



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 293 767**

② Número de solicitud: 200500698

⑤ Int. Cl.:
B81C 1/00 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01)
B81B 7/04 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

②② Fecha de presentación: **23.03.2005**

④③ Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2008**

④③ Fecha de publicación del folleto de la solicitud: **16.03.2008**

⑦① Solicitante/s: **ÁNGEL IGLESIAS, S.A.**
Polígono Industrial 27, nº 30
Barrio Martutene
20014 San Sebastián, Guipúzcoa, ES

⑦② Inventor/es: **Etxebarría Intxausti, Jon Ander y**
Gracia Gaudó, F. Gracia

⑦④ Agente: **Urizar Barandiarán, Miguel Ángel**

⑤④ Título: **Procedimiento de fabricación de membranas metálicas ultrafinas de espesor controlado por ataque iónico reactivo y con parada automática y microestructuras capacitivas resultantes.**

⑤⑦ Resumen:

Procedimiento de fabricación de membranas metálicas ultrafinas de espesor controlado por ataque iónico reactivo y con parada automática y microestructuras capacitivas resultantes, en que se realiza en un soporte del electrodo fijo (1) consistente en vidrio de alto contenido de óxido de sodio (Na_2O) el grabado de una cavidad (G) de espesor micrométrico de geometría definida por medio de un proceso de fotolitografía y ataque iónico reactivo y se dispone sobre dicha cavidad (G) una primera capa de material metálico (M1); se deposita sobre la cara superior (cs) de un soporte del electrodo deformable (2) consistente en un soporte de silicio, una segunda capa de material metálico (M2) y en ella se establece una máscara (3), se deposita sobre la cara inferior (ci) una tercera capa de material metálico (M3) y se pegan ambos soportes y se elimina el silicio entre máscaras (3).

De aplicación en electrónica de microcondensadores.

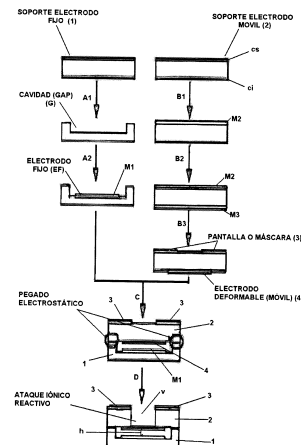


Figura 1

ES 2 293 767 A1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de fabricación de membranas metálicas ultrafinas de espesor controlado por ataque iónico reactivo y con parada automática y microestructuras capacitivas resultantes.

La técnica de micromecanizado de volumen del silicio mediante ataques químicos húmedos fue el germen de una nueva micromecánica asociada al silicio y sentó las bases de lo que actualmente se conoce como tecnología de microsistemas. Nuevas técnicas de tipo seco, como el Ataque tónico Reactivo (RIE. *Reactive ton Etching*) o el Ataque Tónico Reactivo Profundo (DRIE. *Deep Reactive lon Etching*) vinieron a reforzar las potencialidades de la mencionada micromecánica y a permitir el desarrollo de microdispositivos derivados de procesos de micromecanizado superficial.

Los procesos para la fabricación de micromembranas y microvigas de silicio y los mecanismos inherentes la control de su espesor consecuente con la resolución y precisión con los que se para el proceso de ataque (“*Etching*”) húmedo o seco han sido uno de los elementos condicionantes en la generación de microsistemas electromecánicos (MEMS. *Micro Electro Mechanical Systems*).

Actualmente el empleo de membranas metálicas ultrafinas, con capacidad para trabajar con alta sensibilidad mecánica en un régimen de deformación elástica y con una estabilidad a largo plazo superior a las de silicio ha abierto un amplio conjunto de posibilidades para el desarrollo de nuevos y optimizados microsistemas o microdispositivos electromecánicos.

Las estructuras suspendidas en general y las membranas y puentes voladizos en particular son elementos clave en los dispositivos capacitivos como por ejemplo los sensores de presión capacitivos, los condensadores variables, los interruptores de tecnología MEMS y los resonadores

Los microcondensadores de capacidad variable empleados como microsensores de variables físicas, químicas o biológicas, los microactuadores electrostáticos para producir microdesplazamientos o los microcondensadores de capacidad variable en sistemas de radiofrecuencia son ejemplos emblemáticos.

