



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



①① Número de publicación: **2 137 847**

②① Número de solicitud: 009701154

⑤① Int. Cl.⁷: G01P 15/12

①②

PATENTE DE INVENCION

B1

②② Fecha de presentación: **28.05.1997**

④③ Fecha de publicación de la solicitud: **16.12.1999**

Fecha de concesión: **15.06.2000**

④⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **01.10.2000**

④⑤ Fecha de publicación del folleto de patente:
01.10.2000

⑦③ Titular/es:
**Consejo Superior Investigaciones Científicas
Serrano, 117
28006 Madrid, ES**

⑦② Inventor/es: **Plaza Plaza, José Antonio;
Esteve i Tintó, Jaume y
Lora-Tamayo d'Ocón, Emilio**

⑦④ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Acelerómetro triaxial.**

⑤⑦ Resumen:

Acelerómetro triaxial.

Acelerómetro triaxial que combina en su fabricación tecnologías de micromecanización en volumen de silicio con tecnologías de micromecanización superficial, utilizando obleas tipo BESOI (Bond and Etch Back Silicon On Insulator), y con una estructura que consiste en dos masas unidas por uno o varios puentes entre si y cada una de las cuales unidas al marco del dispositivo por dos puentes exteriores, colocando piezoresistencias en los puentes centrales y exteriores que formen un puente de Wheatstone, y siendo los puentes exteriores perpendiculares a los dos puentes que unen las masas. Aplicaciones en medicina, navegación y campos relacionados.

ES 2 137 847 B1

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

DESCRIPCION

Acelerómetro triaxial.

Sector de la técnica

- Sensores, dispositivos microelectrónicos.
- Sistemas para la detección de aceleraciones e Inclinómetros.
- Aplicación en áreas diversas: medicina, navegación y campos relacionados con los mismos.

Estado de la técnica

El campo de aplicación de los acelerómetros es muy amplio. Este hecho ha motivado la necesidad de hacer dispositivos con unas prestaciones elevadas a un bajo coste, originando un gran auge e incremento de acelerómetros comerciales basados en tecnologías de micromecanización del silicio a expensas de los acelerómetros piezoeléctricos con un precio mucho mas elevado.

En algunas aplicaciones no es suficiente con medir la aceleración en un eje sino que es necesario registrar la aceleración en las tres direcciones, es decir obtener el vector aceleración. La solución a estos casos ha sido la colocación de tres acelerómetros uniaxiales, que sólo detectan la aceleración en una dirección, perpendicularmente entre si. Entre los grandes inconvenientes de este procedimiento esta la necesidad de utilizar tres dispositivos en lugar de uno, con lo cual el precio se incrementa. Otro inconveniente es la colocación de los dispositivos de forma perpendicular entre si sin introducir errores en los ángulos que forman. Y por ultimo los acelerómetros uniaxiales deben presentar un valor de las aceleraciones cruzadas muy bajo. Estos inconvenientes han hecho que se haya investigado en la posibilidad de obtener dispositivos que por si solos sean capaces de obtener el vector aceleración.

En este sentido, y dado el gran potencial e interés de estos dispositivos, diferentes laboratorios han desarrollado prototipos de acelerómetros triaxiales, que se describen a continuación.

P. Scheeper y otros autores, (P. Scheeper, J. Gullov y L. M. Kofoed, A piezoelectric triaxial accelerometer, Journal of Micromechanical and Microengineering, 6, (1996), pp.131-133, han fabricado un acelerómetro basado en tecnología de micromecanización en volumen del silicio y utilizando como elemento sensor un material piezoeléctrico (ZnO). El acelerómetro consta de una masa sujeto por dos puente en lados opuestos. Un sólo acelerómetro sólo permite la detección de la aceleración en dos ejes perpendiculares. Para la detección del tercero se necesitan dos.

H. Takao y otros autores, (H. Takao, Y. Matsumoto, H. Seo, M. Ishida, T. Nakamura, Analysis and design considerations of three-dimensional vector accelerometer using SOI structure for wide temperature range, Sensors and Actuators A 55 (1996), pp.91-97, han fabricado un acelerómetro triaxial basado en tecnología de micromecanización en volumen y utilizando como elemento sensor piezoresistencias. El acelerómetro consta de una masa cuadrada fija en el centro del dispositivo y sujeta por cuatro puentes, en los centros

de los lados de la masa, a un marco exterior que se desplaza en función de la aceleración.

