

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 118 041**

② Número de solicitud: 9601571

⑤ Int. Cl.⁶: G01N 27/12

G01N 33/00

//G01F 1/692

G01K 7/18

G01J 5/20

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

② Fecha de presentación: **12.07.96**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **01.09.98**

Fecha de concesión: **22.02.99**

⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **16.04.99**

⑤ Fecha de publicación del folleto de patente:
16.04.99

⑦ Titular/es:
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Serrano, 117
28006 Madrid, ES**

⑦ Inventor/es: **Götz, Andreas;
Cané Ballart, Carles;
Gràcia Tortadés, Isabel y
Lora-Tamayo D'Ocon, Emilio**

⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Placa homogeneizadora de temperatura para microdispositivos térmicamente aislados.**

⑤ Resumen:

Placa homogeneizadora de temperatura para microdispositivos térmicamente aislados.

El objeto de la presente invención es el desarrollo de una microestructura térmicamente aislada con zonas de temperatura muy homogénea y controlada. Dichas estructuras son la base de distintos tipos de sensores microelectrónicos ya existentes, en los que un cierto material o elemento sensible se deposita sobre una estructura térmica que debe trabajar a una temperatura conocida. Es aplicable a sistemas de medida microelectrónica basados en microsensores de silicio.

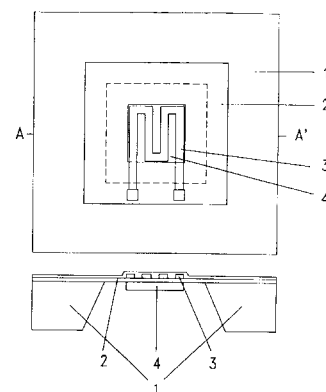


Figura 1

Figura 1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el artº 37.3.8 LP.

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. C/Panamá, 1 - 28036 Madrid

ES 2 118 041 B1

DESCRIPCION

Placa homogeneizadora de temperatura para microdispositivos térmicamente aislados.

Dentro del campo de los microsensores integrados en silicio, uno de los tipos de microsistemas cuyas aplicaciones reales o potenciales sobrepasan su actual nivel de desarrollo es el de los multisensores de gases, gracias a su aplicación directa al control industrial, el medio ambiente o la seguridad en el hogar. Idealmente estos sistemas constan de varios dispositivos sensores que permiten detectar la presencia en una atmósfera concreta de ciertos gases contaminantes tipo CO, NO, SO₂. Los sensores habitualmente desarrollados para esta finalidad suelen consistir en dispositivos de película delgada cuyo material sensible al gas es un óxido metálico tipo SnO₂, WO_x, TiO₂. Estos materiales presentan una sensibilidad a cada gas que depende principalmente de su composición estequiométrica y de su temperatura de trabajo, por lo que para evitar sensibilidades indeseadas a otros gases es especialmente importante disponer de dispositivos en los que dicha temperatura esté perfectamente determinada y sea lo más uniforme posible.

Mediante la combinación de tecnologías microelectrónicas convencionales y técnicas especiales para la obtención de sensores de capa fina, es posible fabricar microsensores de gases compuestos por una capa de material sensible que cambia su resistencia en función de la presencia del gas a medir. La fabricación siguiendo tecnologías microelectrónicas y otras técnicas compatibles, permite obtener microsensores sobre sustratos de silicio que se pueden producir a gran escala, con unas dimensiones muy pequeñas en el rango de algunos mm², un bajo coste y un alto rendimiento. En este caso también es posible fabricar en un mismo circuito integrado el dispositivo sensor junto con circuitería electrónica para el tratamiento de la señal, permitiendo mejorar las especificaciones del sensor de forma muy ostensible. Puesto que la temperatura ideal de trabajo de dichos dispositivos está en el rango 250-400°C, el material sensor debe depositarse sobre una placa calefactora que esté térmicamente aislada. Esta patente muestra una nueva técnica para obtener placas o estructuras térmicas perfectamente aisladas del resto del circuito, optimizando el consumo de potencia necesario para mantener el sensor a la temperatura de trabajo deseada. La estructura propuesta se basa en la combinación de membranas de materiales térmica y eléctricamente aislantes junto con otras capas térmicamente conductoras que aseguran la homogeneidad en temperatura de la zona sensible del dispositivo.

