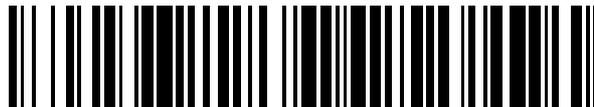


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 774**

51 Int. Cl.:

G02F 2/00 (2006.01)

H01Q 1/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2018 E 18174229 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 3413127**

54 Título: **Elemento de conversión espectral para radiación electromagnética**

30 Prioridad:

06.06.2017 FR 1755016

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

28.07.2020

73 Titular/es:

**OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE
RECHERCHES AÉROSPATIALES (100.0%)
Chemin de la Hunière
91120 Palaiseau, FR**

72 Inventor/es:

**BOUCHON, PATRICK;
HAIDAR, RIAD y
MAKHSIYAN, MATHILDE**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 775 774 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

Elemento de conversión espectral para radiación electromagnética

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a un elemento de conversión espectral para radiación electromagnética, y a un procedimiento de recogida de una radiación de terahercios.

10 **Estado de la técnica**

En el ámbito de la presente descripción, se denomina radiación de terahercios a una radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida entre 30 μm (micrómetro) y 3 mm (milímetro), correspondiente a una frecuencia que está comprendida entre 0,1 THz (terahercios), es decir 100 MHz (megahercios), y 10 THz.

15 Se denomina radiación infrarroja a una radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida entre 1 μm y 30 μm , correspondiente a una frecuencia que está comprendida entre 10 THz y 300 THz.

20 El documento RU2482527 C2 describe un elemento de conversión espectral que comprende antenas absorbentes de una radiación de terahercios y de antenas que producen una radiación infrarroja.

25 El tratamiento de imágenes infrarrojas, basado en la dirección de imágenes que se forman a partir de una radiación infrarroja, denominadas imágenes infrarrojas, es muy utilizado para numerosas aplicaciones. Por ello, están disponibles hoy en día cámaras infrarrojas a coste reducido, en particular cámaras que funcionan en los campos espectrales de longitud de onda comprendido entre 3 μm y 5 μm , o comprendido entre 8 μm y 12 μm .

30 Por otro lado se han identificado numerosas aplicaciones para sistemas de tratamiento de imágenes eficaces para capturar imágenes que se forman por radiación de terahercios, es decir cuya información de imagen corresponde a las fuentes, los reflectores o los difusores de radiación de terahercios presentes en un campo de observación. Sin embargo, el desarrollo de sensores de imágenes que son sensibles a la radiación de terahercios necesita inversiones importantes, de modo que los sensores no están disponibles actualmente a precios que sean compatibles con las aplicaciones previstas.

35 **Objeto de la invención**

A partir de esta situación, un objetivo de la presente invención consiste en proporcionar imágenes que revelen fuentes, reflectores o difusores de radiación de terahercios presentes en un campo de observación, a un coste que sea bajo, es decir del orden de o un poco superior al de un sistema de adquisición de imágenes infrarrojas.

40 Un objetivo anexo de la invención es proporcionar dichas imágenes que pertenecen al campo espectral de la radiación de terahercios, con sistemas de tratamiento de imágenes que sean simples y de fácil utilización.

45 Otro objetivo de la invención es proporcionar imágenes que pertenezcan al campo espectral de la radiación de terahercios, con resoluciones espaciales que sean finas.

Otro objetivo más de la invención es proporcionar imágenes que pertenezcan al campo espectral de la radiación de terahercios, pero que estén restringidas al interior de ventanas espectrales predeterminadas y fácilmente variables. Un objetivo complementario puede por tanto ser proporcionar fácilmente imágenes multiespectrales, al menos ciertos de cuyos componentes pertenezcan al campo espectral de la radiación de terahercios.

50 Para alcanzar al menos uno de estos objetivos u otros, el primer aspecto de la invención propone un elemento de conversión espectral para radiación electromagnética, que comprende:

- 55 - un soporte bidimensional, con zonas yuxtapuestas que se asignan respectivamente a píxeles;
- un conjunto de primeras antenas, denominadas antenas de terahercios, que se portan de forma fija por el soporte bidimensional y dimensionadas para presentar un primer pico de absorción de la radiación electromagnética cuando una longitud de onda de la radiación está comprendida entre 30 μm y 3 mm, estando situada al menos una de las antenas de terahercios en el interior de cada zona de píxel; y
- 60 - un conjunto de segundas antenas, denominadas antenas infrarrojas, que también se portan de forma fija por el soporte bidimensional pero dimensionadas para presentar un segundo pico de absorción de la radiación electromagnética cuando la longitud de onda de la radiación está comprendida entre 1 μm y 30 μm , estando situada al menos una de las antenas infrarrojas en el interior de cada zona de píxel.

65 Dicho de otra manera, cada antena de terahercios es absorbente para la radiación de terahercios, posiblemente en

el interior de una parte restringida del conjunto del campo espectral de terahercios, y también posiblemente con una selectividad con respecto a la polarización de esta radiación.

5 Simultáneamente, cada antena infrarroja es absorbente para la radiación infrarroja. De acuerdo con la supuestamente bien conocida ley de Kirchoff, cada antena infrarroja es también eficaz para emitir radiación infrarroja en una ventana espectral que está superpuesta al segundo pico de absorción de radiación electromagnética.

10 Según una característica de la invención, el elemento de conversión está dispuesto de manera que una de las antenas de terahercios y una de las antenas infrarrojas que se sitúan ambas en una misma zona de píxel, sea cual sea la zona de píxel, se acoplen térmicamente entre sí con una resistencia térmica que es inferior a cada otra resistencia térmica que existe entre una cualquiera de las antenas de terahercios y una cualquiera de las antenas infrarrojas cuando estas antenas de terahercios e infrarrojas se sitúan en una zona de píxeles respectivos que son diferentes. Dicho de otra manera, cada zona de píxel realiza un acoplamiento térmico entre las antenas de terahercios e infrarrojas de esta zona, pero con una interferencia entre zonas de píxeles diferentes, normalmente designada por "*crosstalk*" en inglés, que es reducida.