Los sensores de presión capacitivos se emplean en aquellas aplicaciones que requieren medidas de presión fiables como es el caso del control de procesos industriales o sistemas biomédicos. En el mercado de los sensores de presión se emplean cada vez mas sensores de presión capacitivos en perjuicio de los sensores de presión piezorresistivos debido a que los primeros ofrecen mejores características de funcionamiento. Algunas de estas ventajas son el de proporcionar una mayor sensibilidad de medida, mayor estabilidad térmica y menor consumo de potencia.

Los condensadores ajustables, los microinterruptores y los resonadores son elementos básicos en muchas etapas de radiofrecuencia tales como los osciladores controlados por tensión o los filtros ajustables. Estas aplicaciones requieren un alto factor de calidad (Q), un amplio rango de ajuste, buena linealidad, pequeñas pérdidas de inserción y un reducido consumo de potencia. Los clásicos varactores fabricados con tecnología bipolar no cumplen estos requisitos, proporcionan un alto rango de ajuste pero la elevada resistencia serie de estos varactores reduce drásticamente su factor de calidad (Q). Los varactores fabricados con tecnología MOS son más prometedores ya que ofrecen un alto factor de calidad (Q) junto con un amplio rango de ajuste.

En el campo de los condensadores variables fabricados con tecnología MEMS se esta realizando un gran esfuerzo de investigación, esfuerzo que ha permitido obtener condensadores ajustables con muy buenas características operativas. Actualmente se pueden fabricar condensadores ajustables con un factor de calidad de 150 y un rango de ajuste de 17:1. Generalmente el micromecanizado de superficie es el proceso mas empleado para fabricar microcondensadores variables MEMS, así un grupo de investigadores ingleses ha desarrollado un condensador ajustable empleando Níquel y Oro como material estructural y utilizando Titanio como material sacrificial. Otro grupo de investigadores de la Universidad de Illinois ha empleado Cobre como material sacrificial y Permalloy como material del electrodo suspendido. Investigadores de la Universidad de California han demostrado que se puede fabricar un microcondensador ajustable de una membrana de Aluminio empleando fotorresina como material sacrificial. El mayor reto de los procesos de micromecanizado de superficie y micromecanizado de volumen consiste en evitar el pegado que se produce en los pasos de aclarado y secado de la microestructura.

El procedimiento de parada automática de un ataque iónico reactivo para la fabricación de membrana metálicas ultrafinas de espesor controlado para su utilización en microdispositivos capacitivos de electrodo deformable térmica, mecánica o eléctricamente, objeto del invento se refiere a un procedimiento de fabricación que emplea una capa metálica ultrafina de espesor altamente controlado y depositada por un proceso de deposición desde fase vapor (pulverización catódica desde un blanco metálico). La mencionada capa metálica tiene una doble función : Primero actúa como capa de parada en el proceso de micromecanizado seco del volumen de silicio (ataque iónico reactivo) y segundo como capa funcional (electrodo deformable) en un microdispositivo acabados.

El espesor de la membrana queda fijado con precisión por el espesor obtenido en el proceso previo de deposición por pulverización catódica controlada y consecuentemente sus propiedades mecánicas y eléctricas, resultan independientes del proceso de ataque reactivo.

El procedimiento por atacante reactivo seco elimina el problema de autocontacto (Problema de “*Stiction*”) que aparece cuando se emplean atacantes húmedos.

ES 2 293 767 A1

La invención se refiere también a la fabricación de una microestructura capacitiva que emplea como materiales estructurales el silicio y vidrio Pyrex, un electrodo metálico fijo y un electrodo metálico deformable desarrollado mediante el proceso de parada automática descrito.

5 Las microestructuras capacitivas con electrodo deformable fabricadas con el procedimiento objeto de la invención presentan como novedad una alta sensibilidad en la deformación elástica ejercida por acciones mecánicas externas o tensiones eléctricas (Fuerzas de atracción electrostática) aplicadas entre los electrodos constitutivos de la microestructura capacitiva.

