

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 435 198**

51 Int. Cl.:

G01J 5/20 (2006.01)

H01L 27/146 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2008** **E 08798475 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2013** **EP 2181463**

54 Título: **Una estructura de píxel que tiene un absorbente de tipo paraguas con uno o más rebajes o canales calibrados para aumentar la absorción de radiación**

30 Prioridad:

03.12.2007 US 949367

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

16.12.2013

73 Titular/es:

DRS RSTA, INC. (100.0%)
13544 North Central Expressway
Dallas, TX 75243, US

72 Inventor/es:

SKIDMORE, GEORGE D. y
HOWARD, CHRISTOPHER G.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 435 198 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

Una estructura de píxel que tiene un absorbente de tipo paraguas con uno o más rebajes o canales calibrados para aumentar la absorción de radiación

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a una estructura de píxel de una matriz de plano focal basada en bolómetros.

10 Antecedentes de la invención

Los detectores de infrarrojos se usan en diversidad de aplicaciones para proporcionar una salida eléctrica que es una medida útil de la radiación infrarroja incidente. Por ejemplo, los detectores cuánticos son un tipo de detector de infrarrojos que se utilizan a menudo con fines de visión nocturna en diversidad de aplicaciones militares, industriales y comerciales. Los detectores cuánticos generalmente funcionan a temperaturas criogénicas y por lo tanto necesitan un aparato de enfriamiento criogénico. Como resultado, los detectores cuánticos que funcionan a temperaturas criogénicas pueden tener un diseño relativamente complejo y generalmente consumen cantidades significativas de energía.

15

20

Otro tipo de detector de infrarrojos es un detector térmico. Los detectores térmicos están típicamente no refrigerados y por lo tanto funcionan generalmente a temperatura ambiente. Un tipo de detector térmico que se ha desarrollado y se está volviendo cada vez más popular es una matriz de plano focal no refrigerada basada en microbolómetros. Una matriz de plano focal generalmente incluye una pluralidad de estructuras de píxel, cada una de las cuales incluye un bolómetro dispuesto sobre un sustrato común. Cada bolómetro incluye un elemento transductor que tiene una resistencia eléctrica que varía como resultado de los cambios de temperatura producidos por la radiación infrarroja incidente. Se puede obtener una medida de la radiación infrarroja incidente detectando cambios en la resistencia eléctrica. Ya que el diseño de una matriz de plano focal no refrigerada basada en bolómetros es generalmente menos compleja que los detectores cuánticos refrigerados criogénicamente, y ya que generalmente estas disposiciones de plano focal no refrigeradas requieren significativamente mucha menos energía que los detectores cuánticos refrigerados criogénicamente, las matrices de plano focal no refrigeradas basadas en bolómetros se están utilizando cada vez más.

25

30

Cada estructura de píxel de una matriz convencional de plano focal no refrigerada tiene un bolómetro que incluye un elemento absorbente para absorber la radiación infrarroja y un elemento transductor asociado con una resistencia eléctrica que varía a medida que varía correspondientemente su temperatura. Aunque los elementos absorbente y transductor pueden ser capas separadas de una estructura multicapa, el elemento absorbente y el elemento transductor pueden a veces ser el mismo elemento físico.

35

En funcionamiento, la radiación infrarroja incidente sobre el elemento absorbente calentará el elemento absorbente. Ya que el elemento absorbente y el elemento transductor están en contacto térmico, el calentamiento del elemento absorbente calentará correspondientemente el elemento transductor, causando por tanto que cambie la resistencia eléctrica del elemento transductor de una manera predeterminada. Se puede obtener una medida de la radiación incidente midiendo el cambio en la resistencia eléctrica del elemento transductor, tal como pasando una corriente conocida a través del elemento transductor.

40

45

Para permitir que el bolómetro sea sensible a cambios en la radiación infrarroja incidente, el bolómetro se diseña generalmente para minimizar la pérdida térmica al sustrato. Así, los bolómetros de matrices de plano focal convencionales tienen separados los elementos absorbente y transductor con relación al sustrato para desacoplar sustancialmente de manera térmica el sustrato relativamente masivo con relación al píxel. En este sentido, cada bolómetro incluye generalmente dos o más patas que soportan los elementos transductor y absorbente por encima del sustrato. Las patas se pueden extender entre los elementos absorbente y transductor y el sustrato, o las patas pueden conectar los elementos absorbente y transductor a pilares o similares que soportan los elementos absorbente y transductor por encima del sustrato.

50

55

Con el fin de proporcionar contacto térmico entre los elementos absorbente y transductor mientras se aísla eléctricamente el elemento transductor del elemento absorbente, el bolómetro también incluye generalmente una capa aislante eléctricamente y conductiva térmicamente dispuesta entre el elemento absorbente y el elemento transductor. Además, el bolómetro incluye típicamente otra capa aislante dispuesta en la superficie del bolómetro de cara al sustrato que sirve para soportar estructuralmente las otras capas y para proteger las otras capas durante el proceso de fabricación. Véase por ejemplo las patentes de EE.UU. n° 5.286.976, n° 5.288.649, n° 5.367.167 y n° 6.307.194 que describen las estructuras de píxel de matrices convencionales de plano focal basadas en bolómetros, cuyos contenidos se incorporan aquí mediante referencia.

60

65

Con el fin de mejorar aún más el rendimiento de estructuras de píxel convencionales, cada bolómetro puede incluir un reflector dispuesto sobre la superficie del sustrato subyacente bajo los elementos absorbente y transductor. Como tal, la radiación infrarroja que es incidente sobre el bolómetro pero pasa a su través y no se absorbe por el

elemento absorbente, será reflejada por el reflector de vuelta al elemento absorbente. Al menos una porción de la radiación reflejada será por lo tanto absorbida por el elemento absorbente durante el segundo paso a través del elemento absorbente, aumentando por tanto el porcentaje de la radiación incidente que se absorbe por el elemento absorbente.

5 Sin embargo, la estructura de píxel de matrices convencionales de plano focal basadas en bolómetros, tal como se describe en la patente de EE.UU. n° 6.307.194, aún permite que un porcentaje sustancial de la radiación reflejada pase a su través y salga del absorbente sin ser absorbido. Por otra parte, en matrices convencionales de plano focal basadas en bolómetros, el absorbente tiene una capa resistiva de absorción que tiene un grosor típico de 5,0 nm o
10 más usando técnicas de fabricación y de deposición actuales. En consecuencia, el absorbente en matrices convencionales de plano focal basadas en bolómetros tiene una resistividad de 200-350 ohmios por cuadrado, lo que limita las capacidades de absorción de la estructura convencional de píxel.

15 Por lo tanto, se necesita un absorbente mejorado que supere los problemas mencionados anteriormente y otros experimentados previamente para bolómetros. En particular, se necesita un bolómetro que tenga un absorbente con una alta resistividad y capacidades de absorción aumentadas para absorber eficazmente sustancialmente toda la radiación incidente.