20 El elemento de conversión de la invención realiza por tanto una conversión de energía en el interior de cada zona de píxel, entre la radiación de terahercios que es incidente sobre cada primera antena de esta zona de píxel y la radiación infrarroja que se emite por cada antena de esta misma zona de píxel. Además, las primeras antenas determinan la ventana espectral de sensibilidad del elemento de conversión para la radiación de terahercios incidente, y las segundas antenas determinan la ventana espectral de emisión de la radiación infrarroja. La energía de radiación de terahercios en la ventana espectral de las primeras antenas se convierte por tanto en energía de radiación infrarroja en la ventana espectral de las segundas antenas. La conversión se realiza en el interior de zonas de píxeles que se desacoplan entre sí, para constituir una matriz que permite conservar una indicación de la zona espacial en la cual es o ha sido incidente la radiación de terahercios.

30 Cuando se dispone en un plano objeto de un instrumento de captura de imagen infrarroja, el elemento de conversión de la invención permite al instrumento capturar imágenes que revelan las fuentes, los reflectores o los difusores de radiación de terahercios presentes en un campo de observación. Por tanto, dichas imágenes de terahercios pueden capturar por un coste que es sensiblemente similar a la suma del coste del instrumento de captura de imagen infrarroja y del elemento de conversión propuesto por la invención. Sin embargo, el elemento de conversión de la invención, ya que puede fabricarse por técnicas de grabado y de depósito de materiales que se han dominado hasta la fecha, puede tener un precio de coste que es compatible con las aplicaciones previstas.

35 Preferiblemente, el elemento de conversión puede estar dispuesto de manera que cada resistencia térmica entre una antena de terahercios y una antena infrarroja que se sitúan ambas en una misma zona de píxel, sea cual sea la zona de píxel, sea inferior a una décima, con preferencia inferior a una centésima, de cada otra resistencia térmica que existe entre una cualquiera de las antenas de terahercios y una cualquiera de las antenas infrarrojas cuando estas antenas de terahercios e infrarrojas se sitúan en zonas de píxeles respectivos que son diferentes. Por tanto, las interferencias, o "*crosstalk*", entre zonas de píxeles diferentes del elemento de conversión son suficientemente reducidas para que una imagen infrarroja que sea nítida resulte de la conversión de energía de la radiación de terahercios recibida, en la radiación infrarroja, separadamente píxel por píxel.

45 En diversos modos de realización de la invención, cada antena de terahercios o infrarroja puede ser del tipo metal-dieléctrico-metal, o ser del tipo resonador de Helmholtz, o incluso formarse por una porción de un material que es absorbente para la radiación de terahercios o infrarroja, respectivamente.

De forma general para la invención, las dimensiones transversales siguientes, medidas paralelamente al soporte bidimensional, son ventajosas:

- 50
- entre 30 μm y 5000 μm , es decir 5 mm, para cada zona de píxel,
 - entre 1 μm y 300 μm para cada antena de terahercios, y
- 55
- entre 0,1 μm y 5 μm para cada antena infrarroja.

60 Para producir un desacoplamiento incluso más eficaz entre dos zonas de píxeles cualquiera que son vecinas, el soporte bidimensional puede presentar una porción de enlace para conectar dos zonas de píxeles vecinas, y presentar huecos que limiten transversal mente cada porción de enlace. Por tanto, todas las zonas de píxeles pueden ser solidarias en el soporte bidimensional, mientras que los pasajes de difusión térmica entre dos zonas de píxeles que son vecinas tienen secciones que son restringidas por ciertos huecos. El elemento de conversión de la invención puede por tanto formar una pieza única que es fácil de manipular y de incorporar en un instrumento de tratamiento de imágenes.

65 Posiblemente, cada antena de terahercios puede poseer una geometría que se selecciona de entre varias geometrías distintas correspondientes a polarizaciones diferentes o longitudes de onda diferentes para la radiación

electromagnética que se absorbe con una eficacia máxima. En este caso, cada zona de píxel puede comprender al menos una de estas geometrías de antenas de terahercios, con preferencia una sola geometría de antena por zona de píxel. Las geometrías de antenas de terahercios por tanto se alternan entre zonas de píxeles que son diferentes, preferiblemente según un patrón de alternancia que es idéntico en cualquier elemento de conversión. El elemento de conversión puede por tanto producir imágenes multiespectrales y/o imágenes que corresponden a polarizaciones diferentes de la radiación de terahercios que es absorbida. De esta manera, se puede recoger una información más completa sobre las fuentes, reflectores y difusores de radiación de terahercios que están presentes en un campo de observación. Cuando cada zona de píxel sólo comprende una sola geometría de la antena, los diferentes componentes espectrales de cada imagen multiespectral, o los diferentes componentes de polarización de cada imagen de multipolarización presentan una diafonía, o "crosstalk" en inglés, que es muy reducida o nula. Sin embargo, se puede obtener una resolución que es más fina para la imagen multiespectral o de multipolarización cuando las antenas de geometrías diferentes están contenidas en cada zona de píxel.

Según primeras configuraciones, denominadas de transmisión, que son posibles para los elementos de conversión conformes a la invención, las antenas de terahercios por un lado y las antenas infrarrojas por otro lado, pueden ser portadas por dos caras opuestas de soporte bidimensional. Las resistencias térmicas son por tanto producidas a lo largo de los caminos de difusión térmica que atraviesan el soporte bidimensional entre las dos caras opuestas.

Según segundas configuraciones, denominadas de reflexión, que son también posibles para elementos de conversión conformes a la invención, las antenas de terahercios y las antenas infrarrojas pueden ser portadas juntas por una misma cara del soporte bidimensional. Por ejemplo, las antenas de terahercios pueden ser repartidas en una primera parte de una estructura en capas que es portada por la cara del soporte bidimensional y las antenas infrarrojas pueden ser repartidas en una segunda parte de la misma estructura en capas que se sitúan por encima o por debajo de la primera parte, con respecto a un orden de apilamiento de capas sobre la cara del soporte bidimensional.

Un segundo aspecto de la invención propone un procedimiento de recogida de una radiación de terahercios que comprende las acciones siguientes:

- disponer un elemento de conversión que es conforme al primer aspecto de la invención, en la radiación de terahercios de manera que el elemento de conversión produce una radiación infrarroja a partir de una energía de radiación de terahercios; y
- disponer un sensor de radiación infrarroja en un trayecto de radiación infrarroja que es producida por el elemento de conversión.

Para aplicaciones diversas que no pertenecen a un campo del tratamiento de imágenes, el sensor de radiación infrarroja puede comprender al menos una célula fotovoltaica, una célula fotoconductora, o una célula biométrica, que es eficaz para absorber una parte de al menos la radiación infrarroja producida por el elemento de conversión.