T. Velten y otros autores, (T. Velten, P. Krause, E. Obermeier, Two-axis micromachined accelerometer for gesture recognition, Proceedings of Micromechanics Europe (MME'96), 21-22 October, Barcelona, (1996), 247-250), han fabricado un acelerómetro capaz de detectar la aceleración en dos direcciones perpendiculares. El acelerómetro se fabrica mediante micromecanización en volumen del silicio. Los 10 elementos sensores son piezoresistencias configuradas en un puente de Wheatstone. Para la determinación de la aceleración en las tres direcciones es necesario tener dos dispositivos.

Descripción de la invención

Breve descripción de la invención

La presente invención se refiere a un acelerómetro capaz de detectar las tres componentes que conforman el vector aceleración. La novedad que presenta este acelerómetro es la posibilidad de detectar el vector aceleración con una sola estructura de fácil fabricación con micromecanización del silicio y con un nivel de aceleraciones cruzadas nulo para dos de las tres direcciones y muy pequeño para la restante dirección.

Los acelerómetros se fabrican combinado tecnologías de micromecanización en volumen del silicio con tecnologías de micromecanización superficial del mismo gracias a la utilización de obleas tipo BESOI (Bond and Etch Back Silicon On Insulator). La estructura consiste en dos masas unidas por uno o dos puente entre si. Y cada una de las masas esta unida al marco del dispositivo por dos puentes, ver figura 1.

De esta manera, piezoresistencias colocadas en los puentes centrales, que unen las masas entre si, se utilizan para la detección de las aceleraciones perpendiculares al dispositivo. Y piezoresistencias colocadas en los puentes que unen las masas al marco se utilizan para detectar las aceleraciones en las direcciones en el plano del dispositivo.

Descripción detallada de la invención

La estructura que se ha diseñado se realiza preferentemente sobre silicio y el elemento sensor son piezoresistencias. Aunque también se puede fabricar con otros materiales y determinar la aceleración mediante otros elementos sensores. La estructura esta formada por dos masas unidas entre si preferentemente por dos puentes aunque puede ser uno solo. Estas masas se unen al marco del dado mediante otros dos puentes cada una. Si se diseñan los dos puentes en dirección perpendicular a la de los dos puentes que unen las masas se consigue un mayor aprovechamiento del área para una sensibilidad dada del dispositivo.

El sensor es del tipo piezoresistivo, es decir la detección de la aceleración se realiza mediante en cambio en el valor de la resistencia de una piezoresistencia. El silicio es un material piezoresistivo. Es decir si se le somete a un esfuerzo mecánico el valor de su resistividad cambia. Por lo tanto si se colocan cuatro piezoresistencias de silicio en configuración de puente de Wheatstone se puede detectar el esfuerzo mecánico que sufren las piezoresistencias. El tipo de estructura que se propone tiene la ventaja de que con una apropiada localización de las piezoresistencias se puede detectar

la aceleración en las tres direcciones.

Cuando se somete la estructura a una aceleración, dependiendo de la dirección de la misma, la estructura se deforma de una determinada manera. Al deformarse se introducen unos esfuerzos mecánicos considerables en los puentes, ya que estos son la parte de la estructura que presenta una menor rigidez. Estos esfuerzos mecánicos se comportan linealmente con la aceleración de tal manera que el valor de la resistencia de las piezoresistencias es lineal con la aceleración.

En la figura 2 se muestra el comportamiento de la estructura bajo aceleraciones en las tres direcciones perpendiculares. Para la detección de la aceleración en la dirección perpendicular al plano del acelerómetro (plano de la oblea), dirección z, se definen cuatro piezoresistencias en los puentes centrales que unen las dos masas. En cada puente se coloca una de forma longitudinal y otra transversal al puente. Cuando se aplica una aceleración en la dirección z los puentes se doblan de tal manera que el esfuerzo mecánico que se produce hace que el valor de las resistencias longitudinales aumente o decrezca y el de las transversales decrezca o aumente. De esta manera si las cuatro piezoresistencias forman un puente de Wheatstone este se descompensa y tenemos una salida en voltaje directamente proporcional a la aceleración. Cuando se producen aceleraciones perpendiculares al eje z, es decir en el plano del acelerómetro, las masas se mueven al unisono y por tanto los puentes centrales prácticamente no experimentan de esfuerzos mecánicos. De esta manera la sensibilidad cruzada del elemento sensor para la aceleración en la dirección z es muy pequeña menor del 1.6%. Incluso este valor puede ser disminuido si se utilizan programas de simulación por el método de los elementos finitos y se elige apropiadamente la localización de las piezoresistencias en los puentes centrales.