20 El documento US 5602393 muestra un elemento de detector de microbolómetro, que incluye una estructura de material ópticamente absorbente que absorbe una porción de radiación incidente, y tiene una pluralidad de aberturas que difractan otras porciones de la radiación incidente. La estructura absorbente tiene una resistividad eléctrica que varía en función de su temperatura. Un director de radiación óptica redirige la radiación óptica difractada de vuelta a la estructura absorbente. La distancia entre el director de radiación y la estructura absorbente se sintoniza de manera que, para una longitud de onda de diseño predeterminada, la radiación óptica que se redirige de vuelta a la
25 estructura absorbente interfiere de manera constructiva con radiación óptica incidente que no se refleja por la estructura absorbente. La interferencia constructiva provoca que la estructura absorbente absorba sustancialmente más radiación óptica en la longitud de onda de diseño que en otras longitudes de onda. La radiación redirigida también interfiere destructivamente con la radiación óptica incidente que se refleja por la estructura absorbente, suprimiendo por tanto el reflejo de la radiación. Se conecta un circuito a la estructura absorbente para medir su
30 resistividad eléctrica.

El documento EP 0859413 A2 muestra una matriz infrarroja bidimensional de plano focal de unidades de detección de temperatura. Las unidades de detección de temperatura están dispuestas para cada píxel en una disposición bidimensional en un sustrato semiconductor. Cada unidad de detección de temperatura está formada integralmente
35 con circuitos de lectura. Cada unidad de detección de temperatura tiene una porción de detección de temperatura que se soporta por patas de soporte hechas de un material de alta resistencia térmica para reducir el flujo de calor al sustrato semiconductor. Cada unidad de detección de temperatura también tiene un elemento de detección de temperatura con una porción de absorción de rayos infrarrojos que está empalmada por al menos un pilar de empalme con el elemento de detección de temperatura.

40 El documento US 2004053435 A1 muestra un método para fabricar un dispositivo electrónico que incluye los pasos de: preparar una cavidad que define una capa de sacrificio, de la cual al menos la superficie superior está cubierta con una capa de detención de ataque químico; formar al menos una primera abertura en la capa de detención de ataque químico, exponiendo por ello parcialmente las superficie de la cavidad que define la capa de sacrificio; atacar
45 químicamente la cavidad que define la capa de sacrificio a través de la primera abertura, definiendo por ello una cavidad provisional bajo la capa de detención de ataque químico y una porción de soporte que soporta la capa de detención de ataque químico sobre ella; y eliminar por ataque químico una porción de la capa de detención de ataque químico, definiendo por ello al menos una segunda abertura que alcanza la cavidad provisional a través de la capa de detención de ataque químico y expandiendo la cavidad provisional hasta una cavidad final.

50 El documento EP 0867701 A1 muestra un método de fabricación de un detector de infrarrojos, un método para controlar la tensión en una capa de SiGe policristalina y un dispositivo de detector de infrarrojos. El método de fabricación incluye los pasos de formar una capa superficial en un sustrato; modelar la capa de sacrificio; establecer una capa que consiste esencialmente en SiGe policristalino en la capa de sacrificio; depositar un absorbente de
55 infrarrojos en dicha capa de SiGe policristalina; y retirar tras ello la capa de sacrificio. El método de controlar la tensión en una capa de SiGe policristalina depositada en un sustrato se basa en variar la presión de deposición. El dispositivo de detector de infrarrojos comprende un área activa y un absorbente de infrarrojos, en el que el área activa comprende una capa de SiGe policristalina y está suspendida por encima de un sustrato.

60 **Sumario de la invención**

Una estructura de píxel de acuerdo con la presente invención se describe en la reivindicación 1. Más realizaciones ventajosas se describen en reivindicaciones dependientes 2-15.

65 **Breve descripción de los dibujos**

Los dibujos que se acompañan, que se incorporan en y constituyen parte de esta memoria descriptiva, ilustran una implementación de la presente invención y, junto con la descripción, sirven para explicar las ventajas y los principios de la invención. En los dibujos:

- 5 la figura 1 es una vista en perspectiva de una estructura ejemplar de píxel de una matriz de plano focal consistente con la presente invención;
- la figura 2 es una vista en corte transversal en alzado lateral de la estructura de píxel a lo largo de la línea A-A indicada en la figura 1;
- 10 la figura 3 es una vista arrancada expandida ejemplar de una sección de la estructura de píxel con referencia C en la figura 2, donde la sección de estructura de píxel representa un rebaje o canal formado en una capa de absorción de la estructura de píxel de acuerdo con la presente invención;
- 15 la figura 4 representa una vista de nivel superior del trazado de la estructura de píxel con un bolómetro con un absorbente formado de acuerdo con un ejemplo que no forma parte de la presente invención, en el que el absorbente se forma sin un rebaje o canal;
- la figura 5 representa una vista de nivel superior del trazado de una estructura de píxel con un bolómetro con un absorbente formado de acuerdo con la presente invención, en el que el absorbente está formado para tener un primer número predeterminado de canales formados a través del mismo;
- 20 la figura 6 representa una vista de nivel superior del trazado de una estructura de píxel con un bolómetro con un absorbente formado de acuerdo con la presente invención, en el que el absorbente se forma para tener un segundo número predeterminado de canales formados a través del mismo y el segundo número de canales es mayor que el primer número de canales; y
- 25 la figura 7 es un gráfico que representa el porcentaje de radiación reflejada (o no absorbida) frente a la longitud de onda de radiación para un bolómetro de técnica anterior, el bolómetro de la figura 4, el bolómetro de la figura 5, y el bolómetro de la figura 6.
- 30

Descripción detallada de la invención

35 Ahora se hará referencia en detalle a una implementación de acuerdo con métodos, sistemas y productos consistentes con la presente invención como se ilustra en los dibujos que se acompañan.

La figura 1 es una vista en perspectiva de una realización de una estructura de píxel 100 consistente con la presente invención. La figura 2 ilustra una vista en corte transversal en alzado lateral de la estructura de píxel 100. Como se muestra, la estructura de píxel 100 incluye un sustrato 102 y un bolómetro 104 dispuesto sobre el sustrato. Como saben los expertos en la técnica, una matriz de plano focal incluye típicamente una matriz de estructuras de píxel para usar en un dispositivo de formación de imágenes, como un detector de infrarrojos no refrigerado. Aunque la matriz puede tener diferentes tamaños, tales como 320 filas por 240 columnas, la matriz de plano focal de un ejemplo común incluye una matriz de estructuras de píxel dispuestas en 640 filas por 240 columnas. Para los propósitos de la ilustración, sin embargo, una única estructura de píxel se representa con la comprensión de que las otras estructuras de píxel de la matriz de plano focal se pueden construir de un modo parecido.