Para aplicaciones de tratamiento de imágenes, el sensor de radiación infrarroja puede comprender al menos un detector de imagen que es sensible a la radiación infrarroja. El procedimiento comprende por tanto además las acciones de:

- disponer un objetivo que es eficaz para la radiación de terahercios sobre un trayecto de esta radiación de terahercios antes del elemento de conversión; y
- disponer también un sistema generador de imágenes que es eficaz para la radiación infrarroja sobre un trayecto de radiación infrarroja entre el elemento de conversión y el detector de imagen.

El objetivo forma por tanto una imagen de una escena sobre el elemento de conversión con la radiación de terahercios que proviene de la escena, y el sistema generador de imagen forma una imagen del elemento de conversión sobre el detector de imagen con la radiación infrarroja que es producida por el elemento de conversión.

Otras particularidades y ventajas de la invención aparecerán en la descripción siguiente de ejemplos de realización no limitativos, con referencia a los dibujos anexos, en los cuales:

Descripción de las figuras

- la figura 1 es una vista en sección transversal de un elemento de conversión conforme a la invención;
- las figuras 2a y 2b representan el elemento de conversión de la figura 1, visto en planta por arriba y por abajo;
- la figura 3 es un diagrama espectral de absorción de radiación electromagnética, relativa las antenas de un elemento conforme a la invención;

- las figuras 4a a 4c ilustran tres modos de realización posibles para las antenas de elementos de conversión conformes a la invención; y
- la figura 5 corresponde a la figura 1 para una configuración diferente de un elemento de conversión también conforme a la invención.

Descripción detallada de la invención

Por razones de claridad, las dimensiones de los elementos que se representan en estas figuras no corresponden ni a dimensiones reales ni a relaciones de dimensiones reales. Además, las referencias idénticas que se indican en las figuras diferentes designan elementos idénticos o que tienen funciones idénticas.

Según las figuras 1, 2a y 2b, un soporte 1 bidimensional que puede ser de la forma de una película o simple capa o multicapa, posee dos caras opuestas denominadas S_1 y S_2 respectivamente. La cara S_1 porta las antenas 2 y la cara S_2 porta las antenas 3. Las antenas 2 y 3 poseen intervalos espectrales de absorción de radiación electromagnética que están separados, como se representa en el diagrama de la figura 3: las antenas 2 son absorbentes para valores de longitud de onda de la radiación electromagnética que pertenecen al campo de 30 μm -3 mm, correspondiente a la radiación de terahercios, y las antenas 3 son absorbentes para valores de longitud de onda de la radiación electromagnética que pertenecen al campo de 1 μm -30 μm , correspondiente a la radiación infrarroja. En la figura 3, λ designa la longitud de onda de la radiación electromagnética, expresada en micrómetros, y $A(\lambda)$ designa la absorción espectral de esta radiación. IR designa el campo espectral de la radiación infrarroja y TH designa el campo espectral de la radiación de terahercios. Posiblemente, cada antena 2, denominada antena de terahercios, puede ser absorbente selectivamente en el interior de un pico denominado P_1 , que corresponde a una banda reducida, o muy reducida en el interior del intervalo espectral de la radiación de terahercios. Del mismo modo, cada antena 3, denominada antena infrarroja, puede ser absorbente selectivamente en el interior de un pico denominado P_2 que corresponde a una banda reducida en el interior del intervalo espectral de la radiación infrarroja.

De forma general, la absorción de radiación electromagnética por una estructura material depende de los materiales de esta estructura, y posiblemente además de sus dimensiones geométricas. Por tanto, cada antena 2 de terahercios posee una estructura que está concebida para presentar una absorción importante en el campo espectral de la radiación de terahercios (pico P_1 del diagrama de la figura 3).

Según un primer modo de realización posible que se ilustra por la figura 4a, cada antena 2 puede constituirse de una porción $2i$ de material eléctricamente aislante, que se intercala entre dos porciones de capas eléctricamente conductoras, con preferencia entre dos porciones de capas metálicas. Una de estas porciones se designa por la referencia 2m, y la otra puede formarse por una parte de la cara de soporte 1. Dicha estructura de antena es conocida bajo la designación metal-aislante-metal, y está importantemente documentada en la literatura disponible. La misma forma un resonador de Fabry-Pérot, para el cual la posición de longitud de onda del pico P_1 de absorción depende de las dimensiones de la porción 2m medidas paralelamente a la cara del soporte 1. Por ejemplo, una longitud l de la porción 2m metálica, denominada longitud de cavidad y medida paralelamente al soporte 1, corresponde a una longitud de onda de absorción máxima de aproximadamente cuatro veces esta longitud l de cavidad, cuando la porción $2i$ de material aislante es de poliamida, polimetilmetacrilato (PMMA), polietileno (PET), o una resina fotosensible negativa a base de epoxi, tal como se conoce bajo el acrónimo SU-8. La porción 2m de capa metálica puede ser sin embargo de, cobre o aluminio, por ejemplo.

Cuando las longitudes de difusión térmica que existen paralelamente al soporte 1, entre antenas 2 que son vecinas, son muy superiores a las longitudes de difusión térmica que existen perpendicularmente al soporte 1, entre las antenas 2 y 3 que se acoplan al interior de una misma zona de píxel, el material $2i$ aislante puede ser continuo entre las antenas 2 que son vecinas. Puede por tanto formar una capa que es continua, y que puede servir de soporte mecánico para el elemento de conversión espectral.

Según un segundo modo de realización posible que se ilustra por la figura 4b, cada antena 2 puede estar constituida de una porción de un material que presenta una absorción importante de la radiación electromagnética, cuando esta radiación posee una longitud de onda que está comprendida entre 30 μm y 3 mm. Por ejemplo, una capa de polímero dopado, tal como PMMA dopado o PET dopado, de espesor $e = 5 \mu\text{m}$ aproximadamente cuando es medida perpendicularmente al soporte 1, y que está depositada sobre una película metálica que constituye este soporte 1, puede constituir una antena 2 para la cual se produce la absorción de forma más o menos homogénea sobre toda la banda de radiación de terahercios. Como anteriormente, cuando las longitudes de difusión térmica que existen entre las antenas 2 que son vecinas son muy superiores a las longitudes de difusión térmica que existen entre las antenas 2 y 3 que se acoplan en el interior de una zona de píxel, la capa de polímero dopado que constituye las porciones absorbentes de la radiación de terahercios puede ser continua entre las antenas 2 vecinas. La misma puede por tanto también cumplir la función de soporte mecánico para el elemento de conversión espectral.