Si bien una de las principales aplicaciones de las placas térmicamente aisladas reside en la fabricación de sensores de gases para el control industrial o aplicaciones de medio ambiente o seguridad, dichas estructuras también son ampliamente utilizados en otros tipos de microsensores tales como los sensores de temperatura, de flujo de gases o de medida de radiaciones infrarrojas, en los que es necesario disponer de zonas a distintas temperaturas de trabajo sobre de un mismo sustrato.

Sector de la técnica

Dispositivo para sistemas de medida microelectrónicos basado en microsensores de silicio. Estructura térmica para sensores integrados de aplicaciones medioambientales.

Estado de la técnica

Se pueden encontrar en la literatura distintas formas de fabricar estructuras térmicamente aisladas para su aplicación al campo de los microsensores. Todas ellas se basan en la deposición de una membrana de un material aislante, sobre un sustrato de silicio que realiza la función de soporte físico. El espesor del material aislante debe asegurar suficiente rigidez mecánica así como aislamiento térmico lateral y vertical hacia el silicio del sustrato, que es un material térmicamente conductor. Sobre la zona central de la membrana aislante se deposita un elemento calefactor que suele consistir en una resistencia de platino o polisilicio que permite conseguir la temperatura adecuada por efecto Joule, a base de suministrar la potencia necesaria a dicha resistencia. Para conseguir una temperatura homogénea es preciso optimizar el diseño de la resistencia de manera que se abra el área activa. Esto se realiza mediante el diseño de la resistencia en forma de meandro o en forma de lazo dentro del área.

Un ejemplo de realización de una estructura térmicamente aislada igual a la descrita fue presentada por Demarne y Grisel (An integrated low-power thin-film CO gas sensor on silicon. Sensors and Actuators, 13, 1988, 301-313). En este caso, la fabricación de una membrana de material aislante se consigue mediante la deposición de una capa de SiO₂ y el posterior grabado del silicio bajo la membrana mediante un proceso de ataque anisotrópico por la parte posterior del sustrato. Los autores también presentan una estructura con silicio bajo la membrana del mismo espesor que el sustrato. Este caso no presenta ninguna mejora dada la gran masa térmica de dicho bloque de silicio, con lo que se requiere una potencia mucho mayor.

Una alternativa consiste en la fabricación del elemento calefactor sobre una membrana aislante no completamente anclada por su perímetro sino colgada por cuatro brazos del mismo material aislante. Dicha estructura presentada por Cavicchi et al. (Micro-hotplate temperature control for sensor fabrication, study and operation. The Fifth International Meeting on Chemical Sensors. Rome, 11-14 July 1994, 1136-1139), permite disminuir la potencia necesaria para calentar la estructura a la temperatura deseada puesto que el aislamiento lateral es mejor. La estructura se fabricó grabando el silicio del sustrato por la parte superior del dispositivo y esto sólo se puede realizar mediante técnicas de grabado con EDP (Ethylene Diamine Pyrocatechol) y TMAH+Si (Tetramethyl Ammonium Hydroxide), que son mucho más complejas que el grabado anisotrópico del silicio con KOH por la parte posterior del sustrato. Asimismo, debe destacarse que el EDP es un material potencialmente cancerígeno, por lo que es deseable evitar su uso en el caso de producción a gran escala.

La fabricación de membranas aislantes colgantes de cuatro puentes por sus esquinas, presenta

el inconveniente de la fragilidad de la estructura, por lo que en algún caso dicha estructura se ha realizado dejando una fina membrana de silicio debajo del material aislante para conseguir mayor rigidez (Integrated Semiconductor Gas Sensor. Patente No. 8706635). La existencia del silicio actúa como un camino de pérdida de calor desde la parte central de la membrana hacia el sustrato, por lo que tampoco se consigue obtener una temperatura homogénea.

