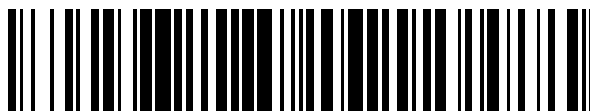


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 126**

51 Int. Cl.:
H01H 59/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09370007 .8**

96 Fecha de presentación: **20.03.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2230679**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.09.2010**

54 Título: **Estructura de tipo MEMS con una membrana flexible y medios de accionamiento eléctrico mejorados**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.10.2012

73 Titular/es:
**DELFMEMS
Park Piazza II - Bâtiment B11, rue de l'harmonie
Hub Innovation
59650 Villeneuve d'Ascq, FR**

72 Inventor/es:
**Segueni, Karim y
Lorphelin, Nicolas**

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 388 126 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

Estructura de tipo MEMS con una membrana flexible y medios de accionamiento eléctrico mejorados.

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere al campo técnico de los Sistemas Micro Electromecánicos (MEMS) y, más especialmente, a una novedosa estructura MEMS que tiene una membrana flexible y a unos medios de accionamiento eléctrico mejorados para doblar dicha membrana. Esta novedosa estructura MEMS puede ser usada en diversas aplicaciones y, en particular, puede ser usada, ventajosamente, por ejemplo, para la fabricación de conmutadores MEMS (conmutadores de contacto óhmico o conmutadores de contacto capacitivo), más particularmente conmutadores de Radio Frecuencia (RF), o puede ser usada, ventajosamente, por ejemplo, para la fabricación de estructuras ópticas de tipo MEMS, denominadas también Sistemas Micro-Opto-Electro-Mecánicos (MOEMS).

Técnica anterior

- 15 Las estructuras de tipo Sistemas Micro Electromecánicos (MEMS), son ampliamente usadas, en la actualidad, para la fabricación de conmutadores de RF (conmutadores de contacto óhmico o conmutadores de contacto capacitivo) o conmutadores ópticos. Estas estructuras de tipo MEMS son usadas, más particularmente, en sistemas de telecomunicaciones, para fabricar, por ejemplo, agrupaciones de antenas controladas por fase, desfases, componentes de sintonización conmutables, etc.

- 20 Una estructura de tipo MEMS comprende, generalmente, medios de conmutación micromecánicos que son movibles entre al menos dos posiciones, y medios de accionamiento eléctrico que están adaptados para generar fuerzas sobre los medios de conmutación mecánicos para mover estos últimos entre sus al menos dos posiciones.

- 25 Pueden usarse diferentes técnicas de accionamiento para implementar los medios de accionamiento eléctrico de una estructura de tipo MEMS. Estos medios de accionamiento eléctrico pueden ser medios de accionamiento electrostáticos, electromagnéticos, piezoelectrónicos o electrotérmicos. Sin embargo, el accionamiento electrostático es la técnica usada predominantemente hasta la fecha, ya que permite conseguir tiempos de conmutación más cortos (típicamente, inferiores a 200 μ s) y un consumo de energía casi nulo y una completa compatibilidad tecnológica con el flujo de procesamiento CMOS clásico. Además, en los diseños de conmutadores de tipo MEMS de RF, pueden combinarse diferentes técnicas de accionamiento (por ejemplo, un elemento de retención de voltaje electrostático puede estar acoplado con un accionamiento térmico).

- 35 Los medios de conmutación micromecánicos de una estructura de tipo MEMS pueden comprender un elemento rígido móvil, tal como, por ejemplo, una barra rígida móvil o una membrana flexible.

- Una estructura de tipo MEMS que comprende un elemento de conmutación móvil, rígido, se describe, por ejemplo, en la solicitud de patente US No. 2005/0001701, o en la solicitud de patente europea EP-A-1 489 639.

- 40 Sin embargo, el uso de una membrana flexible permite conseguir, de manera ventajosa, tiempos de conmutación más cortos, en comparación con el uso del elemento de conmutación móvil, rígido.

- 45 La membrana flexible puede estar anclada en ambos extremos sobre un sustrato para formar un puente. Las estructuras de tipo MEMS, que comprenden un elemento de conmutación constituido por dicha una membrana flexible doblemente anclada, se describen en las publicaciones siguientes: solicitud de patente US 2004/0050674, solicitud de patente US 2004/0091203, solicitud de patente europea EP-A-1 343 189, solicitud PCT WO-A-2004/076341, solicitud de patente europea EP1672661, patente US 5.867.302.

- 50 La membrana flexible puede estar anclada también sobre un sustrato únicamente en un extremo, con el fin de formar un voladizo. Las estructuras de tipo MEMS, que comprenden un elemento de conmutación constituido por dicha una membrana flexible en voladizo, se divulgan, por ejemplo, en la patente US 5.638.946.

- 55 La membrana flexible también puede estar soportada libremente sobre un sustrato, tal como se divulga, por ejemplo, en la solicitud de patente europea EP-A-1 705 676. Dicha una membrana flexible, libre, está sometida, de manera ventajosa, a un esfuerzo mecánico menor que las membranas flexibles doblemente ancladas o membranas en voladizo y, de esta manera, la vida útil de la estructura de tipo MEMS es aumentada ventajosamente.

- 60 En la realización de las Figuras 1 y 2 de la solicitud de patente europea EP-A-1 705 678, la membrana flexible está soportada libremente sobre dos pilares y está adaptada para tener dos estados: un estado forzado hacia arriba (mostrado en la Figura 2) y un estado de reposo (mostrado en la Figura 1). Con el fin de doblar la membrana a su estado forzado hacia arriba, la estructura de tipo MEMS comprende unos medios de accionamiento eléctrico de subida que están adaptados para doblar la membrana flexible para subir la parte funcional de la membrana. En esta

realización particular, la parte funcional de la membrana es la parte de la membrana situada entre los dos pilares. Estos medios de accionamiento eléctrico de subida están constituidos, más particularmente, por dos electrodos externos, que están posicionados debajo de la membrana, entre cada extremo de la membrana y el pilar más cercano, y que están adaptados para ejercer fuerzas de empuje electrostáticas sobre ambos extremos de la membrana, cuando se aplica un voltaje de accionamiento a los electrodos. Estas fuerzas de empuje, combinadas con un efecto de palanca sobre los pilares, permiten doblar hacia arriba la membrana, a su estado forzado hacia arriba. Cuando el voltaje de accionamiento en los electrodos es cero, la membrana vuelve a su posición de reposo de la Figura 1, gracias a la rigidez de la membrana.

Objetivo de la Invención

Existe una necesidad de tener una estructura de tipo MEMS con al menos dos estados forzados para la membrana, es decir, una estructura de tipo MEMS en la que la membrana flexible puede tener un estado forzado hacia arriba, y un estado forzado hacia abajo y, si es necesario, un estado de reposo entre el estado forzado hacia arriba y el estado forzado hacia abajo.

Dicha una estructura de tipo MEMS podría ser obtenida, por ejemplo, a partir de la realización de las Figuras 1 y 2 de la solicitud de patente europea EP, añadiendo medios de accionamiento eléctrico de bajada que están adaptados para doblar hacia abajo la membrana flexible, para bajar la parte funcional de la membrana, debajo de la posición de reposo horizontal de la membrana. Estos medios de accionamiento eléctrico de bajada pueden estar constituidos, por ejemplo, por electrodos internos adicionales que están posicionados debajo de la membrana, entre los dos pilares que soportan la membrana. Dichos electrodos internos están adaptados para ejercer fuerzas electrostáticas de empuje sobre la parte funcional de la membrana, cuando un voltaje de accionamiento es aplicado a los electrodos.

Pero con dicha una estructura de tipo MEMS, de dos estados forzados, para poder hacer que la membrana se mueva entre el estado forzado hacia arriba y el estado forzado hacia abajo, sin fallo y, si es necesario, a tasas elevadas, es necesario:

- usar una membrana rígida y grandes deformaciones de membrana, para obtener una fuerza de recuperación mecánica de la membrana que sea suficientemente grande para doblar de nuevo la membrana hacia su posición de reposo,
- usar un voltaje de accionamiento alto, debido al gran hueco entre la membrana en su estado forzado hacia arriba y los electrodos de accionamiento de bajada o entre la membrana en su estado forzado hacia abajo y los electrodos de actuación de subida; además, cuanto mayor sea la rigidez de la membrana, más alto debe ser el voltaje de accionamiento.