10 Las microestructuras capacitivas a las que la invención hace referencia incluyen los microsensors para la detección de variables mecánicas y térmicas que operen por el principio de variación de capacidad consecuentemente con el desplazamiento o deformación del electrodo deformable. Se incluyen también todos los microactuadores capacitivos incluyendo realizaciones en donde el electrodo fijo esté subdividido en varios subelectrodos eléctricamente aislados entre sí para propósitos de control electrostático de la posición del electrodo móvil. A este grupo de aplicaciones pertenecen los condensadores de capacidad electrostáticamente ajustable para su aplicación como capacidad variable en circuitos y sistemas de radiofrecuencia. Se incluyen también cualquier microdispositivo electromecánico, del tipo microconmutador, microválvula o microrelé que opere por un principio de desplazamiento electrostático de una membrana o viga fabricada por el procedimiento de parada automática a la que se refiere la presente invención.

20 Para comprender mejor el objeto de la presente invención, se representa en los planos una forma preferente de realización práctica, susceptible de cambios accesorios que no desvirtúan su fundamento.

La figura 1 es un diagrama del procedimiento objeto del invento.

25 Se describe a continuación un ejemplo de realización práctica, no limitativa, del presente invento.

Este proceso de fabricación de las membranas metálicas se basa en un ataque iónico reactivo del silicio y el proceso de pegado anódico entre la oblea de Pyrex y la oblea de silicio. El proceso de fabricación se muestra en la figura 1. El proceso parte de dos sustratos/soportes, un soporte de electrodo fijo (1) que es de Pyrex, es decir, vidrio con alto contenido de óxido de sodio (Na_2O) y un soporte de electrodo móvil (2) que es de silicio (Si). En un primer paso se realiza un ataque seco del Pyrex mediante RIE (*Reactive Ion Etching*) para definir el gap inicial del microcondensador ajustable (A1), después se deposita una doble capa de Cromo-Platino sobre el Pyrex por PVD (*Physical Vapour Deposition*) y mediante técnicas de *lift-off* (Levantamiento) se definen geometrías sobre ella de modo que quedan fabricados los electrodos fijos del microcondensador ajustable (A2). El primer paso de fabricación sobre la oblea de silicio consiste en un depósito mediante PVD de una capa delgada de Aluminio (B1), el cual se empleará como máscara en el proceso de ataque de silicio mediante RIE. En el siguiente paso se deposita una segunda capa de Aluminio sobre la otra cara de la oblea de silicio con el cual definimos las membranas metálicas (B2). El tercer paso se basa en un ataque húmedo selectivo del Aluminio por las dos caras de la oblea, así se definen geometrías en la capa de aluminio empleado como máscara y en la capa de aluminio de la otra cara de la oblea de silicio empleado como material estructural de las membranas metálicas. Acto seguido se realiza un tratamiento térmico de la oblea de silicio para difundir el aluminio en el silicio (B3). Una vez procesadas la oblea de Pyrex y la oblea de Silicio, se realiza un proceso de pegado entre los dos sustratos mediante un pegado electrostático (*Anodic bonding*) (C) y finalmente se ataca el silicio mediante RIE liberando las membranas metálicas (D).

45 En otras palabras, se puede especificar el procedimiento por las siguientes fases y características:

a) se realiza en un soporte del electrodo fijo (1) consistente en vidrio de alto contenido de óxido de sodio (Na_2O) el grabado de una cavidad (G) de espesor micrométrico de geometría definida por medio de un proceso de fotolitografía y ataque iónico reactivo (A_1).

50 b) se dispone sobre dicha cavidad (G) una primera capa de material metálico (M1) mediante un proceso (A_2) de deposición física desde fase vapor y se establece fotolitográficamente su geometría constituyéndose en la geometría del electrodo fijo (EF)

55 c) se deposita sobre la cara superior (cs) de un soporte del electrodo deformable (2) consistente en un soporte de silicio, una segunda capa de material metálico (M2) mediante un proceso de deposición física desde fase vapor (B_2)

d) se deposita sobre la cara inferior (ci) del soporte de silicio (2) una tercera capa de material metálico (M3) mediante un proceso de deposición física desde fase vapor (B_2)

60 e) se define fotolitográficamente (B_3) una geometría preestablecida sobre la segunda capa metálica (M2) que hará de pantalla o máscara (3) de protección para el proceso de definición de la membrana

f) se dispone fotolitográficamente una geometría preestablecida sobre la tercera capa metálica (M3) que hará de electrodo deformable móvil (4)

65 g) se realiza un proceso de pegado electrostático (C) entre sí del soporte de electrodo fijo (1) y del soporte de silicio (2)

ES 2 293 767 A1

h) se realiza un proceso de ataque iónico reactivo (D) sobre el soporte de silicio (2) para la eliminación de silicio en el volumen (v) permitido por la pantalla o máscara (3) de protección.