Según un tercer modo de realización posible que se ilustra por la figura 4c, cada antena 2 puede estar constituida por un resonador de Helmholtz. Dicho resonador está constituido por una cavidad de paredes metálicas, que se conecta al exterior por un cuello. De manera ventajosa pero no limitativa para este modo de realización, el soporte 1

puede ser de un material metálico, y la cavidad y el cuello se forman en el soporte 1 a partir de la cara S_1 . La cavidad y el cuello pueden ser muy alargados perpendicularmente al plano de la figura 4c, y en este plano, la cavidad posee una superficie de sección S y el cuello posee una anchura w y una altura h . Por ejemplo, los valores siguientes: $S = 6 \mu\text{m}^2$, $w = 0,2 \mu\text{m}$ y $h = 1 \mu\text{m}$, producen un pico P_1 de absorción que está centrado aproximadamente sobre el valor de longitud de onda de $50 \mu\text{m}$. Está disponible también una biografía abundante sobre dichos resonadores de Helmholtz.

En estos ejemplos numéricos, la otra dimensión de la antena 2, que se mide también paralelamente al soporte 1, se supone muy superior a la primera dimensión dada anteriormente. Sin embargo, dicha geometría casi unidimensional para cada antena no es indispensable. Por ejemplo, para el primer modo de realización de la figura 4a, a base de una porción de material eléctricamente aislante y que se intercala entre 2 porciones de capas eléctricamente conductoras, se pueden utilizar geometrías bidimensionales como se representa en las figuras 2a y 2b. En particular, cada antena puede tener una forma rectangular en un plano de proyección que es paralelo al soporte 1.

Para un elemento de conversión tal como se representa en las figuras 1, 2a y 2b, cada antena de terahercios está soportada por el soporte 1 de manera que ha sido acoplada térmicamente con el mismo, de manera que la absorción de radiación de terahercios para esta antena 2 produce calor que es transferido al soporte 1. Por ejemplo para el primer modo de realización de las antenas 2 (figura 4a), el soporte 1 puede formar directamente una de las dos porciones de capas eléctricamente conductoras. Para el segundo modo de realización (figura 4b), la porción del material que es absorbente para la radiación de terahercios puede formarse directamente sobre el soporte 1. Finalmente, para el tercer modo de realización (figura 4c), el soporte 1 puede ser de un material metálico, y ser suficientemente grueso para que la cavidad y el cuello puedan ser formados en el soporte 1 a partir de su cara S_1 .

Para los tres modos de realización, el soporte 1 puede ser una película de oro (Au), de cobre (Cu) o de aluminio (Al), a título de ejemplos no limitativos.

Cada antena 3 infrarroja tiene por función emitir la radiación infrarroja en la banda espectral de longitud de onda que está comprendida entre $1 \mu\text{m}$ y $30 \mu\text{m}$, cuando recibe el calor que ha sido producido por la absorción de radiación de terahercios por una de las antenas 2. Cada antena 3 está constituida de al menos otra porción de material apropiado que emite la radiación infrarroja en función de la temperatura de esta porción. Cuando esta temperatura aumenta, debido al calor recibido por difusión térmica que proviene de una de las antenas 2 de terahercios, la cantidad de radiación infrarroja emitida aumenta también, pero aun así limitada por el valor de emisividad del material de antena 3. Sin embargo, la estructura de antena que presenta el pico P_2 de absorción asegura que esta emisividad sea importante. Dicho de otra manera, una estructura de antena que presenta un pico de absorción de la radiación electromagnética es también eficaz para emitir la radiación electromagnética a la longitud de onda de este pico de absorción, cuando es calentada.

Los tres modos de realización que han sido descritos más arriba para las antenas 2 de terahercios pueden ser tomados en sus principios para las antenas 3 infrarrojas, adaptando sin embargo los materiales utilizados y las dimensiones geométricas para un pico P_2 de absorción que se sitúa en el intervalo de longitud de onda comprendido entre $1 \mu\text{m}$ y $30 \mu\text{m}$.

En particular, para el primer modo de realización, de tipo metal-aislante-metal, la porción de material aislante, ahora referida como $3i$ en la figura 4a, puede ser de sulfuro de cinc (ZnS), pero también de sílice (SiO_2), de carburo de silicio (SiC), de silicio o de germanio, mientras que la porción $3m$ de material eléctricamente conductor así como la parte correspondiente del soporte 1 todavía pueden ser sin embargo de oro, cobre o aluminio. La fórmula numérica de los resonadores de Fabry-Pérot es todavía aplicable para este modo de realización de las antenas 3, para determinar la longitud l de la cavidad en función de la longitud de onda de absorción máxima que es deseada para el pico P_2 . Por ejemplo, cuando la porción $3i$ de material es de sulfuro de zinc, el valor de $2 \mu\text{m}$ para la longitud l de la cavidad produce el valor de $10 \mu\text{m}$ para la longitud de onda central del pico P_2 de absorción.

Para el segundo modo de realización (figura 4b) el material absorbente a utilizar para cada antena 3 infrarroja puede ser de sílice (SiO_2). Cuando el espesor e de esta capa de sílice es de $0,7 \mu\text{m}$ aproximadamente, y que esta capa es todavía depositada sobre una película metálica que constituye el soporte 1, se obtiene una emisividad media que es superior a un 50% en el intervalo de longitud de onda comprendido entre $8 \mu\text{m}$ y $12 \mu\text{m}$.

Finalmente, para el tercer modo de realización, de resonadores de Helmholtz, los valores de $0,65 \mu\text{m}^2$ para la sección S de la cavidad, $0,2 \mu\text{m}$ para la anchura w del cuello y $0,5 \mu\text{m}$ para la altura h del cuello, corresponden a una longitud de onda central de $10 \mu\text{m}$ para el pico P_2 de absorción.