Los puentes que unen la masa central pueden ser uno o dos o varios. Ello fijara la localización de las piezoresistencias y el nivel de estabilidad de la estructura a movimientos desfasados de las dos masas.

Para la detección de las aceleraciones en el plano del acelerómetro, direcciones x e y, se colocaran resistencias en los extremos de los puentes exteriores. La longitud de los puentes exteriores fijara la sensibilidad del dispositivo, así que a mayor longitud mayor sensibilidad. Pero una mayor longitud de los puentes exteriores implica un mayor gasto de área de silicio para su fabricación y por tanto un mayor coste. Por ello la estructura que se ha diseñado tiene los puentes exteriores paralelos al lado de la masa donde se fijan. De esta manera se aumenta la sensibilidad sin utilizar un área muy grande.

Cuando se aplica una de las dos aceleraciones en el plano del dispositivo, por ejemplo y, dos puentes se doblan hacia abajo y dos hacia arriba. Mientras que cuando se aplica una aceleración en la otra dirección del plano, por ejemplo x, dos puentes se doblan hacia abajo y dos hacia arriba pero de los dos que se doblan hacia abajo uno de ellos se dobló hacia arriba y el otro hacia abajo en el movimiento impuesto por la aceleración en y. Y ocurre lo mismo con los dos que ahora se

mueven hacia abajo.

De tal manera que con una configuración apropiada de las piezoresistencias se puede detectar la aceleración en x y en y mediante la definición de dos puentes de Wheatstone o un sólo puente de Wheatstone si este no esta cerrado a nivel del dado. Con una apropiado localización se consigue que la configuración que detecta la aceleración en y sea insensible a las aceleraciones en x y viceversa.

Ejemplo de realización de la invención

Siguiendo las especificaciones expuestas se han fabricado microacelerómetros de silicio utilizando una tecnología que combina la micromecanización superficial y la micromecanización en volumen utilizando obleas BESOI. El tamaño de los dispositivos es de 4.8mm x 4.8mm x 4501Jm.

Los dispositivos han sido medidos de forma estática girándolos en el campo gravitatorio. Los resultados se puede observar en la figura 3. Las curvas son cosenos ya que en cada caso la aceleración que se aplica es el coseno de la aceleración de la gravedad. Como se puede apreciar los dispositivos sirven para detectar las aceleraciones en los tres ejes.

Descripción detallada de los dibujos

Figura 1. Dibujo tridimensional de la estructura mecánica para la detección de la aceleración en los tres ejes. La estructura consta de dos masas unidas entre sí por dos puentes y unidas al marco del dado (el marco no se muestra en la figura 1) por cuatro puentes dos en cada masa.

Figura 2. En la figura 2 se tiene en la columna izquierda tres dibujos de la estructura que muestran las deformaciones que tienen lugar en la estructura cuando se somete a esta a una aceleración en z, arriba, en y, en el centro y en x, abajo. En el dibujo superior de la estructura se muestra la localización de las piezoresistencias. Para la detección de las aceleraciones en x e y se utilizan las piezoresistencias marcadas con las letras, A, B, C y D. Mientras que para la detección en z se utilizan las piezoresistencias a, b, c y d colocadas en los puentes que unen las masas de los cuales se ha ampliado la zona para verlo mejor. En la segunda columna se muestra el cambio de las piezoresistencias que configuran el puente de Wheatstone para detectar aceleraciones en z, arriba, en y, medio, y en x, abajo. En la tercera columna se muestra el cambio de las piezoresistencias que configuran el puente de Wheatstone para detectar aceleraciones en y para aceleraciones en z, arriba, en y, medio, y en x, abajo. Y por ultimo, en la cuarta columna se muestra el cambio de las piezoresistencias que configuran el puente de Wheatstone para detectar aceleraciones en x para aceleraciones en z, arriba, en y, medio, y en x, abajo.