Finalmente, Möller et al., (Material and design considerations for low-power microheater modules for gas-sensor applications, Sensors and Actuators B 24-25, 1995, 343-346), recientemente propusieron la incorporación de capas de nuevos materiales tales como el diamante o el carburo de silicio para cubrir parcialmente la zona central de la membrana aislante y así conseguir una mayor homogeneidad en temperatura sobre el material sensible. Si bien los autores no presentan ninguna realización, mediante técnicas de simulación permiten determinar cuantitativamente dicha mejora. El principal inconveniente de dicha realización reside en la incorporación de nuevos materiales que deben fabricarse de forma costosa y de forma no totalmente compatible con tecnologías microelectrónicas tradicionales.

Explicación de la invención

La estructura de placa calefactora que aquí se presenta, combina el uso de materiales dieléctricos para fabricar membranas aislantes con una capa de silicio que permite obtener una perfecta homogeneidad en temperatura, evitando la aparición de puntos calientes en la resistencia calefactora, siguiendo una técnica totalmente compatible con una tecnología microelectrónica CMOS, mediante la incorporación de una etapa de ataque selectivo de silicio por la parte posterior del sustrato.

Descripción detallada de los dibujos

Figura 1: Esquema en planta y sección de la placa calefactora realizada con silicio altamente dopado con boro bajo una membrana aislante.

Figura 2: Gráfica comparativa de los perfiles de temperaturas conseguidos sobre la membrana dieléctrica de una estructura térmicamente aislada, en la sección de corte central. En línea discontinua se presenta el perfil de una estructura sin placa de silicio y en línea continua se presenta con placa de silicio. La T temperatura normalizada y D distancia (mm).

Descripción detallada de la invención

En la figura 1, se presenta el esquema en planta y sección de la estructura propuesta para una placa calefactora realizada sobre una membrana aislante totalmente anclada por sus lados. Sobre una oblea de silicio (1) pulida por las dos caras se crece una capa dieléctrica (2) de 2 mm de SiO₂ o bien de 100 a 300 nm de Si₃N₄. Sobre dicha capa dieléctrica se define la resistencia calefactora (3) de polisilicio o platino que cubre una zona central de 500x500 nm donde se depositan los elementos sensores. Debajo de dicha área se define una placa de silicio (4) aislada del resto de material del sustrato. Dicho aislamiento se realiza durante el ataque anisotrópico del silicio por la parte posterior de la oblea. El grabado selectivo del silicio se consigue mediante el dopado

con boro de la zona de silicio de la placa con una concentración superior a 1E20 cm⁻³. El KOH no graba el silicio dopado con boro a tan alta dosis, con lo que se consigue el paro del ataque en la zona deseada.

El diseño de la placa calefactora debe contemplar asimismo la optimización del espesor de la placa homogeneizadora de silicio así como la separación entre dicha placa y el borde de la membrana. Cuanto mayor es el espesor de silicio, el tiempo de respuesta del dispositivo aumenta así como la potencia a suministrar. Sin embargo, para conseguir una buena conducción térmica y la homogeneidad en temperatura, la placa de silicio debe tener un espesor mínimo. Mediante simulaciones térmicas se ha obtenido un buen compromiso entre las dos especificaciones en el rango de las 5 a 20 nm de espesor, para unas capas de las dimensiones anteriormente citadas. En cuanto a la separación entre la zona caliente y el borde de la membrana, mediante simulación también puede determinarse el valor mínimo a partir del cual el aislamiento lateral no mejora. Para los materiales estudiados, dicha separación mínima es de 200 nm.