El soporte 1 y las antenas 2 y 3 que son portadas por el mismo forman un elemento de conversión espectral conforme a la invención, designado globalmente por la referencia 10. Para el funcionamiento de este elemento 10 de conversión, cada antena 2 de terahercios debe estar acoplada térmicamente de manera eficaz a al menos una antena 3 infrarroja a la que está asociada. Sin embargo, varias antenas 3 infrarrojas pueden asociarse a una misma antena 2 de terahercios. Por antena 2 que se acopla térmicamente con una antena 3 de forma eficaz, se entiende que la resistencia de difusión térmica entre estas dos antenas es inferior a un factor de al menos 10 o 100, a una

resistencia de difusión térmica que existe entre la antena 2 y una antena 3 a la que no está asociada. Dicho acoplamiento térmico selectivo puede obtenerse por una repartición apropiada de las antenas 2 y 3 paralelamente en el soporte bidimensional 1: las antenas 2 y 3 que se asocian una con la otra pueden situarse a la derecha entre sí según la dirección perpendicular de la cara S_1 del soporte 1, o un poco alejadas entre sí paralelamente a la cara S_1 , mientras que las antenas 2 y 3 que no están asociadas están más alejadas entre sí paralelamente a la cara S_1 .

Según una concepción práctica del elemento 10 de conversión, zonas distintas, denominadas zonas de píxeles, son definidas sobre el soporte 1 bidimensional, sobre su cara S_1 , por ejemplo según una repartición matricial en líneas y en columnas perpendiculares. Dos antenas 2 y 3 que por tanto se sitúan en una misma zona ZP de píxel se acoplan térmicamente entre sí en el sentido que ha sido definido más arriba, mientras que las antenas 2 y 3 que se sitúan en zonas ZP de píxeles diferentes presentan entre sí un acoplamiento térmico menos intenso, es decir una resistencia de difusión térmica inter-píxel que es al menos 10 veces, si no al menos 100 veces, superior a la resistencia de difusión térmica intra-píxel.

Para aumentar aún más la proporción entre los valores de resistencia de difusión térmica inter-píxel e intra-píxel, es posible para el soporte 1 presentar capas entre las zonas ZP de píxel. De esta manera, se reduce una sección de difusión térmica entre las zonas ZP de píxel que son vecinas, aumentando por tanto el valor de resistencia de difusión térmica inter-píxel. En las figuras 2a y 2b, las referencias 5 indican cortes, o huecos, que se disponen entre zonas ZP de píxeles que son vecinas. Las referencias 4 designan porciones de enlace residuales de soporte 1, entre los cortes 5 que aseguran la cohesión mecánica del conjunto del elemento 10 de conversión.

Para el modo de realización de la figura 4c, en el cual las antenas 2 y 3 son todas del tipo resonador de Helmholtz, el elemento 10 de conversión puede que esté sólo constituido del soporte 1 de material metálico, que está provisto de cavidades y de cuellos que forman los resonadores. Posiblemente, sus caras S_1 y S_2 se pueden recubrir de un material aislante, para proteger las cavidades, en particular de la corrosión del material metálico. Dicho modo de realización necesita que el soporte 1 sea menos grueso. Por tanto, se pueden concebir los huecos 5 para adelgazar localmente el soporte 1, entre las zonas de píxeles adyacentes, en un mismo objetivo de reducción del acoplamiento térmico inter-píxel.

Por ejemplo, las zonas ZP de píxeles pueden tener un paso de aproximadamente 1 mm según las direcciones de las líneas y de las columnas de la matriz del elemento 10 de conversión. En el interior de cada zona ZP de píxel, cada antena 2 de terahercios puede tener una dimensión transversal que es inferior a 0,3 mm, paralelamente a la cara S_1 del soporte 1, y cada antena 2 infrarroja puede tener una dimensión transversal que es inferior a 5 μm , también paralela a la cara S_1 del soporte 1, dependiendo estas dimensiones transversales de las antenas de las longitudes de onda centrales que son deseadas para los picos P_1 y P_2 de absorción, como se explicó más arriba. En estas condiciones, cada zona ZP de píxel puede que sólo contenga una sola antena 2 de terahercios y una multitud de antenas 3 infrarrojas, estas últimas pudiendo repartirse en el interior de la zona ZP de píxel según una red cuadrada, por ejemplo. Las figuras 1, 2a y 2b ilustran dicha geometría para el elemento 10 de conversión.

Teniendo en cuenta dichas dimensiones para las zonas ZP de píxeles y para las antenas 2 y 3, también es posible disponer varias antenas 2 de terahercios en el interior de cada zona ZP de píxel, teniendo todas las zonas ZP de píxeles configuraciones idénticas. Por tanto, en el interior de cada zona ZP de píxel, las antenas 2 de terahercios que tienen geometrías diferentes pueden corresponder a posiciones de longitud de onda del pico P_1 de absorción que son distintas. La distribución de las antenas 3 infrarrojas en cada zona ZP de píxel permite también emitir una radiación infrarroja en respuesta a la absorción de la radiación de terahercios por una cualquiera de las antenas de terahercios. De esta manera, el elemento 10 de conversión puede presentar un intervalo espectral de sensibilidad que aumenta, con respecto a la utilización de una sola geometría de antenas de terahercios.

Por otro lado, es también posible afectar geometrías diferentes de antenas de terahercios, que produzcan posiciones espectrales diferentes para el pico P_1 de absorción, en zonas ZP de píxeles que son vecinas, en particular utilizando un patrón de alternancia determinado por las geometrías de las antenas de terahercios entre las zonas ZP de píxeles, a la manera de un filtro de Bayer. El elemento 10 de conversión permitirá por tanto transmitir las imágenes de terahercios multiespectrales, cuando será implementada para una función de tratamiento de imagen como se explica más adelante.

Alternativamente o en combinación, antenas 2 de terahercios que tienen geometrías diferentes pueden ser sensibles a polarizaciones distintas de la radiación de terahercios. De hecho, de manera conocida, la forma de cada antena 2 paralelamente a la cara S_1 del soporte 1, determina una polarización de la radiación para la cual esta antena presenta una eficacia, o sensibilidad, superior. Los datos de imagen que son por tanto recogidos comprenden una información de polarización que puede ser útil para ciertas aplicaciones, en particular aplicaciones de vigilancia del entorno y de reconocimiento de elementos intrusivos.

Un elemento 10 de conversión que es conforme a la invención puede tener una configuración de transmisión o una configuración de reflexión.

Las figuras 1, 2a y 2b corresponden a la configuración de transmisión. En este caso, las antenas 2 de terahercios y

5 las antenas 3 infrarrojas se sitúan sobre las dos caras opuestas del soporte 1: las antenas 2 sobre la cara S_1 y las antenas 3 sobre la cara S_2 opuesta a la cara S_1 , de conformidad con la figura 1. El acoplamiento térmico entre las antenas 2 y 3 se produce por tanto por caminos de difusión térmica que atraviesan el soporte 1 entre las caras S_1 y S_2 . Dicha configuración de transmisión permite en general implementaciones del elemento 10 de conversión que son más simples.