Dicho aumento del voltaje de accionamiento es perjudicial, ya que consume energía, particularmente debido a la adición de un convertidor DC/DC, y hace que la estructura de tipo MEMS sea más difícil de diseñar, particularmente en términos de restricciones de compacidad y de costes de fabricación.

De esta manera, el objetivo de la invención es proponer una novedosa estructura de tipo MEMS, que tiene una membrana flexible que puede ser accionada entre al menos un estado forzado hacia arriba y un estado forzado hacia abajo, y que ha sido mejorada para reducir el voltaje de accionamiento y/o la rigidez de la membrana sin perjuicio de la eficiencia de la estructura de tipo MEMS. Dentro del alcance de la invención, esta estructura de tipo MEMS puede comprender una membrana flexible, sin anclaje y soportada libremente, del tipo descrito en el documento EP-A-1 705 676 o una membrana flexible, doblemente anclada, o una membrana flexible en voladizo.

Sumario de la Invención

Este objetivo se consigue mediante la novedosa estructura de tipo MEMS definida en la reivindicación 1. Esta novedosa estructura de tipo MEMS comprende:

- una membrana flexible, que tiene un eje principal longitudinal que define una dirección (X) longitudinal,
 - al menos un pilar bajo la membrana flexible,
 - medios de accionamiento eléctrico de bajada, que están adaptados para doblar hacia abajo la membrana flexible a un estado forzado hacia abajo,
 - medios de accionamiento eléctrico de elevación, que están adaptados para doblar hacia arriba la membrana flexible a un estado forzado hacia arriba,
- y en la que los medios de accionamiento eléctrico de bajada o los medios de accionamiento eléctrico subida comprenden una zona de accionamiento, que se extiende bajo una parte de la membrana y que está adaptada para ejercer fuerzas de empuje sobre la membrana (6), simultáneamente en ambos lados de dicho al menos un pilar (3) en la dirección (X) longitudinal.

Esta extensión de los medios de accionamiento eléctrico de bajada o medios de accionamiento eléctrico de subida en

ambos lados del pilar en la dirección longitudinal mejora el accionamiento de la membrana desde un estado forzado al otro.

Dentro del alcance de la invención, la membrana flexible puede estar soportada en reposo por dicho al menos un pilar, o puede estar separada de dicho al menos un pilar (es decir, no soportada en reposo por dicho al menos un pilar).

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la invención aparecerán más claramente con la lectura de la descripción detallada siguiente de diversas realizaciones de la invención. Esta descripción detallada es realizada a modo de ejemplos no exhaustivos y no limitativos, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- La Figura 1 es una vista en sección (en el plano I-I de la Figura 4) de un conmutador de tipo MEMS de RF, capacitivo, de la invención, en la que la membrana flexible está en su posición de reposo,
- La Figura 2 es una vista en sección del conmutador de la Figura 1, en la que la membrana flexible está en su estado forzado hacia abajo,
- La Figura 3 es una vista en sección del conmutador de la Figura 1, en la que la membrana flexible está en su estado forzado hacia arriba,
- La Figura 4 es una vista superior del conmutador de tipo MEMS de RF, capacitivo, de las Figuras 1 a 3,
- Las Figuras 4A, 5 a 7 son vistas superiores de otros ejemplos de conmutador de tipo MEMS de RF, capacitivo, de la invención, que muestran otras geometrías adecuadas para la membrana y las zonas de accionamiento,
- Las Figuras 8 a 12 son vistas superiores de otros ejemplos de la estructura de tipo MEMS de la invención, que muestran otras geometrías adecuadas para la membrana y las zonas de accionamiento,
- La Figura 13 es una vista superior y dos vistas en sección transversal de una estructura de tipo MEMS mejorada de la invención.

Descripción detallada

Las Figuras 1 a 4 muestran un conmutador de tipo MEMS, capacitivo, que está realizado según una realización preferente de la invención. En aras de la claridad, debe destacarse, sin embargo, que el alcance de la invención no está limitado a un conmutador de tipo MEMS de RF, capacitivo, sino que abarca cualquier estructura de tipo MEMS que comprende una membrana flexible que puede ser accionada entre un estado forzado hacia arriba y un estado forzado hacia abajo. La invención puede ser puesta en práctica también, por ejemplo, para realizar conmutadores de tipo MEMS de RF, de contacto óhmico, o Sistemas Micro-Opto-Electro-Mecánicos (MOEMS).

El conmutador de tipo MEMS de RF, capacitivo, de las Figuras 1 a 4 tiene una novedosa estructura que se detallará a continuación, y puede ser fabricado mediante el uso de tecnologías convencionales de micromecanizado de superficies.

Con referencia a las Figuras 1 a 3, el conmutador de tipo MEMS de RF comprende una oblea 1 (por ejemplo, realizada en silicio) que forma el sustrato del conmutador. Una delgada capa 2 dieléctrica, tal como una capa de pasivación, es depositada sobre la superficie de dicha oblea 1. En la capa 2 dieléctrica, el conmutador comprende:

- dos pilares 3, 3' laterales que están separados en la dirección X longitudinal, extendiéndose cada pilar 3, 3' en la dirección transversal de la Figura 1 (véase la Figura 4 - dirección Y transversal perpendicular a la dirección X longitudinal),
 - un pilar 4 central que se extiende en la dirección Y transversal, estando posicionado dicho pilar 4 central entre los dos pilares 3, 3' laterales y, preferentemente, en el centro entre los pilares 3, 3'.
- En contraste con los pilares 3 y 3' laterales, la superficie superior del pilar 4 central está cubierta por una delgada capa 5 dieléctrica para la configuración de conmutador capacitivo.

Los dos pilares 3, 3' laterales y el pilar 4 central forman una guía de ondas coplanaria (CPW), correspondiendo los dos pilares 3, 3' laterales a las líneas de tierra. El pilar 4 central forma la línea de señal para la transmisión de la señal eléctrica de RF en el interior de la guía de ondas coplanaria (CPW). En otra variante, la línea de señal de RF puede ser implementada también por medio de una guía de ondas de tipo microcinta.

Los pilares 3, 3' laterales y el pilar 4 central están realizados, por ejemplo, en un metal, tal como oro o una aleación de oro. El material dieléctrico para las capas 2 y 5 puede ser cualquier material y, en particular, polímero, con una conductividad eléctrica muy baja. Por ejemplo, las capas 5 dieléctricas pueden estar realizadas en nitrato de silicio, Ta₂O₅, AlN, Al₂O₃.

El conmutador de tipo MEMS de RF comprende además un elemento de conmutación que está constituido por una delgada membrana 6 flexible de eje 6a longitudinal (Figura 4). Dicha membrana 6 flexible está posicionada sobre los pilares 3, 3', 4. El eje 6a longitudinal de la membrana 6 es paralelo a la dirección X longitudinal, indicada anteriormente,

y perpendicular a la dirección Y transversal, indicada anteriormente. Ambos extremos, 6b, 6c, de la membrana 6 no están anclados sobre el sustrato 1 y, de esta manera, la membrana está soportada libremente en reposo (Figura 1) por los pilares 3, 3'. En la variante de la Figura 1, la membrana 6 flexible está separada del pilar 4 central y, de esta manera, no está soportada en reposo por dicho pilar 4 central.

En otra variante, la membrana 6 flexible del conmutador podría estar soportada, sin embargo, en reposo por el pilar 4 central.

Esta membrana 6 flexible está realizada en metal, por ejemplo, tal como aluminio, oro o cualquier aleación conductora.

La Figura 4 muestra un ejemplo de la geometría para la membrana 6. Otras geometrías adecuadas para la membrana 6 se muestran en las Figuras 5 a 7 y se describirán, en detalle, más adelante en la presente memoria.

Con referencia a la realización particular de la Figura 4, la membrana 6 comprende una parte 60 central, principal, flexible, que está soportada por los pilares 3, 3' y se extiende sustancialmente entre los dos pilares 3, 3' laterales. Dicha parte 60 central, flexible, se denomina, en la presente memoria, la "parte funcional" de la membrana 6, y puede ser doblada hacia arriba o hacia abajo longitudinalmente (es decir, en la dirección X longitudinal) por un efecto de palanca sobre los pilares 3, 3'. Esta parte 60 funcional forma un rectángulo de anchura I1 y de longitud L1, y comprende dos partes 60a y 60b rectangulares de mayor anchura I2. La parte 60a rectangular está posicionada entre el pilar 3 lateral y el pilar 4 central, y la parte 60b rectangular está posicionada entre el pilar 3' lateral y el pilar 4 central.

