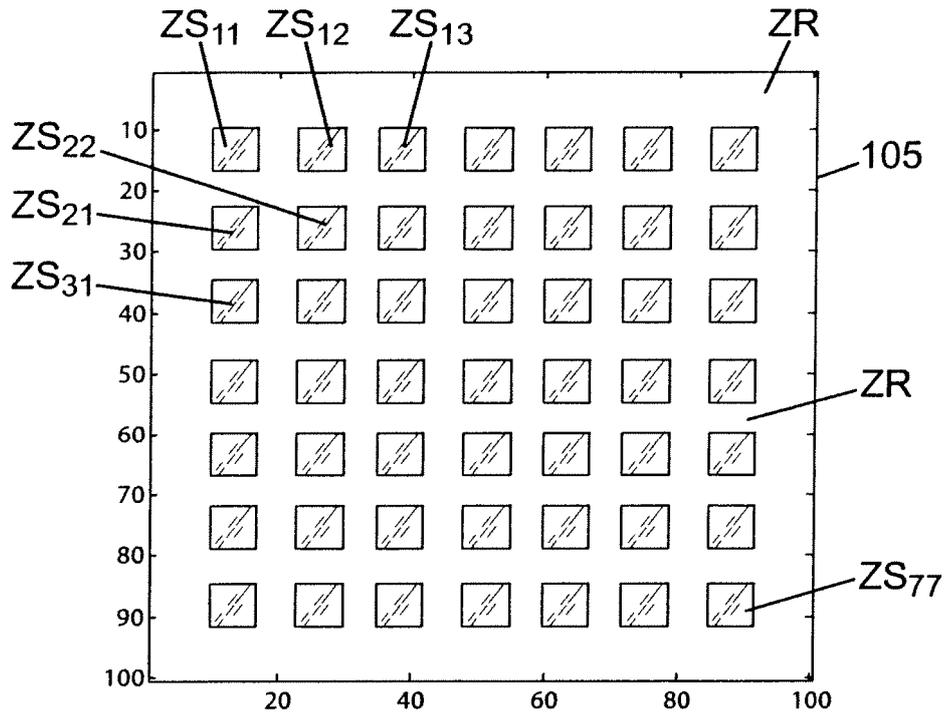


FIG. 2

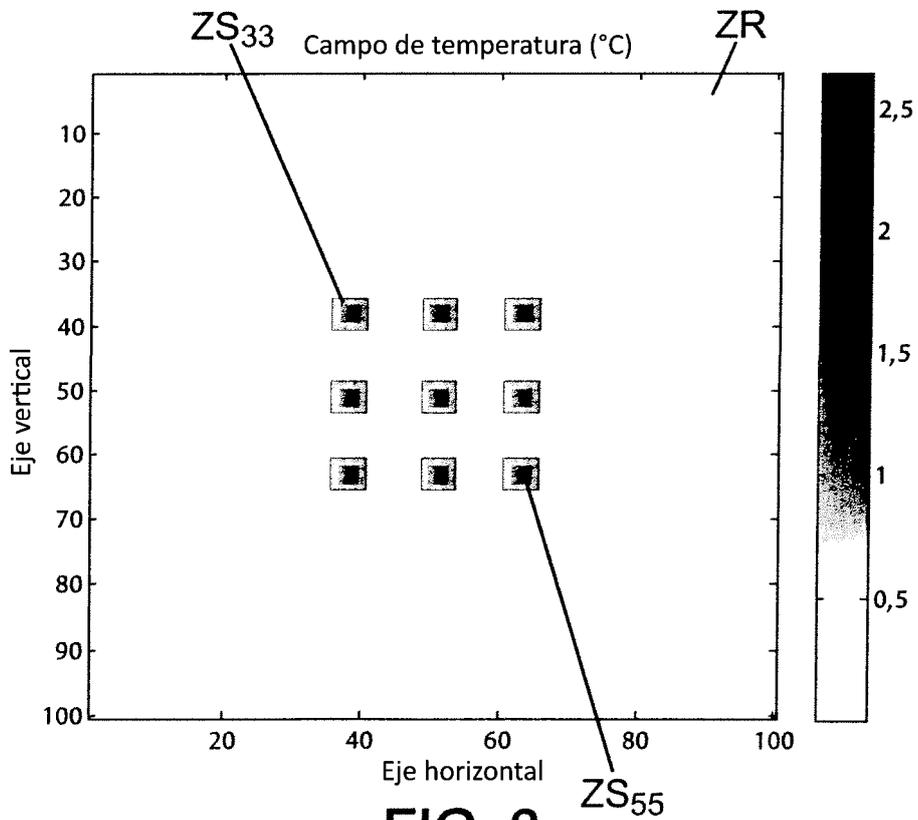