10 La figura 5 ilustra la configuración de reflexión. En este caso, todas las antenas 2 y 3 se sitúan en la cara S_1 del soporte 1. Según un modo de realización posible para dicha configuración de reflexión, las antenas 2 y 3 pueden realizarse en el seno de una estructura ST multicapa que está formada únicamente sobre la cara S_1 del soporte 1. Por ejemplo, las antenas 2 pueden formarse en el seno de una parte inferior de la estructura ST, más próxima al soporte 1, y las antenas 3 pueden formarse en el seno de una parte superior de la estructura ST más alejada del soporte 1. Dicha configuración es favorecida si las antenas 3 infrarrojas son suficientemente transparentes para la radiación de terahercios que está destinada a las antenas 2 subyacentes en el seno de la estructura ST. Una ventaja de dicha configuración de reflexión resulta de la proximidad mayor entre las antenas 2 y 3 que se asocian, produciendo un acoplamiento térmico entre ellas que se aumenta.

15 Primeras aplicaciones para un elemento 10 de conversión que es conforme a la invención, pueden consistir en recoger la energía radiante que pertenece al campo de terahercios, por ejemplo que proviene de una fuente térmica o del sol. Para esto, la cara del soporte 1 que porta las antenas 2 de terahercios se expone a la radiación de terahercios, y un sensor que es eficaz para absorber la radiación infrarroja, por ejemplo una célula fotovoltaica, fotoconductor o biométrica, se coloca en frente de la cara del soporte 1 que porta las antenas 3 infrarrojas. En las figuras 1 y 5, las referencias TH e IR designan respectivamente la radiación de terahercios cuya energía es recogida y la radiación infrarroja que es transmitida al sensor, el mismo designado por la referencia 20. Posiblemente, un concentrador de radiación TH, designado simbólicamente por la referencia 30, se puede utilizar para aumentar la cantidad recogida de la radiación TH. El concentrador 30 puede ser en particular un espejo, por ejemplo un espejo parabólico. Del mismo modo, un concentrador de la radiación IR infrarroja, designado por la referencia 21, se puede utilizar entre el elemento 10 de conversión y el sensor 20 de infrarrojos.

20 Segundas aplicaciones para un elemento 10 de conversión que es conforme a la invención, se refieren a la adquisición de imágenes formadas con la radiación de terahercios. Para esto, un objetivo que es eficaz para la radiación TH de terahercios se dispone entre una escena observada y la cara del soporte 1 que porta las antenas 2 de terahercios. La referencia 30 designa ahora dicho objetivo, de manera simbólica para dichas aplicaciones de tratamiento de imágenes. Dicho objetivo puede ser a base de espejos, o de componentes refractivos que son eficaces para la radiación TH de terahercios, por ejemplo de politetrafluoroetileno (PTFE conocido bajo la denominación comercial de TeflonTM) o de poliimida, PMMA, PET, etc. la referencia 20 designa por tanto un detector de imagen infrarroja, que es sensible a la radiación IR infrarroja tal como la producida por el elemento 10 de conversión. Este puede ser por ejemplo un detector de tipo matricial. En estas condiciones, la referencia 21 designa un sistema generador de imágenes, que es eficaz para la radiación IR infrarroja, y que conjuga ópticamente la cara de soporte 1 que porta las antenas 3 infrarrojas con la superficie fotosensible del detector 20 de imagen. La resolución de imagen que se obtiene por tanto depende principalmente del tamaño de las zonas ZP de píxeles del elemento 10 de conversión, así como de la resolución del detector 20 de imagen. Además, cuando el elemento 10 de conversión comprende varias antenas 2 de terahercios que son diferentes en zonas ZP de píxeles separadas, y que estas mismas son sensibles a longitudes de onda diferentes del campo de terahercios, por tanto el elemento 10 de conversión permite capturar una imagen multiespectral en cada ciclo de adquisición del detector 20 de imagen.

45 Se entiende que la invención puede ser reproducida adaptando o modificando ciertos aspectos secundarios de la misma con respecto a los modos de realización que han sido descritos en detalle anteriormente. En particular, la utilización de huecos en el soporte bidimensional entre zonas de píxeles adyacentes no es indispensable, aunque si preferida.