40

45

Aunque no se ilustra, la matriz de plano focal para un detector de infrarrojos está dispuesta típicamente dentro de un alojamiento que está sellado para establecer una cámara de vacío. El alojamiento incluye típicamente una ventana formada de un material transparente a la radiación infrarroja de forma que el incidente de radiación infrarroja sobre el alojamiento se puede sentir por una o más estructuras de píxel de la matriz de plano focal. Ver, por ejemplo, la patente US 625229B1 que describe alojamientos y técnicas para sellar los alojamientos en los que se disponen las matrices de plano focal, cuyos contenidos se incorporan aquí como referencia.

50

El sustrato 102 es un sustrato microelectrónico y, como tal, está formado típicamente de silicón aunque se pueden utilizar otros materiales. El circuito está típicamente formado encima o debajo de la superficie del sustrato de una forma conocida para los expertos normales en la técnica con el fin de proporcionar adecuadamente señales y señales de proceso que se reciben de las respectivas estructuras de píxel, permitiendo así que cada estructura de píxel sea interrogada para determinar por tanto el incidente de radiación. Como se muestra en la figura 1, en conjunción con una realización en la que la matriz de plano focal incluye una matriz de estructura de píxel 100, el circuito incluye preferiblemente elementos de selección de fila y columna 106 para permitir otros individuales de estructuras de píxel para ser abordados. Como se sabe por los expertos en la técnica el circuito puede también incluir otro circuito dispuesto sobre el sustrato en comunicación eléctrica con los elementos de selección de fila y/o columna para procesar las señales transmitidas o recibidas desde las respectivas estructuras de píxeles.

55

60

El bolómetro 106 incluye un transductor 108 con una relación de separación con respecto al sustrato 102 y un absorbente 110 apoyado en una relación de separación con respecto a ambos, el sustrato y el transductor. El

65

absorbente tiene una conexión térmica (por ejemplo, a través de un puesto 111 en las figuras 1-2) con el transductor permitiendo la radiación absorbida por el absorbente para calentar el transductor. Ya que el absorbente 110 está separado del transductor 108, las características del transductor y del absorbente se pueden optimizar individualmente. Por ejemplo, las características de absorción del absorbente se pueden maximizar para aumentar la sensibilidad de la respectiva estructura de píxel. Como aquí se describe adicionalmente, el absorbente 110 tiene uno o más rebajes o canales (por ejemplo, 112a y 112b) en el absorbente 110 que aumenta eficazmente la resistividad, resistencia de lámina, y la capacidad de absorción del absorbente 110.

El transductor 108 está formado de un material que tiene una resistencia eléctrica que varía en respuesta a cambios en su temperatura. Por ejemplo, el transductor 108 puede estar formado de óxido de vanadio VO_x , óxido de titanio TiO_x , u otro material que tenga una resistencia eléctrica que varíe predeciblemente en un modo significativo en respuesta a cambios en su temperatura. El transductor 108 puede estar dispuesto sobre una capa aislante 114 que sirva para proteger y soportar el transductor 108. Mientras el material que forma la capa aislante es eléctricamente aislante, el material también se selecciona preferiblemente y la capa aislante se moldea preferiblemente para ayudar en aislar térmicamente al transductor del sustrato 102, reduciendo por tanto la pérdida térmica al sustrato. La capa aislante 114 puede estar formada de dióxido de silicón SiO_2 , u otro material aislante moldeado para definir un par de patas 116 con un diseño serpenteante para aumentar el aislamiento térmico del transductor 108. Por ejemplo, la patente US 6.307.194 describe la formación de un par de patas 116 con un diseño serpenteante para soportar un transductor sobre un sustrato, cuyos contenidos se incorporan aquí como referencia. Aunque no se ilustra, el transductor 108 también puede estar cubierto con una capa protectora, igual que otra capa aislante formada de capa de dióxido de silicón, una capa de nitruro, o una capa de pasivación poliamida. Para los propósitos de la descripción, el elemento transductor 108 igual que las capas aislantes que lo rodean, serán referenciadas colectivamente como la capa de transductor 109.

Como se muestra en la figura 2, el bolómetro 104 también puede incluir un reflector 118 dispuesto sobre o en el sustrato 102 y debajo del transductor 106 de forma que el reflector 118 también subyace al menos una porción del absorbente 110. Por ejemplo, después de que se haya formado el circuito sobre el sustrato 10, como a la recepción del sustrato de una fundición IC, una capa de material se modela en la superficie para ser el reflector. Esta capa define el lado inferior de la cavidad óptica para absorción. El lado superior de la cavidad se define por el absorbente 110 formado más tarde en el proceso de fabricación como se describe aquí en más detalle. El reflector 118 puede estar formado a partir de diversidad de materiales, tales como aluminio o titanio.

Como se muestra en la figura 2, la capa de transductor 109 está espaciada del sustrato subyacente 102 por un hueco G_1 . Aunque el hueco G_1 puede tener diferentes tamaños sin salir del espíritu y el alcance de la presente invención, el hueco está preferiblemente dentro de un rango de 0,8 a 1,2 micras. El absorbente 110, a su vez, está espaciado a una distancia predeterminada de la capa de transductor 109. En una implementación, el absorbente 110 está espaciado por un hueco G_2 , que está dentro de un rango de 0,8 a 2,4 micras desde la capa del transductor 109. El espesor combinado G_3 de los dos huecos $G_1 + G_2$ tiene una separación combinada de aproximadamente un cuarto de la longitud de onda de la radiación que el absorbente 110 está diseñado para absorber preferentemente, tal como unas 2 a 3,5 micras para un absorbente diseñado para absorber preferentemente radiación infrarroja que tiene una longitud de onda de 8 a 14 micras.

La capa del transductor 109 puede estar espaciada del sustrato 102 de diversidad de maneras. Por ejemplo, la capa aislante 114 puede incluir un par de patas 116 que están en ángulo o inclinadas hacia abajo al sustrato 102. Alternativamente, las patas 116 del bolómetro se pueden extender como se muestra en la figura 1 a respectivos pilares 120 que se extienden hacia fuera de una forma ortogonal desde el sustrato 102 para soportar la capa de transductor 109 por encima del sustrato 102. Como la capa de transductor, los pilares 120 son típicamente una estructura compuesta formada por un material conductor eléctricamente, como el cromo o níquel-cromo (conocido comúnmente como nicromo o NiCr), que se extiende a través de un material aislante eléctricamente como el SiO_2 , con el fin de proporcionar contacto eléctrico entre el elemento transductor 108 y el circuito dispuesto por encima del sustrato 102. Aislando térmicamente el elemento transductor 108 del sustrato, se reduce la pérdida térmica desde el bolómetro al sustrato.