5 Como realización preferida de acuerdo con la presente invención se describe el procedimiento de fabricación de un microcondensador formado por un electrodo fijo y otro móvil (deformable).

10 El procedimiento de fabricación de las membranas metálicas ultrafinas mediante un ataque iónico reactivo con parada automática esta formada por la superposición del proceso de fabricación de la oblea de silicio (soporte del electrodo móvil/deformable) y de la oblea de Pyrex (soporte del electrodo fijo).

15 En primer lugar se prepara la oblea de silicio, la preparación se realiza mediante un baño en tricloroetileno, acetona, alcohol y agua con ultrasonidos durante 5 minutos cada uno, el aclarado y el secado se hacen con el sistema de centrifugado (*Spinner*). Sobre la superficie de silicio ya limpiada se deposita por técnicas PVD (*Physical Vapour Deposition*) una película de aluminio de 500 nm de espesor destinada a proteger partes selectivas del silicio durante el posterior ataque de silicio, esta capa de aluminio se emplea como máscara durante el ataque de silicio (B1). Acto seguido se procede a depositar una segunda capa de aluminio de 1000 nm de espesor mediante pulverización catódica (*Sputtering*), esta capa de aluminio se va a emplear como membrana conductora (B2).

20 Una vez depositado el aluminio por las dos caras se procede a definir geometrías sobre las dos caras de la oblea de silicio mediante un proceso fotolitográfico de doble cara, este proceso fotolitográfico comienza con un depósito de fotorresina positiva sobre una de las dos caras de la oblea mediante spinner, luego se hace un curado rápido de esta resina (25 minutos a 90°C), se deposita la fotorresina sobre la otra cara de la oblea mediante centrifugado controlado (*Spinner*) y se procede a un proceso de curado rápido de esta segunda capa de resina (30 minutos a 90°C). Acto seguido se define fotolitográficamente la geometría de las membranas y se realiza un curado completo de la fotorresina a 110°C durante 30 minutos. La eliminación selectiva del aluminio se realiza introduciendo la oblea de silicio en una solución química a temperatura ambiente y compuesta por H₃PO₄ (19 ml), HNO₃ (1 ml) y H₂O (4 ml) durante 30 minutos aproximadamente (B3).

30 A continuación la oblea es sometida a un tratamiento térmico; para ello la oblea se introduce en un horno y se introduce en la cámara del horno un flujo de N₂ de 2 l/min. Se va incrementando la temperatura del horno con una rampa de temperatura de 30°C/min hasta llegar a los 500°C de temperatura, se mantiene a 500°C durante 30 minutos y después se enfría el horno lentamente con una rampa de bajada de 20°C/min hasta llegar a la temperatura de 50°C.

35 Sobre la oblea de silicio con aluminio ya atacado, se realiza un segundo proceso fotolitográfico en la que se define el segundo electrodo del sensor capacitivo. Para ello se deposita la fotorresina positiva sobre la oblea de silicio por medio de una centrifugadora (*Spinner*) y se realiza un curado rápido de la fotorresina a 90°C durante 25 minutos, se definen fotolitográficamente las geometrías del electrodo y las pistas y se realiza un curado completo de la fotorresina a 110°C durante 30 minutos.

40 Sobre la fotorresina se depositan por pulverización catódica (*Sputtering*) la película de cromo destinada a favorecer la adhesión y la capa de metalización de platino, de unos 200 nm de espesor. A continuación, por *lift-off* (Levantamiento) empleando una disolución de acetona calentada a 45°C y con ultrasonidos, se eliminan la resina, el cromo y el platino que se han depositado fuera de las zonas de la geometría definida por fotolitografía, de manera que quedan definidos los electrodos, contactos y pistas conductoras.

45 Una vez procesada la oblea de silicio se comienza con el procesado de la oblea de Pyrex, la preparación se realiza mediante un baño en tricloroetileno, acetona, alcohol y agua con ultrasonidos durante 5 minutos cada uno, el aclarado y el secado se hacen con el sistema de centrifugado (*Spinner*).