FIG. 3

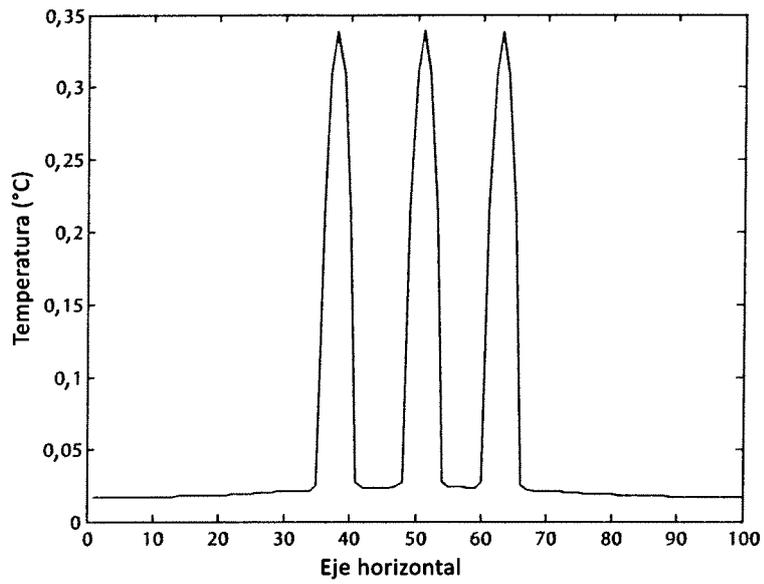


FIG. 4