La parte 60 funcional de la membrana 6 está extendida en ambos extremos por dos extensiones 61 que tienen una sustancial forma de U. Cada extensión 61 se denomina, en la presente memoria, "parte no funcional" de la membrana 6. Estas "partes no funcionales" constituyen las zonas de accionamiento que, normalmente, no están presentes en las estructuras de tipo MEMS doblemente ancladas o en voladizo.

Cada parte 61 no funcional de la membrana 6 comprende una parte 61a no funcional, central, que forma la base de la forma de U y dos partes 61b no funcionales, laterales. Cada parte 61b no funcional, lateral, forma un rectángulo de longitud L3 (dimensión medida en la dirección X longitudinal), y de anchura I3 (dimensión medida en la dirección Y transversal). Los dos partes 61b no funcionales, laterales, de una parte 61 no funcional, con forma de U, están posicionadas a cada lado de la parte 60 funcional de la membrana 6 en la dirección Y transversal. En aras de la claridad, las cuatro partes 61b no funcionales, laterales, de la membrana 6 han sido sombreadas en la Figura 4.

Cuando la membrana 6 está en la posición de reposo de la Figura 1, cada parte 61a no funcional, central, está posicionada fuera de los pilares 3, 3' en la dirección X longitudinal; cada parte 61b no funcional, lateral, de la membrana 6 está posicionada fuera del pilar 3 ó 3' lateral correspondiente en la dirección Y transversal y se extiende a ambos lados del pilar 3 ó 3' lateral correspondiente en la dirección X longitudinal. Además, hay provisto un espacio 62 entre la parte 60 funcional, principal, flexible, de la membrana 6 y cada parte 61b no funcional, lateral, de manera que cada parte 61b no funcional, lateral, de la membrana 6 es flexible y es capaz de ser doblada longitudinalmente (es decir, en la dirección X longitudinal) independientemente de la parte 60 funcional, principal, flexible, de la membrana 60.

Tal como ya se ha descrito en la solicitud de patente europea 1 705 676, el conmutador de tipo MEMS comprende también, preferentemente, topes 3a (denominados "partes puente" en el documento EP 1 705 676) que están posicionados sobre cada pilar 3, 3' lateral, y que forman un paso a través del cual la parte 60 central de la membrana 6 está posicionada libremente. Estos topes se muestran solamente en la Figura 1 y, en aras de la claridad, no se muestran en las Figuras 2 y 3. Estos topes son usados para mantener la membrana 6 sobre los pilares 3 y 3' laterales, pero sin impedir que la membrana 6 se mueva libremente en relación a los pilares 3 laterales durante el uso normal del conmutador. Estos topes pueden ser reemplazados por cualquier otro medio equivalente.

El conmutador de tipo MEMS de RF comprende además medios 7 de accionamiento electrostático de bajada que son usados para doblar longitudinalmente hacia abajo la membrana 6 al estado forzado hacia abajo de la Figura 3, y medios 8 de accionamiento electrostático de subida que son usados para doblar longitudinalmente hacia arriba la membrana 6 al estado forzado hacia arriba de la Figura 2.

Los medios 7 de accionamiento electrostático de bajada están formados por dos electrodos 7a, 7b, internos, que están posicionados bajo la parte 60 funcional de la membrana 6. Los electrodos 7a internos se extienden entre el pilar 3 lateral y el pilar 4 central. Los electrodos 7b internos se extienden entre el pilar 4 central y el pilar 3' lateral. Más particularmente, con referencia a la Figura 4, los dos electrodos 7a, 7b internos delimitan dos zonas 7c internas de accionamiento de bajada (simbolizadas por líneas de puntos). Cuando la membrana 6 está en reposo (Figura 1 y Figura 4), cada zona 7c interna de accionamiento de descenso está posicionada debajo de las partes 60a, 60b rectangulares de la parte 60 funcional de la membrana 6.

Los medios 8 de accionamiento electrostático de subida están formados por dos electrodos 8a, 8b, externos, que tienen sustancialmente la misma forma en U que la parte 61 no funcional de la membrana 6. Con referencia a la Figura 4, los dos electrodos 8a, 8b externos delimitan dos zonas 8c de accionamiento de subida (simbolizadas por líneas de puntos). Cuando la membrana 6 está en reposo (Figura 1 y Figura 4), cada zona 8c de accionamiento de subida está posicionada debajo de una parte 61 no funcional de la membrana 6. Más particularmente, cada zona 8c de accionamiento de subida comprende partes laterales que están posicionadas debajo de las partes 61b no funcionales, laterales, de la membrana y, de esta manera, se extiende a ambos lados de un pilar 3 o 3' lateral en la dirección X longitudinal.

Cuando el conmutador es un conmutador de RF, capacitivo, la superficie superior de cada electrodo 7a, 7b, 8a, 8b está cubierta por una capa 9 dieléctrica (Figura 1) con el fin de evitar cualquier contacto óhmico entre la membrana 6 y los electrodos. Las capas 9 dieléctricas pueden estar realizadas en nitruro de silicio, Ta_2O_5 , AlN, Al_2O_3 . Dichas capas 9 dieléctricas pueden ser reemplazadas por cualquier otro medio equivalente que permita evitar un contacto óhmico entre la membrana 6 y los electrodos. En otra variante, las capas 9 dieléctricas pueden ser suprimidas; en dicha variante, el conmutador de tipo MEMS comprende medios de tope para prevenir que la membrana haga contacto con los electrodos 7a, 7b, 8a, 8b de accionamiento.

Estado de reposo

Cuando no se aplica un voltaje de accionamiento a los electrodos 7a, 7b, 8a y 8b, la membrana 6 del conmutador está en la posición de reposo de la Figura 1 (estado de reposo). En este estado de reposo, la membrana 6 es sustancialmente plana y está soportada por los pilares 3, 3', con un hueco g predeterminado entre la membrana 6 y el sustrato 1. En otra variante, la membrana podría estar doblada en reposo.

Estado forzado hacia abajo

Cuando se aplica un voltaje de accionamiento a los electrodos 7a, 7b, internos, se generan fuerzas electrostáticas de empuje en el interior de la zona 7c de accionamiento y empujan hacia abajo la parte 60 funcional de la membrana 6. Estas fuerzas de empuje doblan longitudinalmente hacia abajo la membrana 6 al estado forzado hacia abajo de la Figura 2. En este estado forzado hacia abajo, debido a un efecto de palanca en los pilares 3 y 3', el hueco Gint entre el sustrato 1 y cada extremo 6b, 6c de la membrana 6 es grande y, en particular, es mayor que el hueco g en el estado de reposo.

Desde el estado forzado hacia abajo al estado forzado hacia arriba - efecto de compresión

Con el fin de mover la membrana 6 desde el estado forzado hacia abajo de la Figura 2 al estado forzado hacia arriba de la Figura 3, no se aplica un voltaje de accionamiento a los electrodos 7a y 7b y, simultáneamente, se aplica un voltaje de accionamiento a los electrodos 8a, 8b. Se generan fuerzas electrostáticas en el interior de la zona 8c de accionamiento y empujan hacia abajo las partes 61 no funcionales de la membrana 6. Más especialmente, las fuerzas electrostáticas de empuje hacia abajo son ejercidas sobre cada parte 61 no funcional de la membrana 6 simultáneamente en ambos lados de cada pilar 3 o 3' lateral en la dirección X longitudinal.

En otra variante, para mover la membrana 6 desde el estado forzado hacia abajo al estado forzado hacia arriba, en una primera etapa, puede aplicarse un voltaje de accionamiento a los electrodos 8a, 8b, mientras se mantiene el voltaje de accionamiento en los electrodos 7a, 7b. A continuación, en una segunda etapa, después de una duración predeterminada (por ejemplo, una duración correspondiente al tiempo de conmutación del conmutador), no se aplica un voltaje de accionamiento a los electrodos 7a y 7b.