50 A continuación se procede a la definición de geometrías de los *gaps* en el Pyrex mediante un proceso fotolitográfico, este proceso fotolitográfico comienza con un depósito de fotorresina positiva sobre la oblea mediante spinner, luego se realiza un curado rápido de esta resina (25 minutos a 90°C), se define fotolitográficamente la geometría de los *gaps* y se realiza un curado completo de la fotorresina a 110°C durante 30 minutos. Esta fotorresina sirve como máscara en el ataque seco de Pyrex mediante RIE (*Reactive Ion Etching*). Para el ataque iónico reactivo se introducen las obleas en una cámara de vacío donde se inyecta un gas compuesto por CHF₃ y Argon que con la ayuda del campo eléctrico generado por la tensión DC_BIAS de 210 v reaccionan con los átomos que componen el Pyrex. Se ataca el Pyrex durante 115 minutos consiguiendo *gaps* de 3 μm de profundidad (A1).

60 Sobre el Pyrex ya atacado se realiza un segundo proceso fotolitográfico en el que se definen los electrodos del sensor capacitivo. Para ello se deposita la fotorresina positiva sobre la oblea de Pyrex por medio del sistema de centrifugado (*Spinner*) y se realiza un curado rápido de la fotorresina a 90°C durante 25 minutos, se definen fotolitográficamente las geometrías de los electrodos y las pistas y se realiza un curado completo de la fotorresina a 110°C durante 30 minutos. Sobre la fotorresina se depositan por sputtering la película de cromo destinada a favorecer la adhesión y la capa de metalización de platino, de unos 200 nm de espesor. A continuación por *lift-off* (Levantamiento), disolución de acetona calentada a 45°C y con ultrasonidos, se eliminan la resina, el cromo y el platino que se han depositado fuera de las zonas de la geometría definida por fotolitografía, de manera que quedan definidos los electrodos, contactos y pistas conductoras (A2).

Con la oblea de Pyrex y la oblea de silicio ya procesadas se procede al pegado de una con otra por medio del pegado anódico. Para ello se realiza una exhaustiva limpieza de la oblea de silicio y de la oblea de Pyrex con el fin de eliminar cualquier partícula situada en la superficie de las obleas que dificultaría su pegado. La limpieza consiste en introducir las obleas en recipientes de tricloroetileno, acetona, alcohol y agua, con ultrasonidos durante 10 minutos cada uno, el secado de las obleas se realiza colocando las obleas sobre una centrifugadora (*Spinner*). Después se procede a la deshidratación de las obleas introduciendo las dos obleas en un horno a 120°C y manteniéndolas dentro durante 15 minutos. Acto seguido se alinean las dos obleas entre sí y se fijan de tal manera que se asegure un buen contacto íntimo a la vez que se evite el desalineamiento entre las dos obleas. El conjunto Pyrex-silicio se introduce en una cámara donde se aumenta paulatinamente la temperatura hasta llegar a 450°C, después se le aplica una diferencia de potencial de 1200 v. La polarización de los electrodos se fija de tal manera que el electrodo positivo esta en íntimo contacto con la oblea de silicio y el electrodo negativo esta en contacto con la oblea de Pyrex. Esta configuración eléctrica hace que los iones positivos de sodio vayan hacia el electrodo negativo y los iones negativos de oxígeno vayan a la interfase entre el Pyrex y el silicio, los iones negativos de oxígeno situados en la interfase se recombinan con los átomos de silicio formando la interfase de óxido de silicio(C) que habilita el pegado de las dos obleas.

Como último paso del proceso de fabricación, se realiza el ataque iónico reactivo de parada automática con el cual se liberan las membranas metálicas ultrafinas. En este ataque iónico reactivo se introducen las obleas en una cámara de vacío donde se inyecta un gas compuesto por SF₆ y O₂ que con la ayuda del campo eléctrico generado por la tensión DC_BIAS de 136 v reaccionan con los átomos del silicio. El aluminio de la cara superior de la oblea actúa como máscara ya que no reacciona con los gases SF₆ y O₂, permitiendo así definir perforaciones con la geometría deseada. El aluminio depositado sobre la cara inferior se emplea como membrana y como capa de parada, de tal modo que cuando el atacante perfora el silicio de lado a lado y llega al aluminio de la cara inferior, el ataque se para automáticamente. Después de un ataque de 160' las membranas están completamente liberadas y el proceso de fabricación de la membrana metálica esta acabado (D).