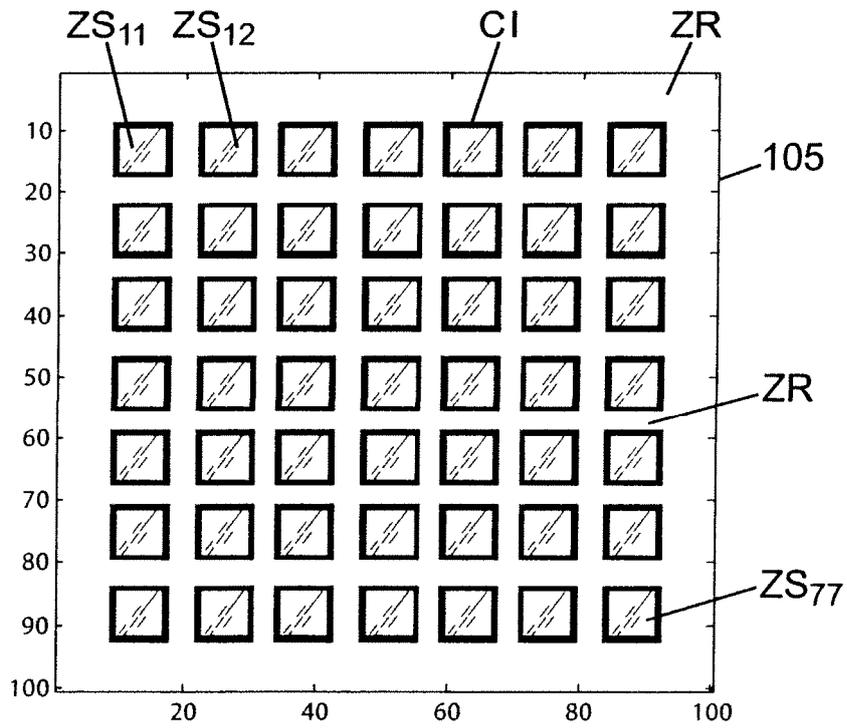


FIG. 5

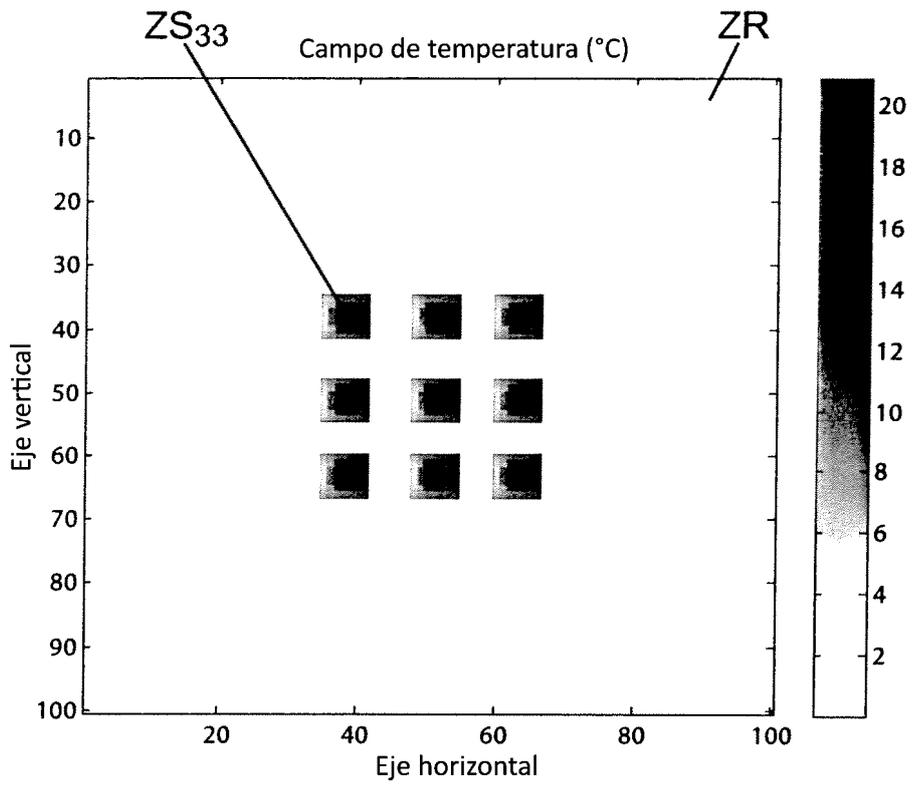


FIG. 6