Con referencia a la Figura 2, en el estado forzado hacia abajo, el hueco G' medido entre el sustrato 1 y la membrana 6 en la zona entre los pilares 3, 3' laterales es menor que el hueco Gint medido entre el sustrato 1 y cada extremo 6b, 6c de la membrana 6. En el estado forzado hacia abajo, el extremo 61d interior (Figura 4) de cada parte 61b no funcional, lateral, de la membrana 6 está, de esta manera, más cerca a la zona 8c de accionamiento de subida que el extremo 61e exterior opuesto de dicha parte 61b no funcional, lateral. Al comienzo del movimiento de conmutación de la membrana 6 desde el estado forzado hacia abajo, para un voltaje de accionamiento predeterminado, las fuerzas electrostáticas de empuje que se ejercen en el interior de las zonas 8c de accionamiento son, de esta manera, mayores en el extremo 61d interior (Figura 4) de cada parte 61b no funcional, lateral, y son menores en el extremo 61e exterior opuesto de dicha parte 61b no funcional, lateral. De esta manera, las partes 61 no funcionales de la membrana son dobladas hacia abajo y se adhieren contra las zonas 8c de accionamiento progresivamente desde el extremo 61d interior de las partes 61b no funcionales, laterales, hacia el extremo 61e exterior de la parte 61b no funcional, lateral, y las partes 61a no funcionales, centrales. Este fenómeno de adherencia progresiva de la parte 61b no funcional se denomina, en la presente memoria, "efecto de compresión". Gracias a este efecto de compresión y a un efecto de palanca sobre los pilares 3, 3' laterales, la membrana 6 es doblada longitudinalmente hacia arriba, de esta manera, al estado forzado hacia arriba de la Figura 3.

Tal como ya se ha indicado, el hueco Gint en el estado forzado hacia abajo es grande, y notablemente mayor que el

huevo g en la posición de reposo. Este gran huevo Gint puede ser problemático para la transición desde el estado forzado hacia abajo al estado forzado hacia arriba. Si la membrana 6 del conmutador sólo comprendiera las partes 61a no funcionales, centrales, y no comprendiera las partes 61b no funcionales, laterales, y si los electrodos 8a, 8b no comprendieran ninguna extensión debajo de dichas partes 61b no funcionales, laterales, las fuerzas electrostáticas de empuje serían ejercidas sólo sobre las partes 61a no funcionales, centrales, de la membrana que están lejos (huevo Gint) de los electrodos 8a, 8b. El efecto de compresión indicado anteriormente no se obtendría y dicha una topología (sin las partes 61b no funcionales, laterales) requeriría, de manera perjudicial, voltajes de accionamiento más elevados.

En contraste, con la invención, debido a que el extremo 61d interno de cada parte 61b no funcional, lateral, de la membrana 6 está cerca de la zona 8c de accionamiento de subida en el estado forzado hacia abajo, el efecto de compresión indicado anteriormente puede ser comenzado y obtenido, ventajosamente, con un voltaje de accionamiento bajo y, en particular, con un voltaje de accionamiento que es, ventajosamente, mucho menor que el voltaje de accionamiento que se requeriría si la membrana no comprendiera las partes 61b no funcionales, laterales. De esta manera, la conmutación de la membrana 6 desde el estado forzado hacia abajo al estado forzado hacia arriba se obtiene, ventajosamente, con un voltaje de accionamiento menor.

Además, existe un alto riesgo de que la membrana 6 se adhiera al el sustrato de la estructura de tipo MEMS en el estado forzado hacia abajo. El fenómeno denominado fricción estática es bien conocido y puede ser debido a:

- Carga dieléctrica: la membrana 6 puede estar sometida a una fuerza electrostática que mantiene la membrana en el estado hacia abajo, incluso si se deja de suministrar energía a los medios de accionamiento eléctrico de bajada para el estado hacia abajo.
- Capilaridad: este fenómeno aparece cuando el huevo entre la parte móvil de la membrana 6 y el sustrato 1 en el estado hacia abajo es muy pequeño y el nivel de humedad es alto (normalmente > 30% de humedad relativa).
- Fuerzas de adhesión superficial (fuerzas de Van der Waals): Este fenómeno aparece en el caso de un contacto metal/metal en conmutadores de tipo MEMS de contacto óhmico.
- En el caso de un contacto metal/metal en conmutadores de tipo MEMS de contacto óhmico, puede producirse una fusión parcial de la membrana, causando, de esta manera, una leve soldadura de la membrana sobre los contactos metálicos.

Con una tipología en la que la membrana 6 del conmutador comprende solo las partes 61a no funcionales, centrales, y no comprende las partes 61b no funcionales, laterales, y en la que los electrodos 8a, 8b no comprenden ninguna extensión debajo de dichas partes 61b no funcionales, laterales, existiría un alto riesgo de fallo del conmutador cuando se produce un fenómeno de fricción estática de la membrana 6.

En comparación, en la invención, cuando un voltaje de accionamiento es aplicado a los electrodos 8a, 8b, debido a que el huevo G', indicado anteriormente, es pequeño, y gracias al efecto de compresión, indicado anteriormente, se añade una fuerza electrostática a la fuerza de recuperación mecánica de la membrana, y se mejora la fuerza de separación total del conmutador. De esta manera, puede usarse, ventajosamente, un voltaje de accionamiento menor sin perjuicio para la eficiencia del conmutador. Con el conmutador de la invención, debido a que se mejora la fuerza de separación total del conmutador, el fenómeno de fricción estática puede ser resuelto con mayor facilidad.

Otra ventaja de la gran fuerza de separación de la estructura de tipo MEMS de la invención es la capacidad de conmutación en caliente, particularmente para una estructura de tipo MEMS de RF, es decir, una capacidad de conmutación de la membrana cuando se aplica un potencial en las líneas de RF.

Con el fin de maximizar la eficiencia de las partes 61b no funcionales, laterales, la estructura de tipo MEMS puede ser modificada reduciendo localmente el huevo entre las partes 61b no funcionales, laterales, y el sustrato 1, tal como se muestra en la Figura 13. Con referencia a esta Figura 13, el huevo g2 entre las partes 61b no funcionales, laterales, y el sustrato 1 es, ventajosamente, menor que el huevo g1 entre la parte 60 funcional de la membrana 6 y el sustrato. Esta reducción del huevo puede obtenerse a través de una etapa de grabado sacrificial parcial en el espesor. Opcionalmente, el huevo entre las partes 61a no funcionales, centrales, y el sustrato 1 puede ser también, ventajosamente, menor que el huevo g1 entre la parte 60 funcional de la membrana 6 y el sustrato.

Más particularmente, con el fin de aumentar la eficiencia de las partes 61b no funcionales, laterales, la estructura de tipo MEMS puede ser modificada mediante la reducción de la rigidez de las partes 61b no funcionales, laterales. Esto se obtiene mediante la reducción del espesor de las partes 61b no funcionales, laterales, es decir, fabricando una estructura de tipo MEMS en la que el espesor de una parte 61b no funcional es menor que el espesor de la parte 60 funcional de la membrana 6. Esta reducción del espesor mejora el accionamiento de la estructura de tipo MEMS ya que reduce la rigidez de las partes 61b no funcionales, laterales, y con ello se mejora la propagación del accionamiento durante el efecto de compresión.

Estas dos mejoras (reducción del hueco y reducción del espesor) pueden ser puestas en práctica para mejorar cualquier estructura de tipo MEMS de la invención que comprende una parte o unas partes 61b no funcionales, laterales y, en particular, pueden ser puestas en práctica también para mejorar las realizaciones de las Figuras 5 a 12.

5 Las Figuras 4A y 5 a 7 muestran otros tres ejemplos de geometría para la membrana 6.

La Figura 4A muestra otra variante en la que las partes 61b no funcionales, derecha e izquierda, están unidas entre sí.

10 En la realización de la Figura 5, la membrana 6 comprende una parte 60 funcional, central, que se extiende entre los dos pilares 3 laterales. Esta parte 60 funcional, central, forma un rectángulo de longitud L1 y de anchura l1. La parte 60 funcional, central, de la membrana 6 está extendida en cada extremo 6b, 6c por una parte 61a no funcional que tiene una forma rectangular de anchura l2 ($l2 \geq l1$).