Figura 3. En la figura 3 se muestra la salida del dispositivo en milivóltios en función del ángulo que ha girado para el caso de aceleraciones en el eje z~ en el eje y y en el eje x.

REIVINDICACIONES

1. Acelerómetro triaxial **caracterizado** por combinar en su fabricación tecnologías de micromecanización en volumen de silicio con tecnologías de micromecanización superficial, utilizando obleas tipo BESOI (Bond and Etch Back Silicon On Insulator), y con una estructura que consiste en dos masas unidas por uno o varios puentes entre si y cada una de las cuales unidas al marco del dispositivo por dos puentes exteriores, colocando piezoresistencias en los puentes centrales y exteriores que formen un puente de Wheatstone, y siendo los puentes exteriores perpendicu-

lares a los dos puentes que unen las masas.

2. Acelerómetro triaxial según reivindicación 1 **caracterizado** porque para la detección de la aceleración en la dirección perpendicular al plano del acelerómetro (plano de la oblea), dirección z, se definen cuatro piezoresistencias en los puentes centrales que unen las dos masas, colocando en cada puente una piezoresistencia de forma longitudinal y otra transversal al puente, y para la detección de las aceleraciones en el plano del acelerómetro, direcciones x e y, se colocan resistencias en los extremos de los puentes exteriores, definiendo dos puentes de Wheatstone o uno sólo si éste no está cerrado a nivel del dado.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

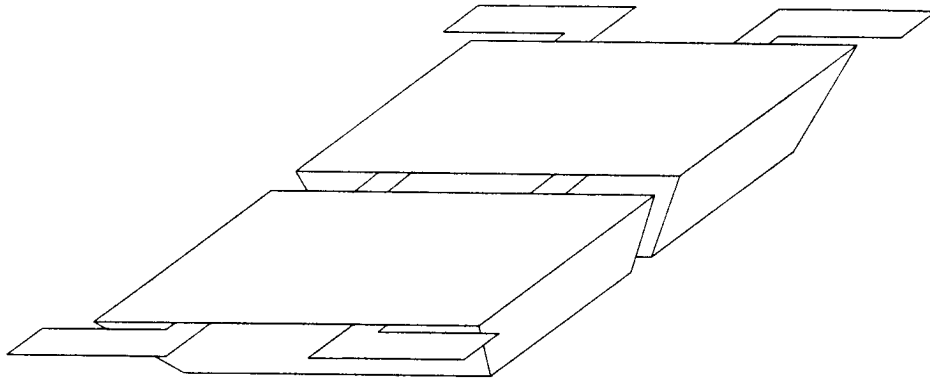


Figura 1.