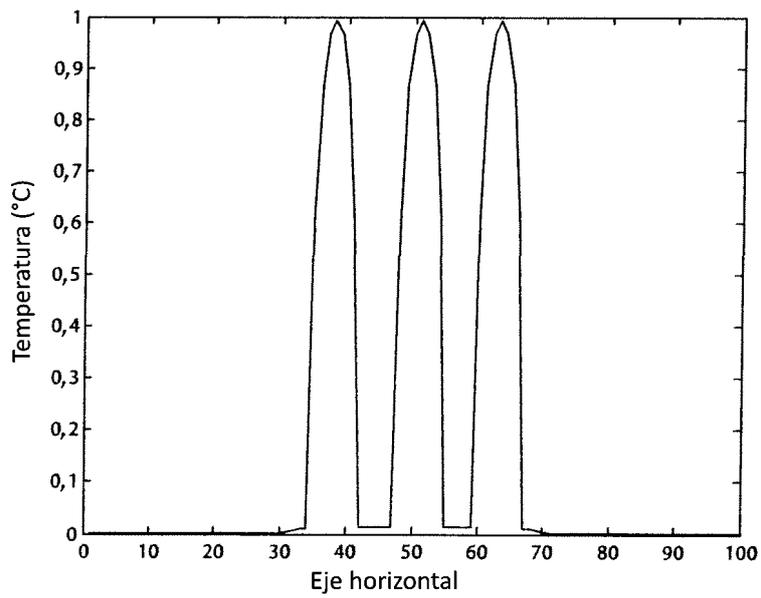
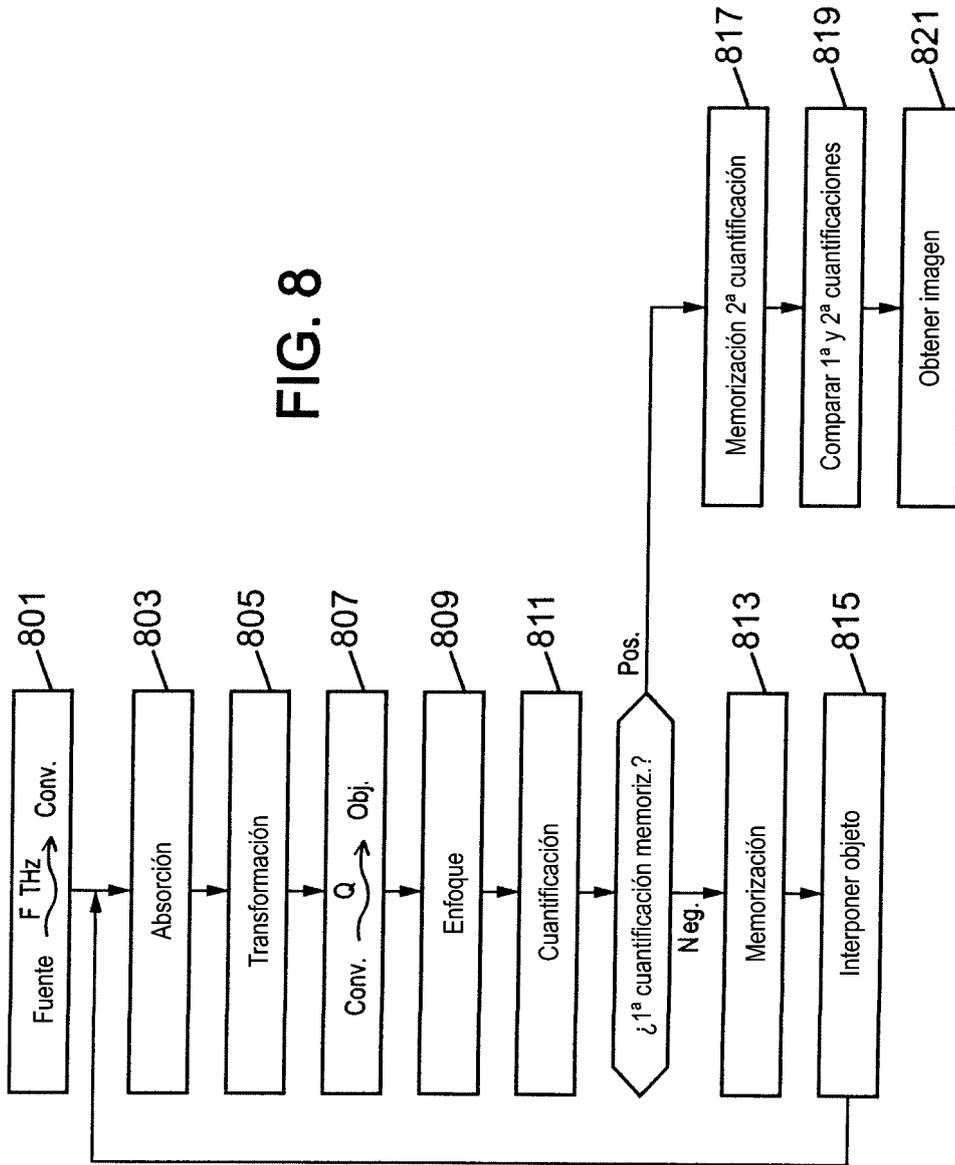