El bolómetro incluye además huellas conductoras 122 que se extienden desde el elemento transductor 108 a unos respectivos pilares 120 y, más particularmente, a la porción eléctricamente conductiva de cada pilar, conectando por tanto eléctricamente el elemento transductor al circuito dispuesto por encima del sustrato 102. Como se describe anteriormente en conjunción con el elemento transductor, las huellas conductoras se depositan generalmente por encima de la capa aislante 112 y, aunque no se ilustra, las huellas conductoras también pueden estar cubiertas con otra capa aislante con el fin de proteger las huellas conductoras y las señales que se propagan a lo largo de la misma. Como se describe más adelante, las huellas conductoras se depositan más preferiblemente sobre las patas serpenteantes 116 de la capa aislante 114 con el fin de extenderse desde el elemento transductor 108 a los respectivos pilares 120. Como se explica más adelante, el circuito por tanto se puede controlar para pasar la corriente a través del elemento transductor 108 de forma que la resistencia del elemento transductor puede monitorizarse correspondientemente, proporcionando así una medida de la incidente radiación sobre el bolómetro.

Como se ha señalado anteriormente, el absorbente 110 está espaciado de la capa de transductor 109 por medio de

uno o más postes 111, que funcionan como una conexión térmica entre el absorbente 110 y el transductor 108. El único o más postes 111 también permiten al absorbente cubrir el transductor en una configuración tipo paraguas. En la implementación mostrada en la figura 2, el bolómetro incluye un único poste 111 que se extiende hacia el exterior desde el elemento transductor 108 con el fin de soportar una porción central del absorbente 110 en una relación de separación con respecto al transductor 108. Sin embargo, en una implementación alternativa, el bolómetro 104 puede emplear uno o más postes 111 situados en posiciones que no sean una porción central del absorbente 110. Cada poste 111 está formado de un material conductor. En una implementación, cada poste 111 está formado de dióxido de silicón SiO_2 , que también se puede usar para formar la capa aislante 114 cubriendo el transductor. Sin embargo, en esta implementación, cada poste 111 tiene un tamaño y forma que permite que el calor sea eficazmente transferido desde el absorbente 110 al elemento transductor 108. A la inversa, las patas 116 de la capa aislante 114 tiene un tamaño y forma que limita eficazmente la transmisión de calor entre el elemento transductor y el sustrato 102. En este sentido, la longitud del respectivo poste 111 es generalmente mucho menor que la anchura del poste de forma que el poste es bastante conductor térmicamente. Por ejemplo, mientras cada poste 111 puede tener diversidad de tamaños, en una implementación el poste tiene una longitud que es igual o menor de 1 micra y una anchura que es igual o mayor de 4 micras. En contraste, la longitud de cada pata de la capa aislante es muchas veces mayor que la respectiva anchura. Mientras se pueden utilizar múltiples postes para soportar al absorbente en una relación de separación con respecto a la capa de transductor, toda la masa térmica del poste(s) es preferible y relativamente pequeña con respecto al absorbente y el transductor con el fin de permitir que la constante de tiempo del bolómetro sea también relativamente pequeña. La masa térmica del absorbente 110 y de la capa de transductor 109 también deben ser pequeñas para producir una constante de tiempo térmica más rápida. La constante de tiempo térmica se define como la masa térmica del píxel dividida por la conducción térmica del píxel. Así, una reducción en la masa térmica lleva directamente a una constante de tiempo térmica más pequeña/más rápida. Como se describe más adelante con mayor detalle, un rebaje o canal 112a o 112b en el absorbente 110 contribuye ventajosamente a una reducción de la masa térmica y por tanto a una constante de tiempo más pequeña/más rápida para el bolómetro 104.

Como se muestra en las figuras 1-2, el absorbente 110 comprende una capa de absorción 124 formada de un material que absorbe con fuerza la radiación de una longitud de onda predeterminada o rango de longitud de onda de interés, como radiación infrarroja con una longitud de onda de 8 a 14 micras. Por ejemplo, la capa de absorción 124 puede estar formada de nicromo (NiCr) u otro metal o aleación altamente resistente. Además, para aumentar la resistencia de lámina del absorbente y mejorar las capacidades de absorción de la capa de absorción 124, la capa de absorción 124 está formada para tener un grosor (ejemplo, con referencia "d₁" en la figura 3) que es menor de 10,0 nm y preferiblemente dentro de un rango de 1,5 a 5,0 nm. El efecto del grosor (d₁) de la capa de absorción 124 en la resistencia de lámina (R_s) de la capa de absorción 124 se describe más adelante. La resistencia (R) de la capa de absorción 124 se refleja en la ecuación 1:

$$R = \rho * L / A \quad (1)$$

donde ρ es la resistividad de la capa de absorción 124 y L y A son su longitud y área de sección transversal, respectivamente. Si W es la anchura de la capa de absorción 124 y d₁ su grosor (es decir, $A = Wt$), entonces la resistencia se puede representar como se muestra en la ecuación 2:

$$R = (\rho/d_1) (L/W) = R_s (L/W) \quad (2)$$

donde $R_s = \rho/d_1$ es la resistencia de lámina de la capa de absorción 124. Como L/W no tiene unidades y la resistencia R se expresa en ohmios, para evitar confusión entre la resistencia R y la resistencia de lámina R_s de una capa, la resistencia de lámina R_s se especifica comúnmente en unidad de "ohmios por cuadrado" y la proporción L/W tiene referencias como el número de unidades cuadradas (de cualquier tamaño) de material en el resistor. En consecuencia, la resistencia de lámina (R_s) de la capa de absorción 124 se puede aumentar independientemente del área de sección transversal o del tamaño de la capa de absorción 124 formando la capa de absorción 124 para ser tan fina como sea posible usando técnicas de deposición conocidas. En una implementación en la que la capa de absorción 124 está formada de NiCr para tener un grosor de 10,0 nm, la capa de absorción 124 tiene una resistencia de lámina de 100 ohmios por cuadrado. En otra implementación en la que la capa de absorción 124 está formada de NiCr para tener un grosor de 5,0 nm, la capa de absorción 124 tiene una resistencia de lámina de aproximadamente 400 ohmios por cuadrado.

Sin embargo, cuando la capa de absorción 124 está formada de material metal o aleación altamente resistente (como NiCr) para tener un grosor de 10,0 nm o menos, la capa de absorción 124 se vuelve menos rígida y puede requerir una capa base de apoyo para mantener el hueco G₂ entre el absorbente 110 y el transductor 110. En consecuencia, el absorbente 110 puede incluir una capa base 126 sobre la que se forma la capa de absorción 124. En esta implementación, la capa base 126 se forma en el poste 111. La capa base 126 se forma de un material rígido y ligero, (como óxido de silicón SiO_x , o nitruro de silicón, Si_xN_y) que mantienen su forma en un grosor relativamente fino (por ejemplo, "d₂" en la figura 3) de forma que la capa base 126 mantiene la relación espacial (por ejemplo, el hueco G₂) entre el absorbente 110 y la capa de transductor 109. En una implementación, cuando la capa de absorción 124 está formada para tener un grosor d₁ que es igual o menor de 10,0 nm la capa base 126 o el

absorbente 110 está formado de SiO_x , para tener un grosor que es igual o mayor de 100,0 nm.