A pesar de que se ha descrito y presentado una realización concreta que emplea el mecanismo de autoparada objeto de la invención, es evidente que el experto en la materia podrá introducir variables y modificaciones o sustituir los detalles por otros técnicamente equivalentes sin apartarse del ámbito de protección definido por las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo está claro que el material metálico de los electrodos podrá ser cualquier otro que no presente reactividad con los iones derivados del gas empleado en el proceso de eliminación reactiva del silicio.

Resulta también claro que la especificación "Electrodo Deformable" hace referencia a una membrana metálica ultrafina con una cierta capacidad de movimiento, entendiéndose con ello realizaciones total o parcialmente soportadas por el silicio a lo largo de su periferia o suspendida del silicio mediante un conjunto de dos, tres, cuatro o en general un número finito de brazos de sustentación.

Resulta también evidente que la protección se extiende también a microestructuras multicapacitivas que operando por el mismo principio se obtienen por una subdivisión del electrodo fijo en N subelectrodos fijos de cualquier geometría y un electrodo común móvil de geometría generalizada. Ello implica un marco de protección extendido a cualquier microestructura del tipo multicondensador o multiactuador electrostático que funcione bajo el principio de un electrodo móvil común y un conjunto de N subelectrodos fijos.

Este procedimiento permite la fabricación de microcapacidades con electrodos metálicos fijos y móviles con aplicabilidad a microestructuras accionadas electrostáticamente del tipo:

a) microcondensador sencillo constituido por un electrodo fijo y otro móvil y deflexión del electrodo móvil por tensión eléctrica aplicada entre ambos electrodos;

b) microcondensador doble obtenido por la subdivisión del electrodo fijo en dos subelectrodos eléctricamente aislados entre sí para constituir dos condensadores con electrodo móvil común. Un microcondensador funciona como elemento actuador electrostático para el desplazamiento del electrodo deformable común y el otro funciona consecuentemente como una capacidad variable y de valor ajustado por la tensión DC aplicada al microcondensador actuador;

c) microsistema Multicondensador en donde el electrodo fijo es subdividido en N subelectrodos para configurar con el electrodo móvil común N microcondensadores. De ellos M < N actúan como elementos de actuación electrostática del electrodo móvil común y el resto (N-M) como capacidades variables;

d) microactuadores electrostáticos para el desplazamiento y posicionamiento de membranas metálicas. Basados en la reivindicación Microsistema Multicondensador (6.c) los N microcondensadores actúan como microactuadores electrostáticos locales. La programación de una secuencia de tensiones aplicadas a cada microactuador electrostático programa el tipo e intensidad del microdesplazamiento de la membrana (Electrodo común móvil o deformable).

Este procedimiento también permite la fabricación de microsensores de tipo capacitivo constituidos por dos electrodos uno fijo y otro móvil con capacidad de deformarse bajo la acción de una variable mecánica, térmica o inmovilización superficial de biomoléculas.