FIG. 7

FIG. 8



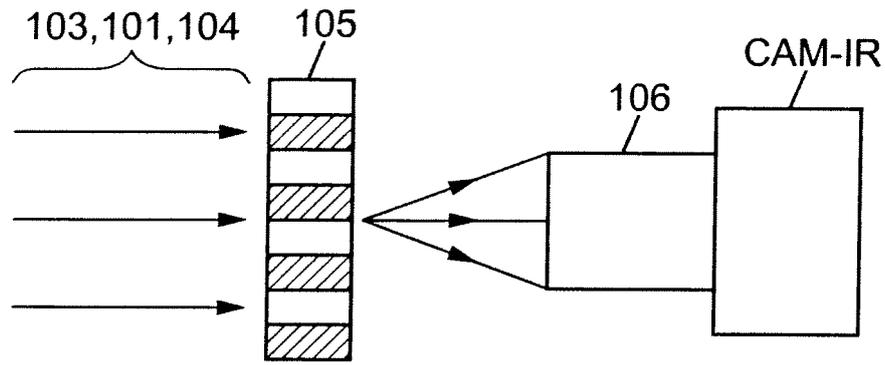


FIG. 9A

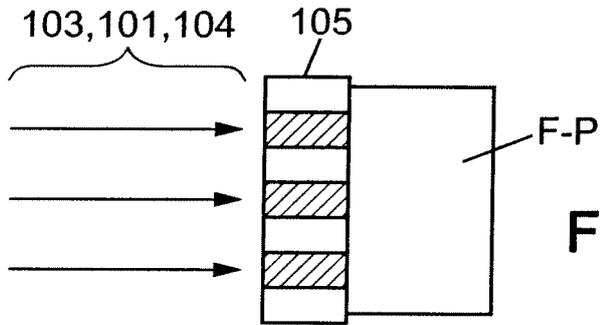


FIG. 9B

FIG. 10A

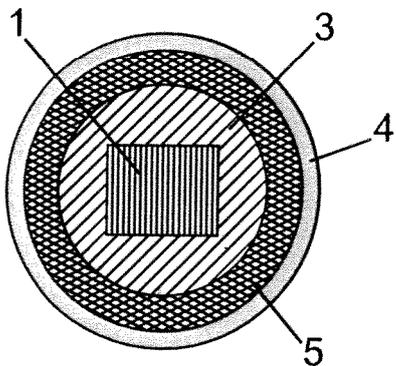
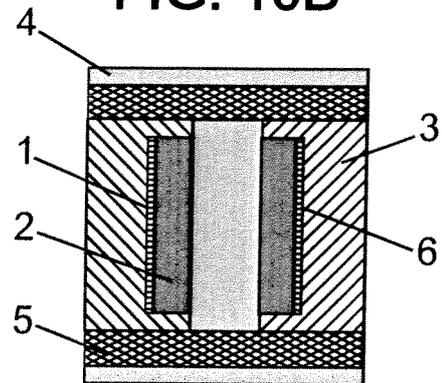