Como se muestra en las figuras 1-3, el absorbente 110 puede comprender también una capa protectora 128 formada sobre la capa de absorción 124 de forma que la capa de absorción 124 está intercalada entre la capa base 126 y la capa protectora 128. La capa protectora 128 puede estar formada de SiO_x , Si_xN_y , u otro material tipo pasivación. En una implementación, cuando la capa protectora 124 se forma para tener un grosor d_1 que es igual o menor de 10,0 nm, la capa base 126 del absorbente 110 está formada de SiO_x , para tener un grosor d_3 que es igual o mayor de 40,0nm.

Se nota que en las figuras 1-3 el grosor de capa base d_2 , el grosor de capa de absorción d_1 y el grosor de capa protectora d_3 , no están dibujadas a escala. Mientras la capa de absorción tiene un grosor sustancialmente más pequeño que tanto la capa base como la capa protectora, para propósitos de la ilustración, el grosor de capa de absorción se representa visiblemente discernible de la capa base y la capa protectora.

Como se discutió previamente, una porción significativa (por ejemplo, 20% o más) de radiación infrarroja que es incidente sobre un bolómetro convencional pasa a través y no se absorbe por el elemento absorbente. El reflector en el bolómetro refleja la porción de radiación no absorbida de vuelta hacia el elemento absorbente. Sin embargo, una porción significativa (por ejemplo, 20% o más) de la radiación reflejada no se absorbe por el elemento absorbente del bolómetro convencional durante su segundo pase a través del elemento absorbente, pero pasa a través y sale del elemento absorbente.

De acuerdo con la presente invención, la capa de absorción 124 del bolómetro 104 está formada por material de metal o aleación altamente resistiva (como NiCr) para tener un grosor d_1 de 10,0 nm o menos, que mejora significativamente la capacidad de absorción del bolómetro 104 sobre el bolómetro convencional de forma que el bolómetro 104 absorbe más incidente radiación sobre un lado superior 130 del bolómetro 104 y más radiación reflejada de vuelta al bolómetro 104 a través del reflector 118. Sin embargo, la capa de absorción 124 del bolómetro 104 puede permitir aún una porción (por ejemplo, menos del 20%) de radiación reflejada para pasar a través y salir de la capa de absorción 124 sin ser absorbida.

En consecuencia, para mejorar la resistencia de lámina y la capacidad de absorción del absorbente 110, el absorbente 110 está formado para tener uno o más rebajes o canales 112a y 112b definido por el lado superior del absorbente 110 como se muestra en las figuras 1-3. Cada rebaje o canal 112a y 112b se adapta para afectar a la trayectoria de propagación de una porción de radiación recibida por el absorbente de forma que la porción de radiación se absorbe por el absorbente 110 más que salir del absorbente 110. Cada rebaje o canal 112a y 112b tiene una anchura o longitud característica (w) que es menor que una longitud de onda predeterminada o un rango de longitudes de onda predeterminado (por ejemplo, la banda de longitud de onda de infrarrojos de 8 a 14 micras) asociada con la porción de radiación para ser absorbida por la capa de absorción 124. En una implementación, cada rebaje o canal 112a y 112b se forma para tener una anchura o longitud característica (w) que está dentro de un rango de 1,4 micras a 3 micras de forma que el absorbente 110 se adapta para efectuar la trayectoria de propagación de radiación recibida por el absorbente 110 que tiene una longitud de onda igual o mayor de 3 micras y, así, esas longitudes de ondas que están en la banda infrarroja de 8 a 14 micras.

Como se muestra en la figura 3, una porción de la radiación 302 que es incidente sobre el lado superior 130 de la capa de absorción 124 y que tiene una longitud de onda mayor que la anchura (w) del rebaje o canal 112a puede propagar en una trayectoria al rebaje o canal 112a. Como el rebaje o canal 112a tiene anchura o longitud característica (w) que es menor que la longitud de onda de la radiación incidente 302, la trayectoria de propagación de la radiación incidente 302 se altera o redirige para permitir que la capa de absorción 124 absorba la porción de radiación 302 en lugar de salir del absorbente 110. Además, como se representa en la figura 3, cada rebaje o canal 112a y 112b pueden estar dispuestos en el absorbente 110 con relación al reflector 118 de tal forma que los respectivos rebajes 112a y 112b efectúan la trayectoria de propagación de la radiación 304 reflejada por el reflector 118 hacia el absorbente 110 de forma que la radiación reflejada 110 se absorbe por la capa de absorción 124 en lugar de salir del absorbente 110.

La forma del rebaje o canal 112a o 112b puede tener forma cuadrada, trapezoidal, rectangular, circular o cualquier otra con una anchura o longitud característica (w) que se puede calibrar para que sea menor que una longitud de onda predeterminada o un rango de longitudes de onda predeterminado de interés. La longitud característica para un rebaje o canal de forma circular 112a o 112b, por ejemplo, es su diámetro. Aunque la capa de absorción 124 se representa con canales 112a y 112b formados como un respectivo pasaje a través del lado superior 130 y un lado inferior 132 del absorbente 110, los canales 112a y 112b se pueden formar como rebajes tanto en el lado superior 130 o lado inferior 132 del absorbente 110 sin formar un pasaje al otro lado 132 o 130. Los rebajes o canales 112a y 112b se puede formar en el absorbente 110 usando un patrón fotolitográfico y técnicas de ataque químico.