15 La parte 60 funcional, central, de la membrana 6 está extendida también lateralmente por cuatro extensiones 61 que tienen una forma de L y que forman cuatro partes 61b no funcionales, laterales, de longitud L3 y anchura l3. Estas dos partes 61b no funcionales, laterales, están posicionadas en cada lado de la parte 60 funcional de la membrana 6 en la dirección (Y) transversal. Cada parte 61b no funcional, lateral, está posicionada fuera del pilar 3 ó 3' en la dirección Y transversal y se extiende a ambos lados de un pilar 3 ó 3' en la dirección X longitudinal.

20 Los dos electrodos 7a, 7b internos delimitan dos zonas 7c interiores de accionamiento de bajada (simbolizadas por líneas de puntos) que tienen sustancialmente una forma de U. Cuando la membrana 6 está en reposo (Figura 1 y Figura 4), las partes de cada zona 7c interior de accionamiento de bajada se extiende debajo de la parte 61b no funcional, lateral, de la membrana y, de esta manera, se extienden a ambos lados de un pilar 3 ó 3' lateral en la dirección X longitudinal.

25 Los dos electrodos 8a, 8b externos delimitan dos zonas 8c de accionamiento de elevación (simbolizadas por las líneas punteadas). Cuando la membrana 6 está en reposo (Figura 1 y Figura 4), cada zona 8c de accionamiento de subida está posicionada debajo de una parte 61a no funcional, central, de la membrana 6.

30 Cuando la membrana 6 está en el estado forzado hacia arriba, debido a la flexión de la membrana 6 (Figura 2), el extremo 61d (Figura 5) de cada parte 61b no funcional, lateral, de la membrana 6 está más cerca de la zona 7c de accionamiento de bajada que el extremo 61e opuesto de dicha parte 61b no funcional, lateral.

35 Para conmutar la membrana 6 de la Figura 5 desde el estado forzado hacia arriba al estado forzado hacia abajo, no se aplica un voltaje de accionamiento a los electrodos 8a y 8b y se aplica, simultáneamente, un voltaje de accionamiento a los electrodos 7a, 7b. Se generan fuerzas electrostáticas en el interior de la zona 7c de accionamiento de bajada y empujan hacia abajo la extensión 61 de la membrana 6. Más especialmente, las fuerzas electrostáticas de empuje hacia abajo son ejercidas sobre cada parte 61b no funcional, lateral, de la membrana 6 simultáneamente en ambos lados de cada pilar 3 ó 3' lateral en la dirección X longitudinal y se obtiene, ventajosamente, un efecto de compresión (tal como el descrito anteriormente para la membrana de la Figura 4) sobre las partes 61b no funcionales, laterales, de la membrana 6. Gracias a este efecto de compresión, el voltaje de accionamiento necesario para conmutar la membrana desde el estado forzado hacia arriba al estado forzado hacia abajo se reduce ventajosamente.

40 En otra variante, para mover la membrana 6 desde el estado forzado hacia arriba al estado forzado hacia abajo, en una primera etapa, un voltaje de accionamiento puede ser aplicado a los electrodos 7a, 7b, mientras se mantiene el voltaje de accionamiento en los electrodos 8a, 8b. A continuación, en una segunda etapa, después de una duración predeterminada (por ejemplo una duración correspondiente al tiempo de conmutación del conmutador), no se aplica ningún voltaje de accionamiento a los electrodos 8a y 8b.

50 Para la variante de la Figura 5, la mejora indicada anteriormente, relacionada con la reducción del hueco, es obtenida con un hueco g2 en reposo entre el sustrato 1 y cada parte 61b no funcional, lateral, que es más pequeño que el hueco g1 en reposo entre cada parte 61a no funcional, central, de la membrana 6 y el sustrato 1.

55 Para la variante de la Figura 5, la mejora indicada anteriormente, relacionada con la reducción del espesor, es obtenida con un espesor de cada parte 61b no funcional, lateral, que es más pequeño que el espesor de la parte 61a no funcional, central, de la membrana.

60 La Figura 6 muestra otra realización de la invención en la que la membrana 6 está soportada sobre cuatro pilares 3, 3'. Las zonas 8c de accionamiento de subida (simbolizadas por líneas de puntos) se extienden debajo de la membrana 6 en ambos lados (longitud L3) de un pilar 3 ó 3' de soporte en la dirección X longitudinal. Durante el movimiento de conmutación de la membrana 6 desde el estado forzado hacia abajo al estado forzado hacia arriba, se obtiene un efecto de compresión en las dos zonas de longitud L3 de la membrana 6 que están posicionadas sobre las zonas 8c de

accionamiento.

La Figura 7 muestra otra realización de la invención en la que las zonas 8c de accionamiento de subida (simbolizadas por las líneas de puntos) se extienden debajo de la membrana en ambos lados (longitud L3) de un pilar 3 ó 3' de soporte en la dirección X longitudinal, y las zonas 7c de accionamiento de bajada (simbolizadas por las líneas de puntos) se extienden debajo de la membrana en ambos lados (longitud de L'3) de un pilar 3 ó 3' de soporte en la dirección X longitudinal. La membrana 6 comprende cuatro partes 61b no funcionales, laterales, que son similares a las de la realización de la Figura 4. En esta realización, durante el movimiento de conmutación de la membrana 6 desde el estado forzado hacia abajo al estado forzado hacia arriba, se obtiene un efecto de compresión en estas partes 61b no funcionales, laterales, tal como se ha descrito anteriormente para la realización de la Figura 4. Durante el movimiento de conmutación de la membrana 6 desde el estado forzado hacia arriba al estado forzado hacia abajo, se obtiene un efecto de compresión en las dos zonas de longitud L'3 de la membrana 6 que están posicionadas sobre las zonas 7c de accionamiento de bajada.

La invención no se limita a unas estructuras de tipo MEMS que tienen una membrana 6 que está soportada libremente sobre pilares, sino que pueden ponerse en práctica también con cualquier MEMS que comprende una membrana que puede ser doblada longitudinalmente hacia abajo a un estado forzado hacia abajo y que puede ser doblada longitudinalmente hacia arriba a un estado forzado hacia arriba, usando medios de accionamiento eléctrico y un efecto de palanca sobre uno o varios pilares.

Las Figuras 8 a 12 muestran otras realizaciones de la invención. En estas Figuras 8 a 12, el punto C negro simboliza una zona de contacto de la parte 60 funcional de la membrana 6 del conmutador, cuando la membrana está en el estado hacia abajo.

En las realizaciones de las Figuras 8 y 9, la membrana 6 forma una barra en voladizo que está anclada en un extremo 6b sobre el sustrato 1, y está soportada en el estado de reposo por un pilar 3.

Más particularmente, en la realización de la Figura 8, la zona C de contacto de la membrana 6 del conmutador está posicionada entre el pilar 3 y el extremo 6b anclado de la membrana. La membrana 6 comprende dos partes 61b no funcionales, laterales. Cada parte 61b no funcional, lateral, está posicionada fuera de los pilares 3 en la dirección Y transversal y se extiende a ambos lados del pilar 3 en la dirección X longitudinal. Hay una zona 8c de accionamiento eléctrico de subida que se extiende debajo de la membrana 6 y en ambos lados del pilar 3 (debajo de las partes 61b no funcionales, laterales) en la dirección X longitudinal de la membrana. Hay dos zonas 7c de accionamiento eléctrico de bajada.