FIG. 10B



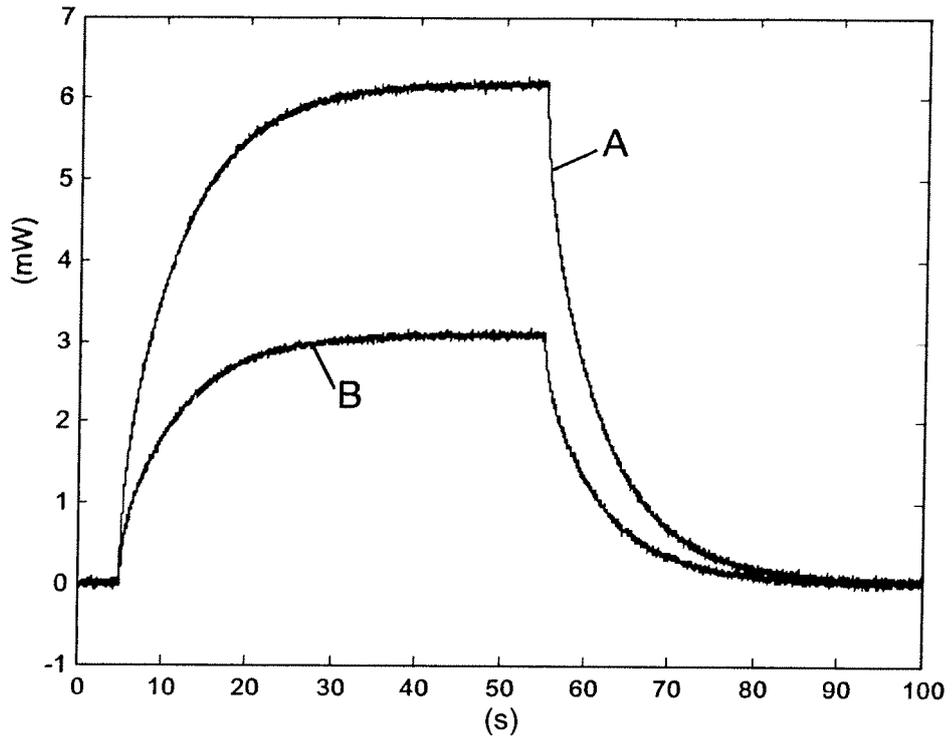


FIG. 11

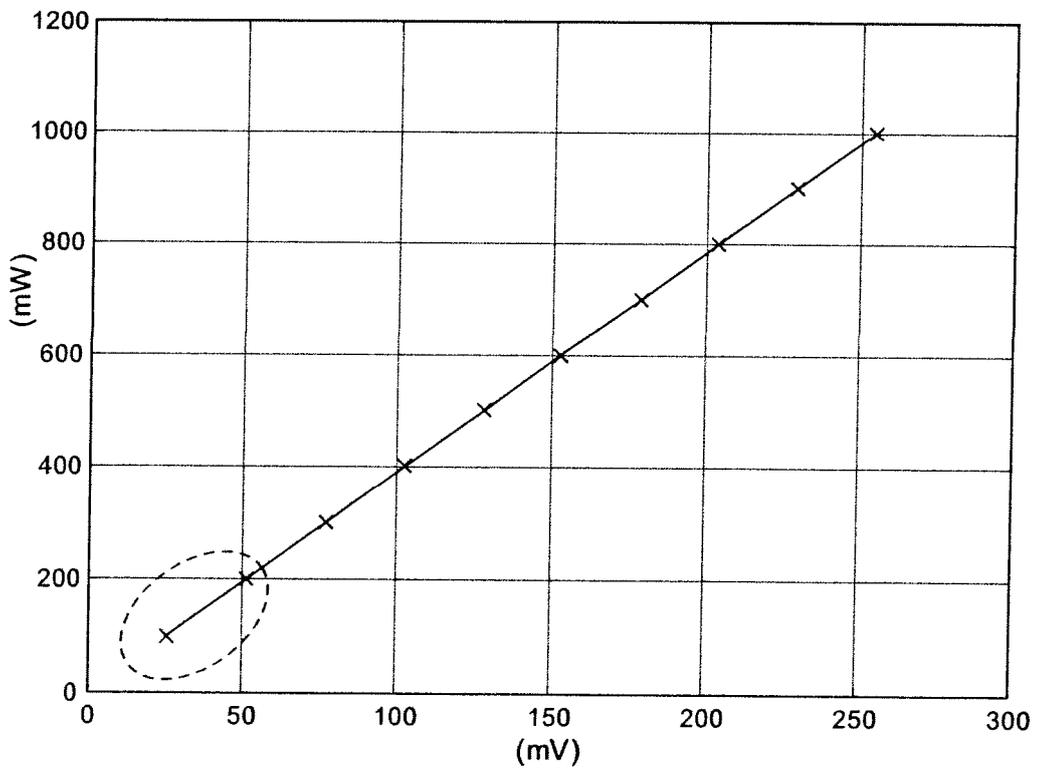


FIG. 12

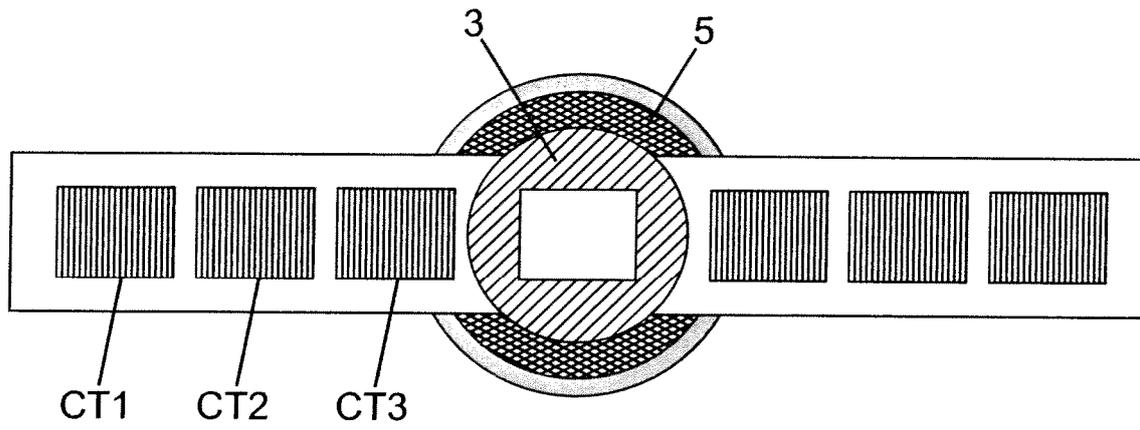


FIG. 13