Una ventaja adicional de resistencia de lámina aumentada (R_s) de la capa de absorción 124 se logra eliminando selectivamente el material de capa base (por ejemplo, SiO_x) y/o el material de capa protectora (por ejemplo, SiO_x) igual que el material de capa de absorción 124 (por ejemplo NiCr) para formar los rebajes o canales 112a y 112b. Cuando la capa de absorción 124 se deposita o forma un grosor predeterminado d_2 , la resistencia de lámina (R_s =

Rho/d₁) se aumenta reduciendo el porcentaje de densidad de material restante del absorbente 110 como se refleja en la ecuación 3:

$$R_s \text{ con canales} = (R_s \text{ sin canales}) / (\% \text{ de densidad de material restante}) \quad (3)$$

5 Por ejemplo, en una implementación del bolómetro 104, como se discute más adelante, la capa de absorción 124 estaba formada por un grosor d₁ correspondiente a 350 ohmios por cuadrado antes de formar canales 112a y 112b. En esta implementación, una pluralidad de canales 112a y 112b, se formaron alrededor de un centro del absorbente 110 de forma que el porcentaje de densidad de material restante o volumen del absorbente 110 era una mitad correspondiente (1/2) o 50 por ciento. La resistencia de lámina R_s con los canales 112a y 112b se aumentó a 700
10 ohmios por cuadrado de acuerdo con la ecuación 3 como se muestra más abajo:

$$R_s \text{ con canales (700 ohmios por cuadrado)} = R_s \text{ sin canales (300 ohmios por cuadrado)} / 50\% \text{ de densidad de material restante}$$

15 Para medir la capacidad de absorción aumentada de un bolómetro formado de acuerdo con la presente invención frente un bolómetro de técnica anterior, se fabricaron y probaron bajo las mismas condiciones de radiación cuatro estructuras de píxel diferentes con cuatro bolómetros diferentes. La primera estructura de píxel (no mostrada en los dibujos) se fabricó para tener una estructura de bolómetro convencional como se describe en las figuras 1-2 de la patente US 6.307.194. El bolómetro convencional se formó para tener una capa de absorción de NiCr con un grosor de 10,0 nm que corresponden a una resistencia de lámina (R_s) de 200 ohmios por cuadrado.

20 La figura 4 representa una vista de nivel superior de la disposición de la segunda estructura de píxel 400 fabricada y probada. La segunda estructura de píxel 400 se fabricó de acuerdo con un ejemplo que no forma parte de la presente invención para tener un bolómetro 402 consistente con el bolómetro 104 de la estructura de píxel 100, excepto el absorbente 404 (lado superior en la vista de la figura 4) del bolómetro 402 se formó sin un receso o canal 112a y 112b. El poste 406 (consistente con el poste 111) del bolómetro 402 se muestra a través del absorbente 404
25 en la figura 4, pero no es un rebaje o canal del absorbente 404. El absorbente 404 se formó para tener una capa de absorción de NiCr con un grosor de aproximadamente 5,7 nm, que corresponde a una resistencia de lámina (R_s) de 350 ohmios por cuadrado.

30 La figura 5 representa una vista de nivel superior de la tercera estructura de píxel 500 fabricada y probada. La tercera estructura de píxel 500 se fabricó de acuerdo con la presente invención para tener un bolómetro 502 consistente con el bolómetro 104 de la estructura de píxel 100, donde el absorbente 504 del bolómetro 502 se formó para tener setenta y ocho (78) canales 508 (consistente con canales 112a y 112b) formados en o a través del mismo. Los canales 508 se formaron alrededor de un centro del absorbente 502. Cada uno de los canales 508 se formó para tener una anchura o longitud característica (w) de aproximadamente 1,4 micras, que es menos de la
35 longitud de onda predeterminada de 8 micras asociada con el comienzo de la banda de radiación infrarroja (por ejemplo, 8-14 micras). El poste 506 (consistente con el poste 111) del bolómetro 502 refleja la posición central del absorbente 502. El poste 506 del bolómetro 502 se muestra a través del absorbente 504 en la figura 5 pero no es un rebaje o canal del absorbente 504. El absorbente 504 se formó para tener una capa de absorción de NiCr con un grosor de aproximadamente 5,7 nm, que corresponde a una resistencia de lámina (R_s) de 350 ohmios por cuadrado antes de que se formaran los 78 canales en el absorbente 504. Como se muestra en la figura 5 los canales 508 desplazan colectivamente aproximadamente un tercio de un volumen de un absorbente 504 de forma que aproximadamente dos tercios del material absorbente 504 permanece, resultando en un aumento de la resistencia de lámina desde 350 ohmios por cuadrado a aproximadamente 525 ohmios por cuadrado total, o 700 ohmios por cuadrado en las proximidades a los canales de acuerdo con la presente invención.

45 La figura 5 representa una vista de nivel superior de la disposición de la cuarta estructura de píxel 600 fabricada y probada. La cuarta estructura de píxel 600 se fabricó de acuerdo con la presente invención para tener un bolómetro 602 consistente con el bolómetro 104 de la estructura de píxel 100, donde el absorbente 604 del bolómetro 602 se formó para tener ciento tres (103) canales 608 (consistente con canales 112a y 112b) formados en o a través del mismo. Los canales 608 se formaron alrededor de un centro del absorbente 602. Cada uno de los canales 608 se formaron para tener una anchura o longitud característica (w) de aproximadamente 1,4 micras, que como se notó anteriormente, es menor que una longitud de onda predeterminada de 8 micras asociadas con el comienzo de la banda de radiación infrarroja (por ejemplo, 8-14 micras). El poste 606 (consistente con el poste 111) del bolómetro 602 refleja la posición central del absorbente 602. Aunque el poste 606 del bolómetro 602 es visible a través del
50 absorbente 604 en la figura 6, el poste 606 no es un rebaje o canal del absorbente 604. El absorbente 604 se formó para tener una capa de absorción de NiCr con un grosor de aproximadamente 5,7 nm, que corresponden a una resistencia de lámina (R_s) de 350 ohmios por cuadrado antes de que se formaran 103 canales en el absorbente 604. Como se muestra en la figura 6, los canales 608 colectivamente desplazan aproximadamente una mitad del volumen del absorbente 604 de forma que aproximadamente la mitad del material absorbente 604 permanece, resultando en un aumento de la resistencia de lámina de 350 ohmios por cuadrado a aproximadamente 700 ohmios por cuadrado de acuerdo con la presente invención. Aunque no se muestra en los dibujos, la estructura de paraguas de un absorbente formado de acuerdo con la presente invención puede tener una resistencia de lámina de aproximadamente 1000 ohmios por cuadrado cuando la capa de absorción tiene un grosor (d₁) de aproximadamente
60

100 nm o menos, la capa base tiene un grosor (d2) de aproximadamente 90,0 nm o mayor, la capa protectora tiene un grosor (d3) de aproximadamente 40,0 nm o mayor y la capa de absorción se forma para tener una densidad de canal de cuatro quintos o menos (es decir, así la densidad de material de capa de absorción restante es un quinto o más) basada en el grosor de la capa de absorción.