REIVINDICACIONES

1. Elemento (10) de conversión espectral para radiación electromagnética, que comprende:

- 5 - un soporte (1) bidimensional con zonas (ZP) yuxtapuestas que son asignadas respectivamente a píxeles;
- un conjunto de primeras antenas (2), denominadas antenas de terahercios, que se portan de forma fija por el soporte (1) bidimensional y dimensionadas para presentar un primer pico (P_1) de absorción de la radiación electromagnética cuando una longitud de onda de la radiación está comprendida entre 30 μm y 3 mm, correspondiente a la radiación denominada de terahercios, estando situada al menos una de las antenas de terahercios en el interior de cada zona (ZP) de píxel; y
- 10
- un conjunto de segundas antenas (3), denominadas antenas infrarrojas, que también se portan de forma fija por el soporte (1) bidimensional pero dimensionadas para presentar un segundo pico (P_2) de absorción de la radiación electromagnética cuando la longitud de onda de la radiación está comprendida entre 1 μm y 30 μm , correspondiente a la radiación denominada infrarroja, estando situada al menos una de las antenas infrarrojas en el interior de cada zona (ZP) de píxel;
- 15
- estando dispuesto el elemento de conversión de manera que una de las antenas (2) de terahercios y una de las antenas (3) infrarrojas que están situadas ambas en una misma zona (ZP) de píxel, sea cual sea dicha zona de píxel, estén acopladas térmicamente entre sí con una resistencia térmica que existe entre una cualquiera de las antenas de terahercios y una cualquiera de las antenas infrarrojas, cuando dichas antenas de terahercios e infrarrojas están situadas en zonas de píxeles respectivos que son diferentes,
- 20
- de manera que el elemento de conversión se adapte para realizar una conversión de energía en el interior de cada zona de píxel, entre la radiación de terahercios que es incidente sobre cada primera antena de dicha zona de píxel y la radiación infrarroja que es emitida por cada segunda antena de la misma zona de píxel.
- 25
2. Elemento (10) de conversión según la reivindicación 1, dispuesto de manera que cada resistencia térmica entre una antena (2) de terahercios y una antena (3) infrarroja que están situadas ambas en una misma zona (ZP) de píxel, sea cual sea la zona de píxel, sea inferior a una décima, con preferencia inferior a una centésima, de cada otra resistencia térmica que existe entre una cualquiera de las antenas de terahercios y una cualquiera de las antenas infrarrojas cuando dichas antenas de terahercios e infrarrojas están situadas en las zonas de píxeles respectivas que son diferentes.
- 30
3. Elemento (10) de conversión según la reivindicación 1 o 2, en el cual cada antena (2) de terahercios o (3) infrarroja es del tipo metal-dieléctrico-metal, o es del tipo resonador de Helmholtz, o está formada por una porción de un material absorbente de la radiación infrarroja o de terahercios, respectivamente.
- 35
4. Elemento (10) de conversión según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual cada zona (ZP) de píxel posee dimensiones transversales que están comprendidas entre 30 μm y 5000 μm , cada antena (2) de terahercios posee una dimensión transversal que está comprendida entre 1 μm y 300 μm , y cada antena (3) infrarroja posee una dimensión transversal que está comprendida entre 0,1 μm y 5 μm , siendo medidas dichas dimensiones transversales paralelamente al soporte (1) bidimensional.
- 40
5. Elemento (10) de conversión según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el soporte (1) bidimensional presenta porciones (4) de enlace para conectar dos zonas (ZP) de píxeles cualquiera que son vecinas, y presenta huecos (5) que delimitan transversal mente cada porción de enlace, de manera que todas las zonas de píxeles sean solidarias en dicho soporte bidimensional, y que los pasajes de difusión térmica entre dos zonas de píxeles que son vecinas tengan secciones restringidas para ciertos huecos.
- 45
- 50
6. Elemento (10) de conversión según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual cada antena (2) de terahercios posee una geometría que es seleccionada de entre varias geometrías distintas, correspondiendo dichas geometrías de las antenas de terahercios a polarizaciones diferentes o longitudes de onda diferentes para la radiación electromagnética que es absorbida con una eficacia máxima, y en el cual cada zona (ZP) de píxel comprende al menos una de dichas geometrías de antenas (2) de terahercios, con preferencia a una sola geometría de antena, y las geometrías de antena de terahercios son alternadas entre zonas de píxeles que son diferentes, preferiblemente según un patrón de alternancia que es idéntico en todo el elemento (10) de conversión.
- 55
7. Elemento (10) de conversión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual las antenas (2) de terahercios, por un lado, y las antenas (3) infrarrojas por otro lado, se portan por dos caras opuestas del soporte (1) bidimensional, siendo producidas las resistencias térmicas a lo largo de los caminos de difusión térmica que atraviesan el soporte bidimensional entre las dos caras opuestas.
- 60
8. Elemento (10) de conversión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual las antenas (2) de terahercios y las antenas (3) infrarrojas se portan juntas por una misma cara del soporte (1) bidimensional, por ejemplo las antenas de terahercios se reparten en una primera parte de una estructura (ST) en capas que está
- 65

soportada por la cara de soporte bidimensional, y las antenas infrarrojas son repartidas en una segunda parte de la estructura en capas que se sitúa por encima o por debajo de dicha primera parte de la estructura en capas, con respecto a un orden de apilamiento de capas sobre la cara del soporte bidimensional.

5 9. Procedimiento de recogida de radiación (TH) de terahercios, comprendiendo dicho procedimiento:

- disponer un elemento (10) de conversión que es conforme a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la radiación (TH) de terahercios de manera que el elemento de conversión produce una radiación (IR) infrarroja a partir de una energía de la radiación de terahercios; y

10 - disponer un sensor (20) de radiación infrarroja sobre el trayecto de la radiación (IR) infrarroja que se produce por el elemento (10) de conversión.

15 10. Procedimiento según la reivindicación 9, según el cual el sensor (20) de radiación infrarroja comprende al menos una célula fotovoltaica, una célula fotoconductora, o una célula biométrica, eficaz para absorber una parte de al menos dicha radiación (IR) infrarroja.

20 11. Procedimiento según la reivindicación 9, según el cual el sensor (20) de radiación infrarroja comprende al menos un detector de imagen que es sensible a la radiación (IR) infrarroja, y el procedimiento comprende además disponer un objetivo (30) que es eficaz para la radiación (TH) de terahercios sobre un trayecto de dicha radiación de terahercios antes del elemento (10) de conversión, y disponer también un sistema (21) generador de imágenes que es eficaz para la radiación infrarroja sobre un trayecto de dicha radiación (IR) infrarroja entre el elemento (10) de conversión y el detector (20) de imagen,

25 formando el objetivo (30) una imagen de una escena sobre el elemento (10) de conversión con la radiación (TH) de terahercios que proviene de la escena,

y formando el sistema (21) generador de imagen una imagen del elemento (10) de conversión sobre el detector (20) de imagen con la radiación (IR) infrarroja que es producida por dicho elemento de conversión.