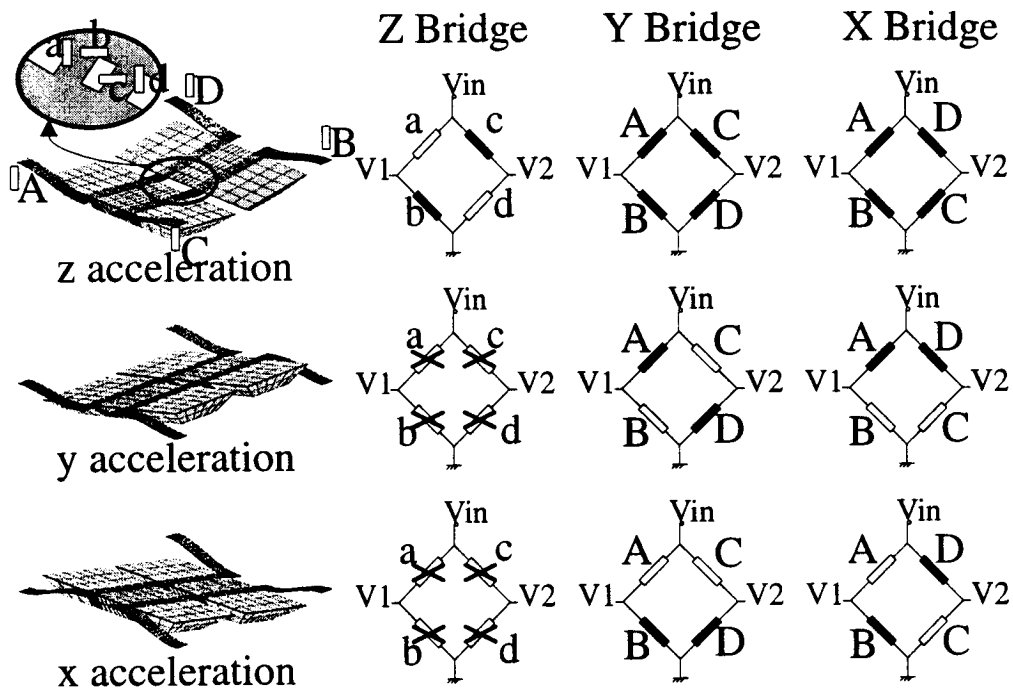


Figura 2.

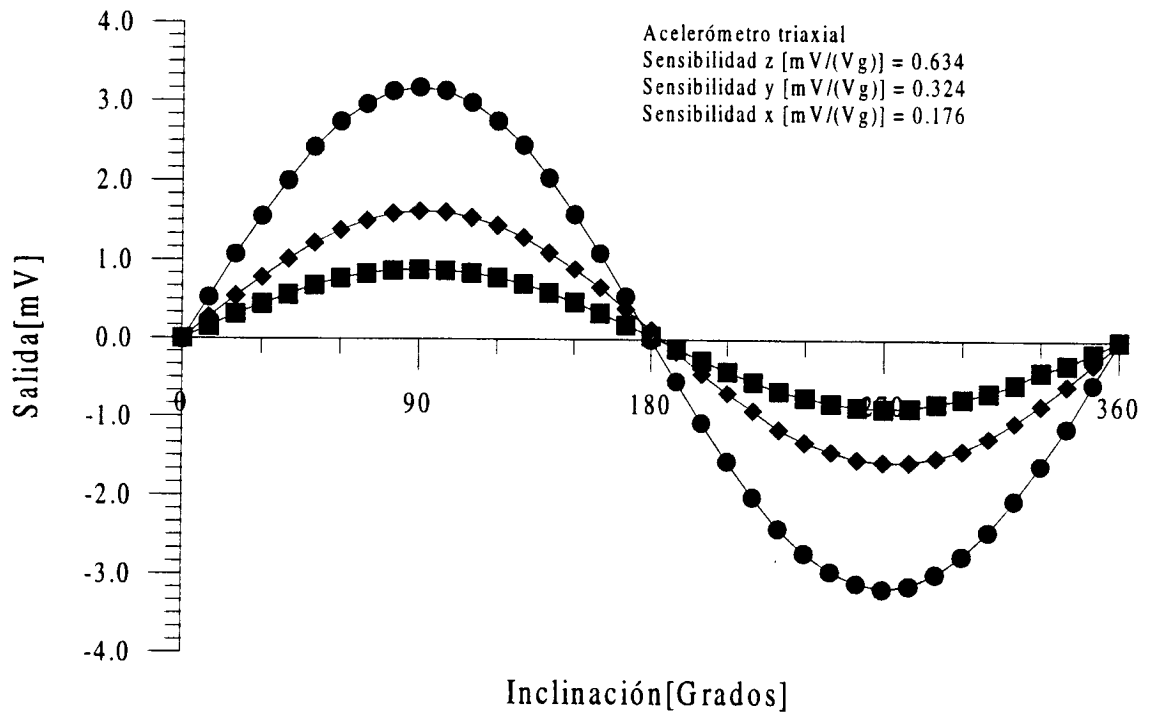


Figura 3.



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.⁶: G01P 15/12

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	JP 07-159435 A (JAPAN AVIATION ELECTRON IND LTD.) 23.06.1995, resumen. En: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN [CD-ROM].	1,2
A	JP 09-045937 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD.) 14.02.1997, resumen. En: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN [CD-ROM].	1,2
A	WO 9215018 A (ALLIEDSIGNAL INC.) 03.09.1992, página 17, líneas 8-34; figura 7.	1,2
A	EP 0519626 A (TEXAS INSTRUMENTS INC.) 23.12.1992, resumen; figura 3.	1,2
A	US 5095401 A (ZURACKY) 10.03.1992, columna 1, línea 44 - columna 2, línea 37.	

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

04.11.1999

Examinador

E. Martín Pérez

Página

1/1