5 Cada absorbente (por ejemplo, el absorbente de la técnica anterior y los absorbentes 404, 504 y 604) de las cuatro diferentes estructuras de píxel fue radiado con el mismo nivel de radiación para longitudes de onda de 8 a 16 micras. La cantidad de radiación reflejada por el respectivo absorbente se midió por cada longitud de onda de radiación y separadamente trazó en el gráfico representado en la figura 7. Hay que notar que la radiación reflejada medida
10 representa la radiación que no fue absorbida por el respectivo absorbente o bien cuando la radiación pasa inicialmente a través del absorbente o después de estar reflejada por el reflector implementado en el respectivo bolómetro. Una reflectancia de "0" en la figura 7, representa ninguna radiación saliendo del absorbente o, en otras palabras, 100% de la radiación fue absorbida por el absorbente. A la inversa, una reflectancia de "1" (no mostrada en la figura 7) indica que toda la radiación fue reflejada por el absorbente o, en otras palabras, 0% de la radiación fue absorbida por el absorbente.
15

Como se muestra en la figura 7, el gráfico 702 de la porción de radiación reflejada (en lugar de absorbida) por el absorbente del bolómetro convencional discutido anteriormente es aproximadamente 20% o más que los gráficos 704, 706 y 708 de la respectiva porción de radiación reflejada (en lugar de absorbida) por los bolómetros 402, 502 y 602 fabricados de acuerdo con la presente invención. La diferencia en capacidad de absorción entre el absorbente del bolómetro convencional y el absorbente 402 sin rebajes o canales en o a través del mismo se atribuye a la diferencia en estructura de los respectivos absorbentes y la diferencia en grosor de las respectivas capas absorbentes.
20

El gráfico 704 de la porción de radiación reflejada (en lugar de absorbida) por el absorbente del bolómetro 402 sin rebajes o canales en o a través del mismo es significativamente mayor que los gráficos 706 y 708 de la respectiva porción de radiación reflejada (en lugar de absorbida) por los bolómetros 502 y 602 fabricados de acuerdo con la presente invención para tener canales 508 y 608 especialmente dentro del rango de longitud de onda de 9 a 10 micras. La diferencia en capacidad de absorción entre el absorbente 404 del bolómetro 402 y cada uno de los absorbentes 502 o 602 se atribuye a los rebajes o canales 508 o 608 formados en los respectivos absorbentes 502 y 602. Los rebajes o canales 508 o 608 tienen cada uno una anchura o longitud característica (w) que es menor de 8 micras o menor que cualquiera de las longitudes de ondas de radiación en la banda de longitudes de onda de 8-16 micras usada para probar los absorbentes como se muestra en la figura 7. Así, los rebajes o canales 508 o 608 fueron capaces de refractar o efectuar la trayectoria de propagación de una porción sustancial (por ejemplo, aproximadamente 95% de media) de radiación recibida por el absorbente 504 y 604 de forma que la porción de radiación se absorbe por el absorbente en lugar de permitirle salir del absorbente. En el rango de 9 a 10 micras, el efecto de los rebajes o canales 508 y 608 es incluso más sustancial. El material óxido utilizado para formar la capa base y capa protectora para el absorbente 404 sin rebajes o canales tiene un impacto en la habilidad de una porción de la radiación dentro del rango de 9 a 10 micras incidentes en el absorbente 404 de alcanzar y, así, siendo absorbidos por la capa de absorción del absorbente 404. Como un tercio o más de la capa base y capa protectora se elimina o se desplaza por los canales 508 o 608 del absorbente 504 o 604, el material de capa base restante y material de capa protectora del absorbente 504 o 604 afecta menos a la capacidad de que longitudes de onda de 9 a 10 micras alcancen la capa de absorción debido a los canales 508 y 608. Los canales 508 y 608 también disminuyen significativamente la masa térmica del absorbente, permitiendo que el respectivo bolómetro 502 o 602 tenga una constante de tiempo térmica más rápida.
25
30
35
40
45

Además, el gráfico 706 de la porción de radiación reflejada (en lugar de absorbida) por el absorbente 504 del bolómetro 502 con un número predeterminado de canales 508 (es decir, 78 canales) también es sensiblemente superior que el gráfico 708 de la respectiva porción de radiación reflejada (en lugar de absorbida) por el absorbente 604 del bolómetro 602 con un segundo número predeterminado de canales 608 (es decir, 103 canales). Así, un aumento en la densidad del canal y reducción en la densidad del material absorbente restante (por ejemplo, reducción adicional en la capa base y capa protectora) resulta en un aumento adicional de la capacidad de absorción igual que resistencia de lámina de un absorbente (por ejemplo, el absorbente 604) fabricado de acuerdo con la presente invención.
50
55

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de píxel (100) para usar en un generador de imágenes infrarrojo, que comprende:
- 5 - un sustrato (102), y
- un bolómetro (104) que comprende:
- 10 un transductor (108) que tiene una relación de separación con respecto a dicho sustrato, teniendo el transductor una resistencia eléctrica que varía en respuesta a cambios en la temperatura del transductor, y
- un absorbente (110) que tiene una conexión térmica con el transductor que permite que la radiación absorbida por el absorbente caliente el transductor;
- 15 en la que el absorbente tiene un lado superior (130) que define un rebaje (112a, 112b) en el absorbente, estando el rebaje adaptado para afectar a la trayectoria de propagación de una porción de radiación recibida por el absorbente de tal manera que la porción de radiación es absorbida por el absorbente en vez de salir del absorbente;
- 20 caracterizada porque el absorbente tiene una relación de separación con respecto al transductor e incluye una capa de absorción (124) que tiene un grosor que es de 10 nanómetros o menos.
2. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el rebaje es un canal a través del absorbente.
- 25 3. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la porción de radiación corresponde a un rango de λ y el rebaje tiene una anchura menor que el rango de las longitudes de onda.
4. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el bolómetro comprende además un reflector (118) dispuesto sobre el sustrato y bajo el transductor, en la que el rebaje está dispuesto con relación al reflector de tal manera que el rebaje efectúa la trayectoria de propagación de radiación reflejada por el reflector hacia el absorbente de modo que la radiación reflejada es absorbida por el absorbente en vez de salir del absorbente.
- 30 5. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el absorbente cubre el transductor en una configuración de tipo paraguas.
- 35 6. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el rebaje es uno de una pluralidad de canales (112a, 112b) a través del absorbente.
7. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 6, en la que los canales están espaciados alrededor de un centro del absorbente.
- 40 8. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el grosor de la capa de absorción está en un rango de 5 nanómetros a 10 nanómetros.
- 45 9. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el rebaje es uno de una pluralidad de canales a través del absorbente y espaciados alrededor del absorbente de tal manera que la capa de absorción tiene una resistencia de lámina dentro del rango de 350 ohmios por cuadrado a 1000 ohmios por cuadrado.
- 50 10. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el rebaje es uno de una pluralidad de canales a través del absorbente y los canales desplazan colectivamente un tercio o más de un volumen de la capa de absorción.
11. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el rebaje es uno de una pluralidad de rebajes en el absorbente y la densidad colectiva de los rebajes está seleccionada de tal manera que el absorbente tiene una resistencia de lámina que es igual o mayor que 400 ohmios por cuadrado.
- 55 12. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el absorbente incluye una capa base (126) dispuesta debajo de la capa de absorción y con un grosor igual o mayor que 90 nanómetros.
- 60 13. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 12, en la que el bolómetro comprende además un poste (111) que se extiende entre el transductor y la capa base del absorbente para soportar el absorbente en la relación de separación con el transductor.
14. Una estructura de píxel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la capa de absorción comprende NiCr.