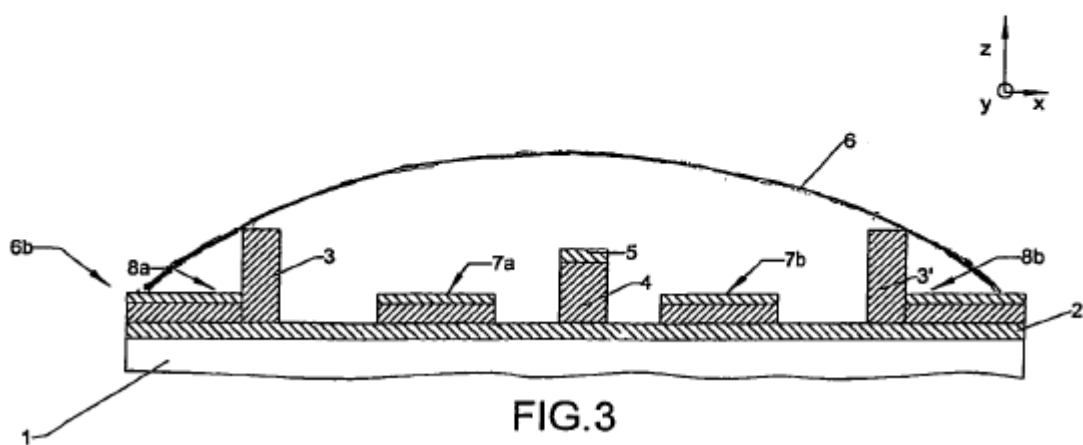
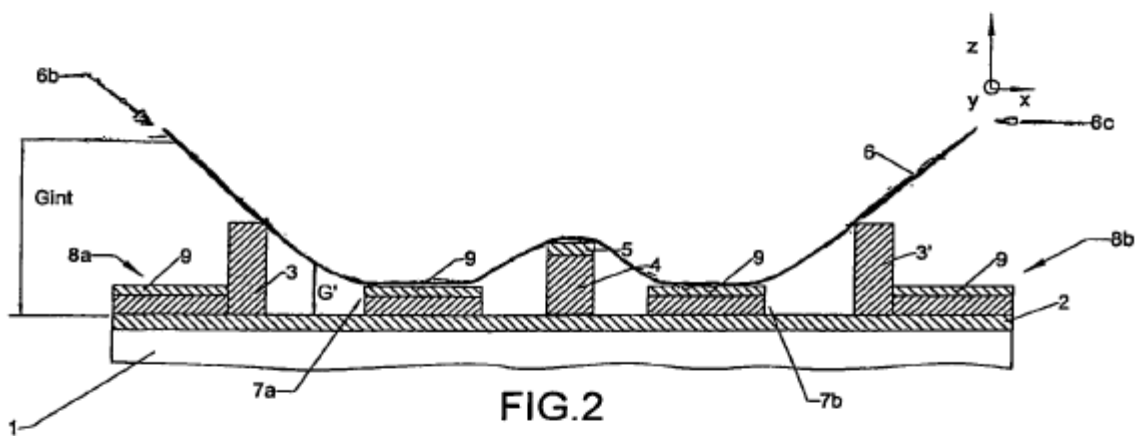
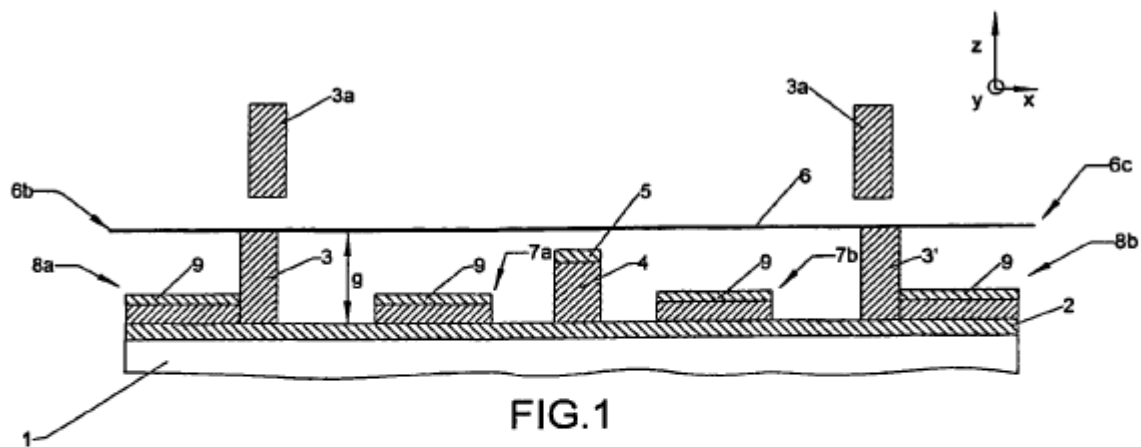
Más particularmente, en la realización de la Figura 9, el pilar 3 está posicionado entre la zona C de contacto de la membrana 6 del conmutador y el extremo 6b anclado de la membrana. La membrana 6 comprende dos partes 61b no funcionales, laterales. Cada parte 61b no funcional, lateral, está posicionada fuera de los pilares 3 en la dirección Y transversal y se extiende a ambos lados del pilar 3 en la dirección X longitudinal. Hay una zona 7c de accionamiento de bajada y una zona 8c de accionamiento eléctrico de subida. La zona 8c de accionamiento eléctrico de subida se extiende debajo de la membrana 6 y en ambos lados del pilar 3 (debajo de las partes 61b no funcionales, laterales) en la dirección X longitudinal de la membrana.

En las realizaciones de las Figuras 10 a 12, la membrana 6 es una membrana doblemente anclada, que está posicionada sobre los pilares 3, 3'. Más particularmente, la membrana 6 está mantenida en ambos extremos 6b, 6c por los brazos 63 que están anclados al sustrato. En reposo, la membrana 6 puede estar soportada o no soportada por los dos pilares 3, 3'.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de tipo MEMS que comprende una membrana (6) flexible, que tiene un eje (6a) longitudinal principal que define una dirección (X) longitudinal, al menos un pilar (3, 3') debajo de la membrana (6) flexible, medios (7) de accionamiento eléctrico de bajada que están adaptados para doblar hacia abajo la membrana (6) flexible a un estado forzado hacia abajo, medios (8) de accionamiento eléctrico de subida que están adaptados para doblar hacia arriba la membrana (6) flexible a un estado forzado hacia arriba, y en el que los medios (7) de accionamiento eléctrico de bajada o los medios (8) de accionamiento eléctrico de subida comprenden una zona (7c u 8c) de accionamiento, que se extiende debajo de una parte de la membrana (6), **caracterizada porque** la zona (7c u 8c) de accionamiento está adaptada para ejercer fuerzas de empuje sobre la membrana (6) simultáneamente en ambos lados de dicho al menos un pilar (3) en la dirección (X) longitudinal.
2. La estructura de tipo MEMS de la reivindicación 1, en la que la membrana (6) comprende una parte (60) funcional, flexible, que está posicionada sobre dicho al menos un pilar (3, 3') y que está adaptada para ser doblada hacia abajo o hacia arriba por un efecto de palanca sobre dicho al menos un pilar (3, 3'), y al menos una parte (61b) no funcional, lateral, flexible, que está posicionada fuera de dicho al menos un pilar (3, 3') en la dirección (Y) transversal, y que se extiende a ambos lados de dicho al menos un pilar (3 ó 3') en la dirección (X) longitudinal, y en la que la zona (7c) de accionamiento de los medios (7) de accionamiento eléctrico de bajada o la zona (8c) de accionamiento de los medios (8) de accionamiento eléctrico de subida se extiende debajo de dicha al menos una parte (61b) no funcional, lateral, y está adaptada para ejercer fuerzas de empuje sobre la dicha al menos una parte (61b) no funcional, lateral, de la membrana (6) simultáneamente en ambos lados de dicho al menos un pilar (3, 3') en la dirección (X) longitudinal.
3. La estructura de tipo MEMS de la reivindicación 1, en la que la membrana (6) comprende al menos dos partes (61b) no funcionales, laterales, flexibles, que están posicionadas a cada lado de la parte (60) funcional de la membrana (6) en la dirección (Y) transversal.
4. La estructura de tipo MEMS de la reivindicación 2 ó la reivindicación 3, que comprende además un sustrato (1), en la que la parte (60) funcional de la membrana (6) está extendida al menos en un extremo, en la dirección (X) longitudinal, por una parte (61a) no funcional, central, en la que dicha parte (61a) no funcional, central, está extendida en la dirección transversal por al menos una parte (61b) no funcional, lateral, que está posicionada fuera de dicho al menos un pilar (3, 3') en la dirección (Y) transversal y que se extiende a ambos lados de dicho al menos un pilar (3 ó 3') en la dirección (X) longitudinal, y en la que el hueco (g2) en reposo entre el sustrato (1) y dicha parte (61b) no funcional, lateral, es menor que el hueco (g1) en reposo entre la parte (60) funcional de la membrana y el sustrato (1).
5. La estructura de tipo MEMS de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en la que la parte (60) funcional de la membrana (6) está extendida al menos en un extremo, en la dirección (X) longitudinal, por una parte (61a) no funcional, central, en la que dicha parte (61a) no funcional, central, está extendida en la dirección transversal por al menos una parte (61b) no funcional, lateral, que está posicionada fuera de dicho al menos un pilar (3, 3') en la dirección (Y) transversal y que se extiende a ambos lados de dicho al menos un pilar (3 ó 3') en la dirección (X) longitudinal, y el espesor de la parte (61b) no funcional, lateral, es menor que el espesor de la parte (60) funcional de la membrana.
6. La estructura de tipo MEMS de la reivindicación 2 ó la reivindicación 3, que comprende además un sustrato (1), en la que la parte (60) funcional de la membrana (6) está extendida al menos en un extremo, en la dirección (X) longitudinal, por una parte (61a) no funcional, central, en la que la parte (60) funcional de la membrana (6) está extendida en la dirección transversal al menos por una parte (61b), no funcional, lateral, que está posicionada fuera de dicho al menos un pilar (3, 3') en la dirección (Y) transversal, y que se extiende a ambos lados de dicho al menos un pilar (3 ó 3') en la dirección (X) longitudinal, y en el que el hueco (g2) en reposo entre el sustrato (1) y dicha parte (61b) no funcional, lateral, es menor que el hueco (g1) en reposo entre la parte (61a) no funcional, central, de la membrana y el sustrato (1).
7. La estructura de tipo MEMS de la reivindicación 2 ó la reivindicación 3 ó la reivindicación 6, en la que la parte (60) funcional de la membrana (6) está extendida al menos en un extremo, en la dirección (X) longitudinal, por una parte (61a) no funcional, central, en la que la parte (60) funcional de la membrana (6) está extendida en la dirección transversal al menos por una parte (61b) no funcional, lateral, que está posicionada fuera de dicho al menos un pilar (3, 3') en la dirección (Y) transversal, y que se extiende a ambos lados de dicho al menos un pilar (3 ó 3') en la dirección (X) longitudinal, y en la que el espesor de la parte (61b) no funcional, lateral, es menor que el espesor de la parte (61a) no funcional, central, de la membrana.
8. La estructura de tipo MEMS de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que los medios (7) de