Todo ello es también objeto del invento.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de fabricación de membranas metálicas ultrafinas de espesor controlado por ataque iónico reactivo y con parada automática, **caracterizado** porque:
- 10 a) se realiza en un soporte del electrodo fijo (1) consistente en vidrio de alto contenido de óxido de sodio (Na_2O) el grabado de una cavidad (G) de espesor micrométrico de geometría definida por medio de un proceso de fotolitografía y ataque iónico reactivo.
- 15 b) se dispone sobre dicha cavidad (G) una primera capa de material metálico (M1) mediante un proceso de deposición física desde fase vapor y se establece fotolitográficamente su geometría constituyéndose en la geometría del electrodo fijo (EF)
- 20 c) se deposita sobre la cara superior (cs) de un soporte del electrodo deformable (2) consistente en un soporte de silicio, una segunda capa de material metálico (M2) mediante un proceso de deposición física desde fase vapor
- 25 d) se deposita sobre la cara inferior (ci) del soporte de silicio (2) una tercera capa de material metálico (M3) mediante un proceso de deposición física desde fase vapor
- 30 e) se establece fotolitográficamente una geometría preestablecida sobre la segunda capa metálica (M2) que hará de pantalla o máscara (3) de protección para el proceso de definición de la membrana
- 35 f) se establece fotolitográficamente una geometría preestablecida sobre la tercera capa metálica (M3) que hará de electrodo deformable móvil (4)
- 40 g) se realiza un proceso de pegado electrostático entre sí del soporte de electrodo fijo (1) y del soporte de silicio (2)
- 45 h) se realiza un proceso de ataque iónico reactivo sobre el soporte de silicio (2) para la eliminación de silicio en el volumen (v) permitido por la pantalla o máscara (3) de protección.
- 50 i) se dispone de un mecanismo automático de parada del proceso de ataque iónico reactivo en el que la capa con la función de electrodo deformable actúa como capa de parada en el proceso de eliminación del volumen (v) de silicio.
- 55 j) los materiales metálicos (M2 y M3) de las segunda y tercera capa no deben presentar reactividad con los iones derivados del gas empleado en el proceso de ataque iónico reactivo de eliminación del volumen (v) de silicio.
- 60 2. Microestructura capacitiva, **caracterizada** porque consta de un electrodo fijo y otro móvil y deflexión del electrodo móvil por tensión eléctrica aplicada entre ambos electrodos.
- 65 3. Microestructura capacitiva, según la reivindicación 2, **caracterizada** porque el electrodo metálico móvil deformable (4) es una membrana ultrafina totalmente soportada por el silicio a lo largo de toda su periferia.
- 70 4. Microestructura capacitiva, según la reivindicación 2, **caracterizada** porque el electrodo metálico móvil deformable (4) es una membrana ultrafina parcialmente soportada por el silicio en una parte de su periferia.
- 75 5. Microestructura capacitiva, según la reivindicación 2, **caracterizada** porque el electrodo metálico móvil deformable (4) es una membrana ultrafina soportada por el silicio mediante un conjunto finito de brazos metálicos de sustentación situados lo largo de toda su periferia.
- 80 6. Microestructura capacitiva, según la reivindicación 2, **caracterizada** porque la separación entre los electrodos fijo (EF) y móvil (4) queda fijada por la profundidad de la cavidad (G) sobre el soporte del electrodo fijo (1).
- 85 7. Microestructura capacitiva, según la reivindicación 2, **caracterizada** porque se emplea como material dieléctrico el aire.
- 90 8. Microestructura capacitiva, según la reivindicación 2, **caracterizada** porque se emplea como dieléctrico entre los electrodos fijo (EF) y móvil (4) fluidos líquidos o gaseosos.
- 95 9. Microestructura capacitiva, según reivindicación 2, **caracterizada** porque el electrodo fijo se subdivide en dos subelectrodos eléctricamente aislados entre sí para constituir dos microcondensadores con electrodo móvil común.
- 100 10. Microestructura capacitiva, según reivindicación 2, **caracterizada** porque el electrodo fijo se subdivide en N subelectrodos para configurar con el electrodo móvil común N microcondensadores.

ES 2 293 767 A1

11. Microestructura capacitiva, según reivindicación 10, **caracterizada** porque los N microcondensadores actúan como microactuadores electrostáticos locales con una programación de una secuencia de tensiones aplicadas a cada microactuador electrostático que programa el tipo e intensidad del microdesplazamiento de la membrana, electrodo común móvil o deformable.

5

12. Modo de operación de la microestructura capacitiva, según reivindicación 9, **caracterizado** porque un microcondensador funciona como elemento actuador electrostático para el desplazamiento del electrodo deformable común y el otro funciona consecuentemente como una capacidad variable y de valor ajustado por la tensión DC aplicada al microcondensador actuador.

10

13. Modo de operación de la microestructura capacitiva, según reivindicación 10, **caracterizado** porque, de los N microcondensadores, $M < N$ actúan como elementos de actuación electrostática del electrodo móvil común y el resto (N-M) como capacidades variables.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