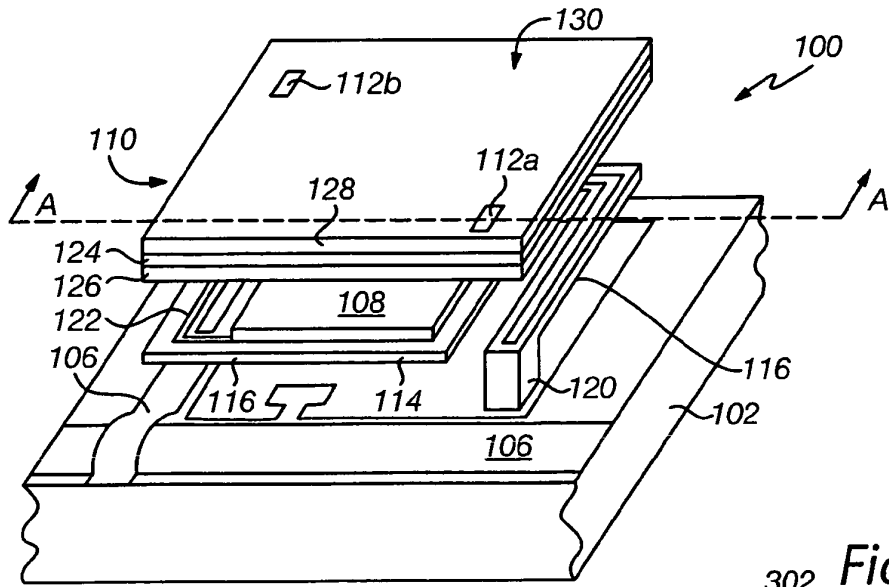


Fig. 1

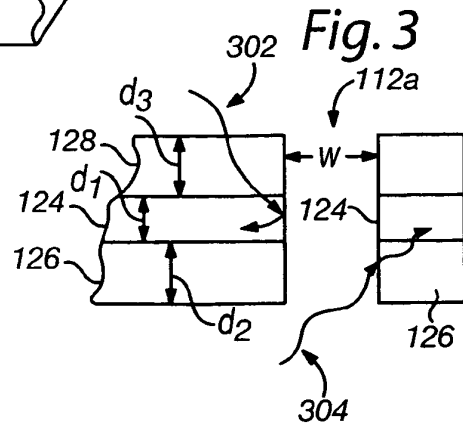


Fig. 3

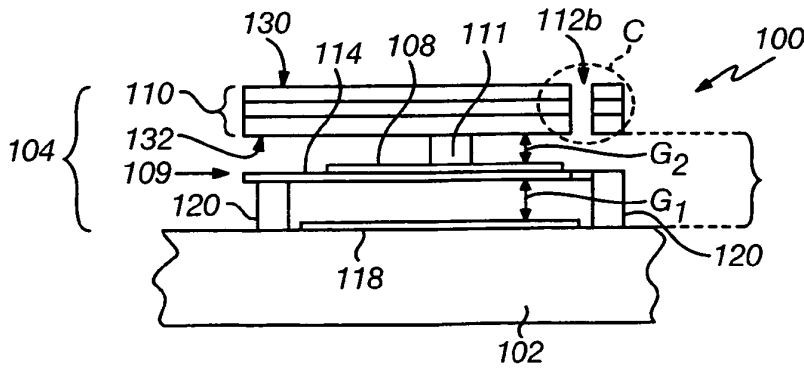


Fig. 2

Fig. 4

400 →

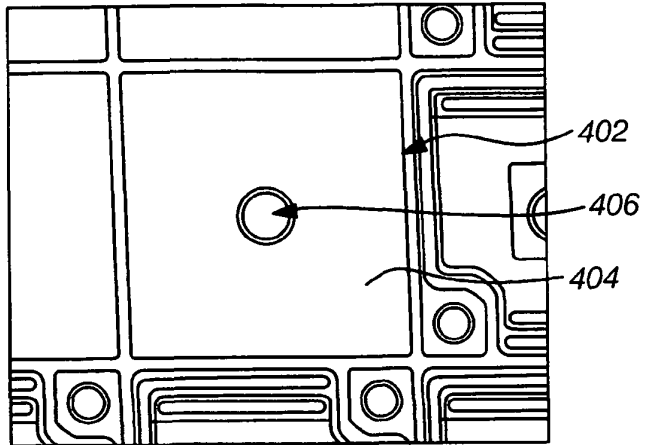


Fig. 5

500 →

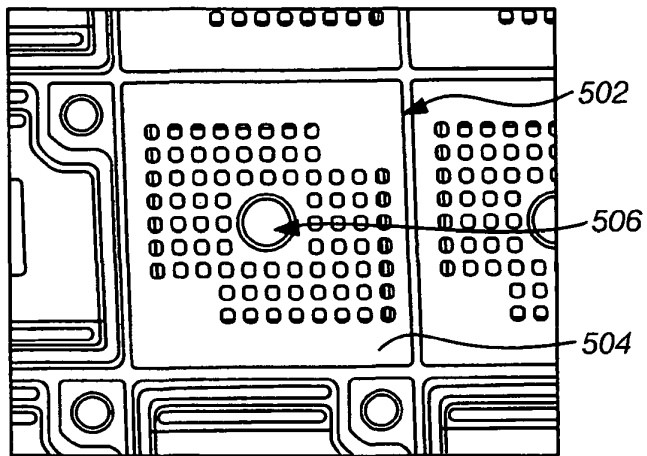


Fig. 6

600 →

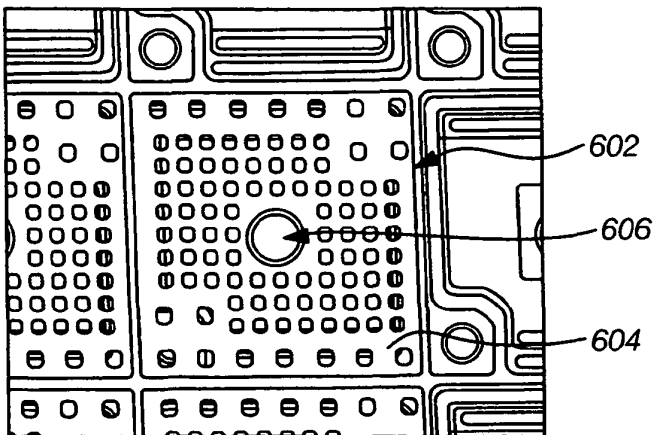


Fig. 7