- accionamiento eléctrico de bajada comprenden una zona (7c) de accionamiento que se extiende bajo una parte de la membrana (6) y que está adaptada para ejercer fuerzas de empuje sobre dicha parte de la membrana (6) simultáneamente en ambos lados de dicho al menos un pilar (3, 3') en la dirección (X) longitudinal, y los medios (8) de accionamiento eléctrico de subida comprenden una zona (8c) de accionamiento, que se extiende bajo otra parte de la membrana (6) y que está adaptada para ejercer fuerzas de empuje sobre dicha otra parte de la membrana (6) simultáneamente en ambos lados de dicho al menos un pilar (3, 3') en la dirección (X) longitudinal.
- 5
9. La estructura de tipo MEMS de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que la membrana (6) está posicionada sobre al menos dos pilares (3, 3') que están separados entre sí en la dirección (X) longitudinal, y en la que los medios (7) de accionamiento eléctrico de subida o los medios (8) de accionamiento eléctrico de bajada comprenden, para cada pilar (3, 3'), una zona (7c u 8c) de accionamiento que se extiende bajo una parte de la membrana (6) y que está adaptada para ejercer fuerzas de empuje sobre dicha parte de la membrana (6) simultáneamente en ambos lados del pilar (3 ó 3') correspondiente en la dirección (X) longitudinal.
- 10
10. La estructura de tipo MEMS de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que la membrana (6) es una membrana libre cuyos dos extremos (6b, 6c) no están anclados a un sustrato (1), y está soportada en reposo por dicho al menos un pilar.
- 15
11. La estructura de tipo MEMS de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que la membrana (6) es una membrana en voladizo que está anclada en un extremo (6a) a un sustrato (1).
- 20
12. La estructura de tipo MEMS de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que la membrana (6) es una membrana (6) doblemente anclada que está anclada en ambos extremos (6b, 6c) a un sustrato (1).