En la figura 2, se muestra la mejora obtenida en el perfil de temperaturas conseguidas con la placa homogeneizadora de silicio bajo la membrana aislante, respecto al caso de no utilizarse dicha placa. La placa homogeneizadora consigue una temperatura casi constante en toda la zona central de la membrana, mientras que en el caso de no tener placa de silicio, las temperaturas máximas sólo se consiguen en las zonas sobre la resistencia calefactora. La gran homogeneidad en temperaturas que se consigue evita, por un lado, la aparición de puntos calientes que pueden destruir la propia estructura y, por otro lado, permite tener varias zonas de un chip a distintas temperaturas constantes, con sólo diseñar resistencias calefactoras de distinto valor. Dicha combinación de temperaturas actuando sobre un material sensible permite diseñar fácilmente una matriz de sensores que sean sensibles a distintos gases. Asimismo, la fase de diseño de la resistencia calefactora se simplifica puesto que la eficiencia térmica de la estructura con placa de silicio es muy insensible a la geometría de la resistencia, por lo que no es necesaria una fase de optimización con costosos programas de simulación de elementos finitos. Por otro lado, la completa compatibilidad de la estructura con una tecnología CMOS, permite integrar la circuitería de procesamiento de señal junto con la matriz de sensores en un mismo chip o circuito integrado, con las ventajas de bajo coste y alto valor añadido que ello comporta.

Ejemplo de realización de la invención

A diferencia de otras realizaciones descritas en el apartado referente al estado de la técnica, a continuación se describe un proceso de fabricación de la placa de térmica que es totalmente compatible con una tecnología de fabricación de circuitos integrados CMOS, con la sola inclusión de un módulo de post-procesado para el ataque del silicio por la cara posterior. El proceso consta de las siguientes etapas microelectrónicas:

- Silicio de partida tipo n pulido por las dos

caras.	
- Fotolitografía por la cara posterior con máscara de marcas de alineamiento de doble cara.	5
- Crecimiento de un óxido de protección contra la implantación, cara superior.	10
- Fotolitografía en cara superior con alineamiento de doble cara para definir la placa de silicio dopado.	15
- Dopado de silicio con Boro con concentración superior a $1E20\text{ cm}^{-3}$	20
- Redistribución de impurezas a alta temperatura.	25
- Deposición de 100 nm de Si_3N_4 por LP-	30
	35
	40
	45
	50
	55
	60
	65

CVD.

- Deposición de polisilicio por LPCVD para la fabricación de la resistencia calefactora.
- Fotolitografía cara superior para la definición de la geometría de la resistencia.
- Deposición de una capa de pasivación sobre la resistencia.
- Fotolitografía de la cara posterior para abrir las zonas de grabado del silicio.
- Grabado del Si_3N_4 en las zonas de ataque del silicio.
- Ataque anisotrópico del silicio del substrato por la parte posterior de la oblea.

REIVINDICACIONES

1. Placa homogeneizadora de temperatura para microdispositivos térmicamente aislados **caracterizada** porque consta de un elemento calefactor realizado por un resistencia de polisilicio.

2. Placa según reivindicación 1, **caracterizada** por la integración en un mismo chip o circuito integrado de varios de dichos dispositivos para formar una matriz de sensores de gases que trabajen a distinta temperatura y que sean sensibles a varios gases de un mismo ambiente.

3. Procedimiento para fabricación de placa

homogeneizada de temperatura según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la placa se define en el centro de una estructura térmicamente aislante por un proceso fotolitográfico y se realiza por difusión de boro de muy alta concentración en superficie, aislando la placa del sustrato mediante el ataque anisotrópico de silicio lateral e inferior por la cara posterior del sustrato, siguiendo un proceso fotolitográfico de doble cara.

4. Utilización de placas homogeneizadoras según reivindicaciones 1 y 2 para la fabricación de sensores de gases microintegrados basados en silicio.