30

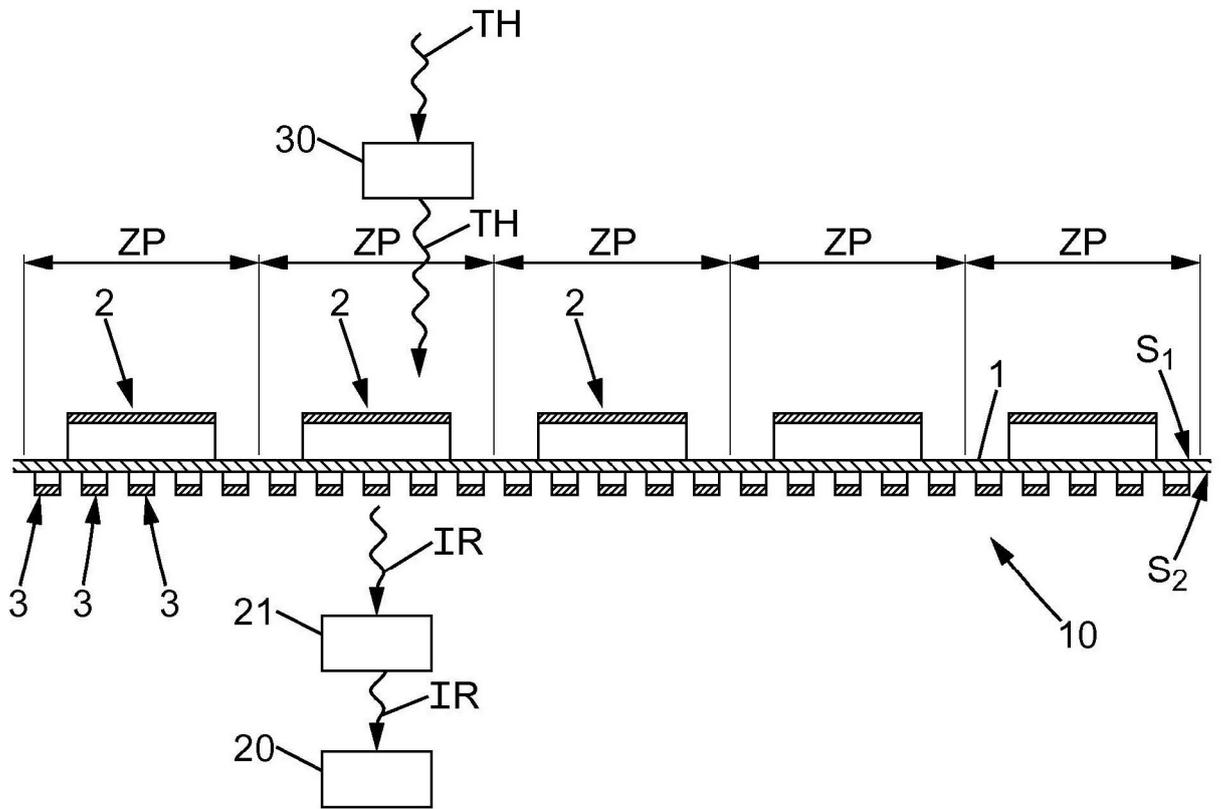


FIG. 1

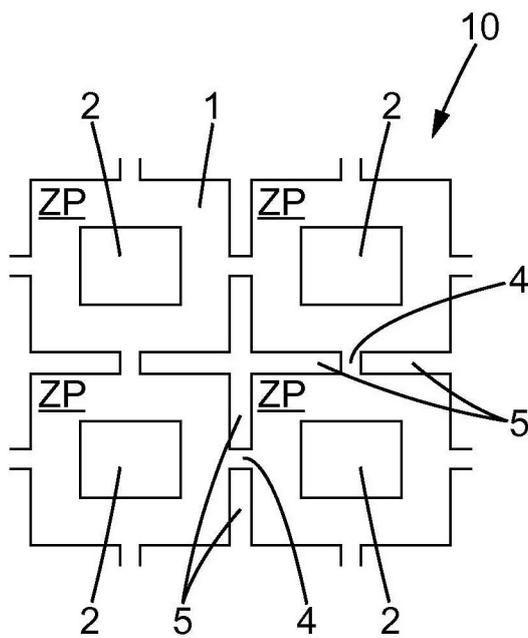


FIG. 2a

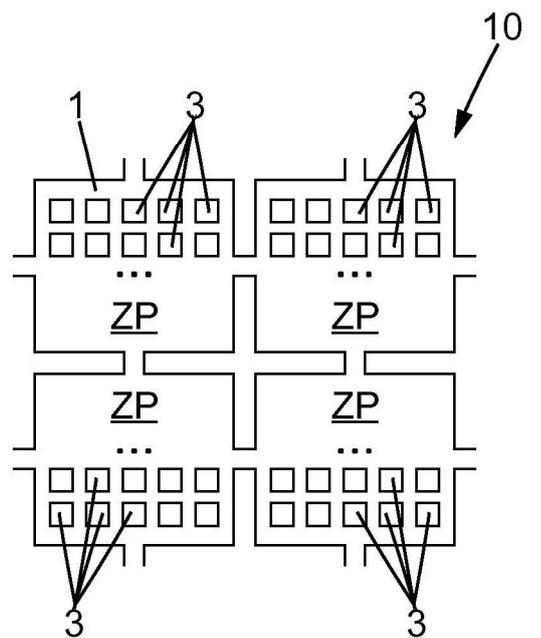


FIG. 2b

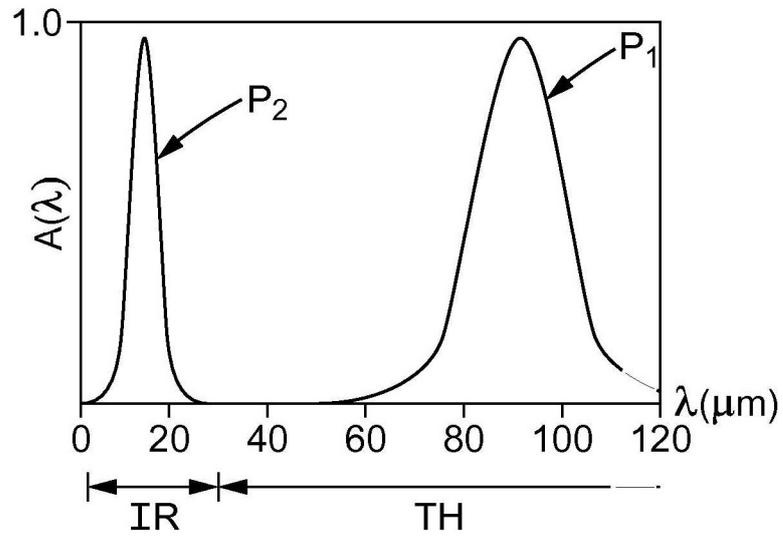


FIG. 3

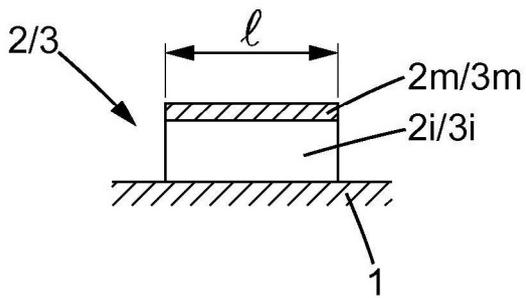


FIG. 4a

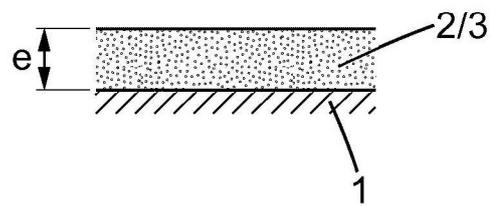


FIG. 4b