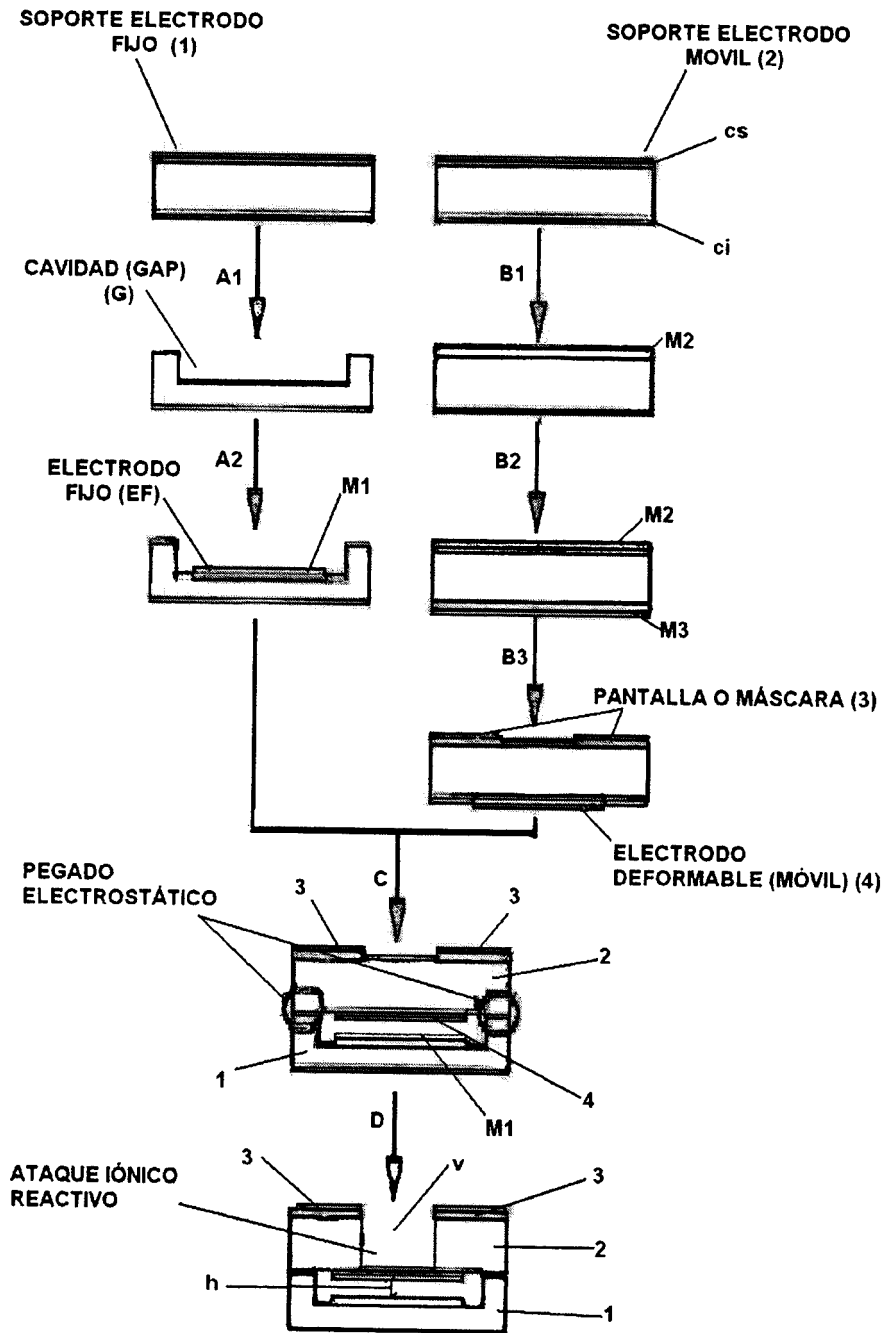


Figura 1



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 293 767

② Nº de solicitud: 200500698

③ Fecha de presentación de la solicitud: **23.03.2005**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ **Int. Cl.:** Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2001021585 A (HARA et al.) 13.09.2001, párrafos [19-20],[22],[42-49],[55],[73],[89]; figuras 4,5A-5F,6F.	1
X	EP 1443017 A2 (AKUSTICA INC) 04.08.2004, párrafos [18],[21-22]; figuras 9-9A,12A-13A.	2-8
X	WO 0077804 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG; HILLERICH BERND; SCHIELE IGNAZ) 21.12.2000, resumen; figura 4.	2,9-13
A	WO 2004000717 A2 (FILTRONIC COMPOUND SEMICONDUCT; GALLANT ANDREW JAMES) 31.12.2003, todo el documento.	2-8

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 nº:

Fecha de realización del informe

28.02.2008

Examinador

E. Pina Martínez

Página

1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

B81C 1/00 (2006.01)

B81B 3/00 (2006.01)

B81B 7/04 (2006.01)