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65

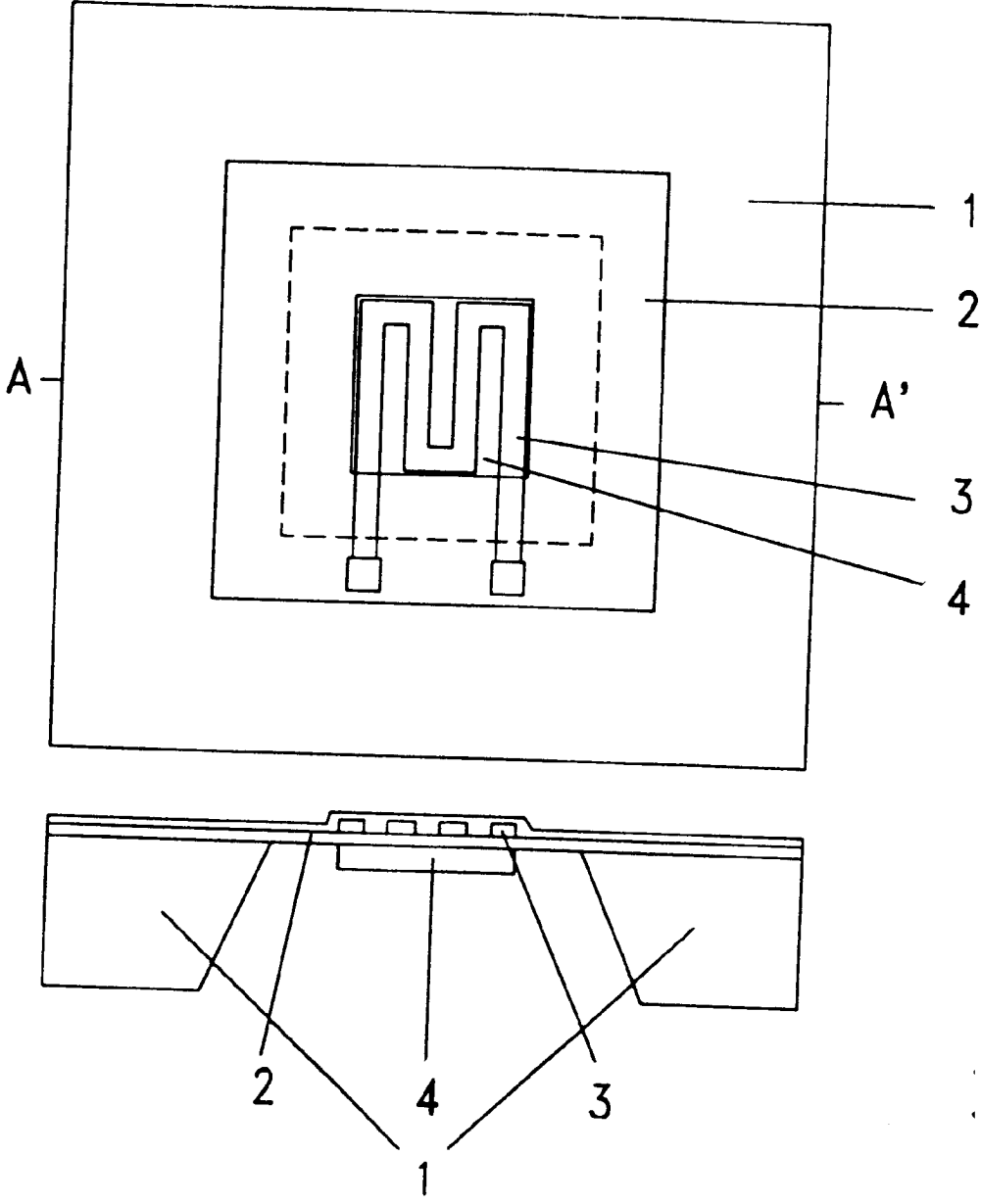


Figura 1

Figura 1

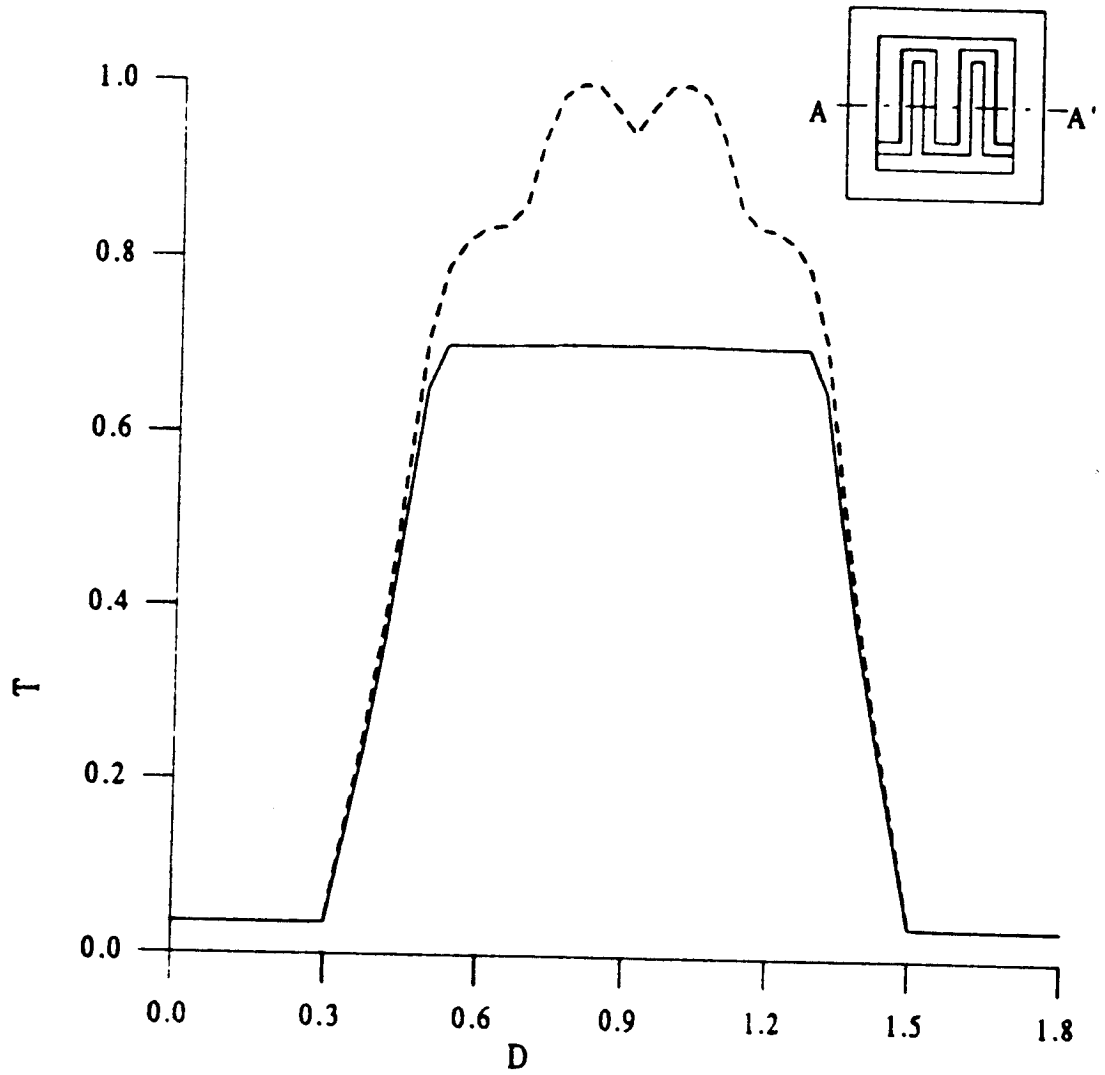


Figura 2



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.⁶: G01N 27/12, 33/00 // G01F 1/692, G01K 7/18, G01J 5/20

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Japanese Patent Office, Tokyo, JP JP-08062011-A (YAZAKI CORP.) 08.03.96 * Resumen; figura *	1-4
Y	WO-9410822-A (NAT. INST. OF STANDARDS AND TECH.) 11.05.94 * Todo el documento *	1-4
A	EP-291462-A (CENTRE SUISSE D'ELECTRONIQUE ET DE MICROTECHNIQUE S.A.) 17.11.88 * Todo el documento *	1,3,4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Japanese Patent Office, Tokyo, JP JP-06084604-A (RICOH CO. LTD.) 25.03.94 * Resumen; figura *	1,3
A	EP-421158-A (FRAUNHOFER) 10.04.91 * Todo el documento *	1,3,4

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
28.07.98

Examinador
A. López Alonso

Página
1/1