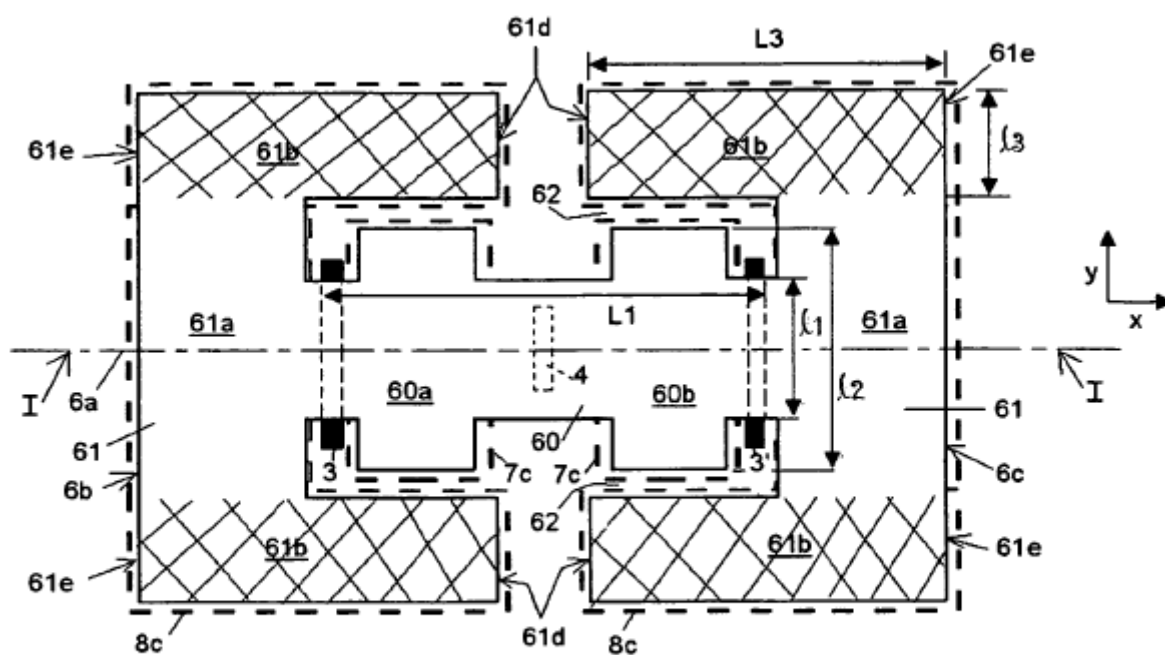


FIG. 4

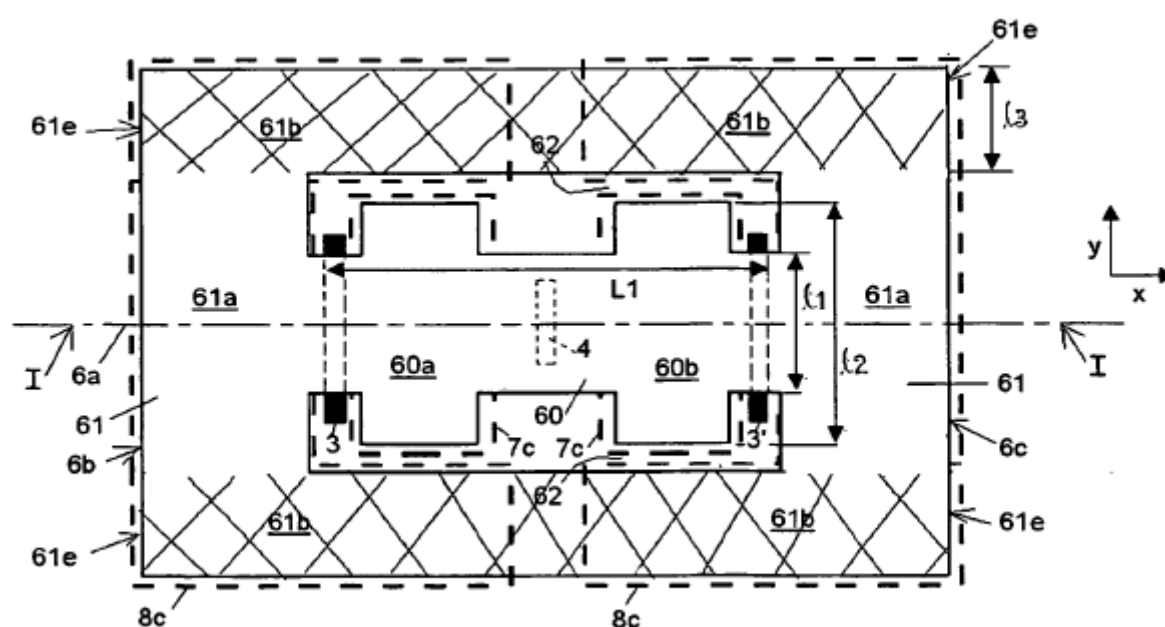
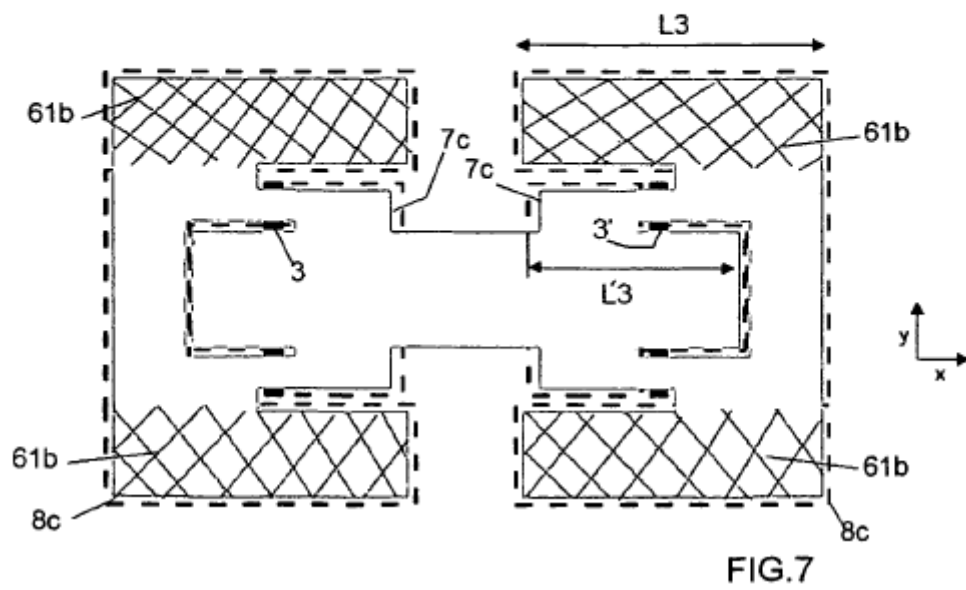
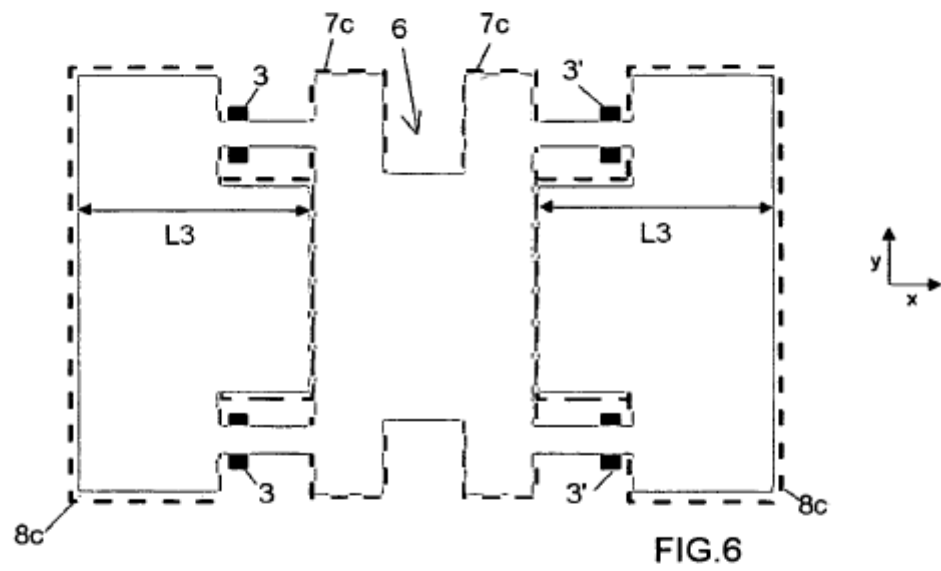
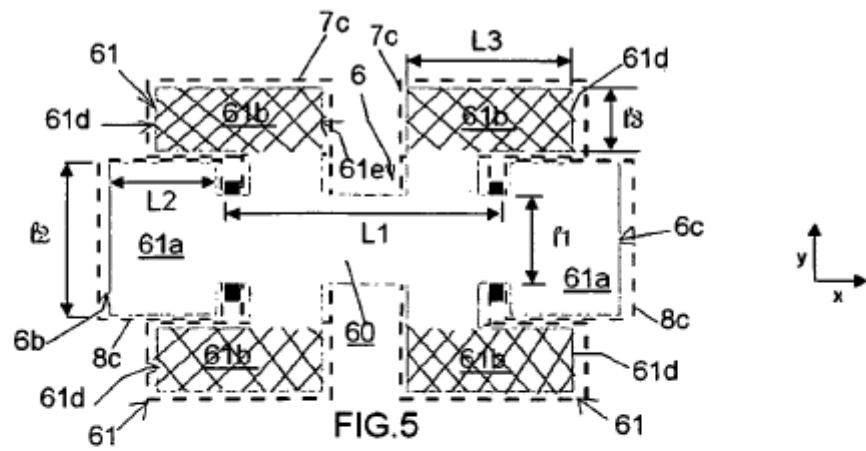


FIG. 4A



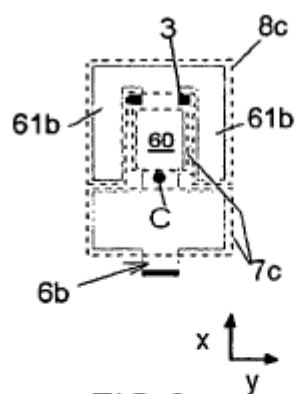


FIG. 8

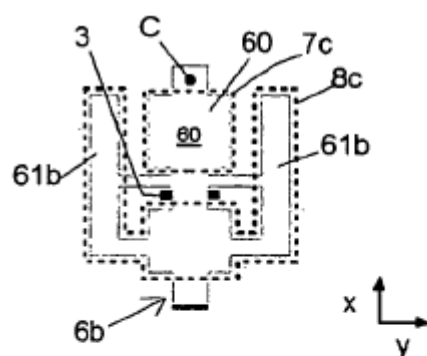


FIG. 9

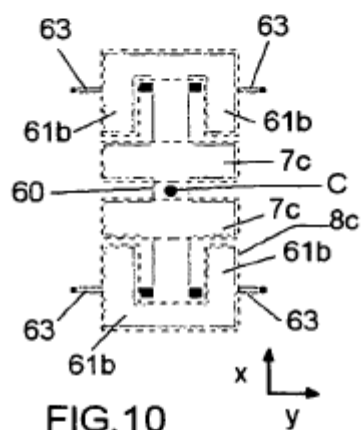


FIG. 10

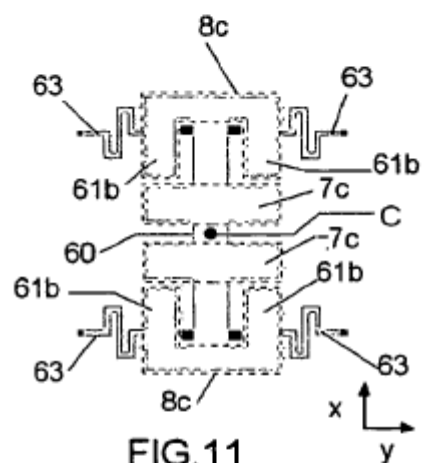


FIG. 11

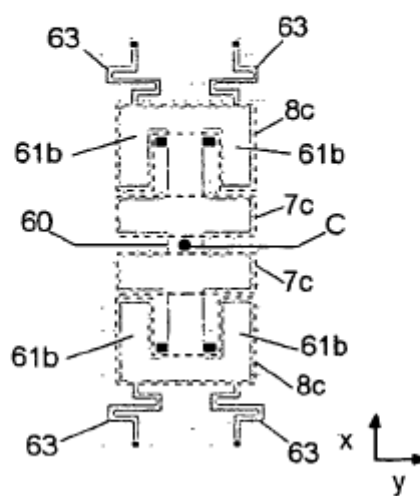


FIG. 12

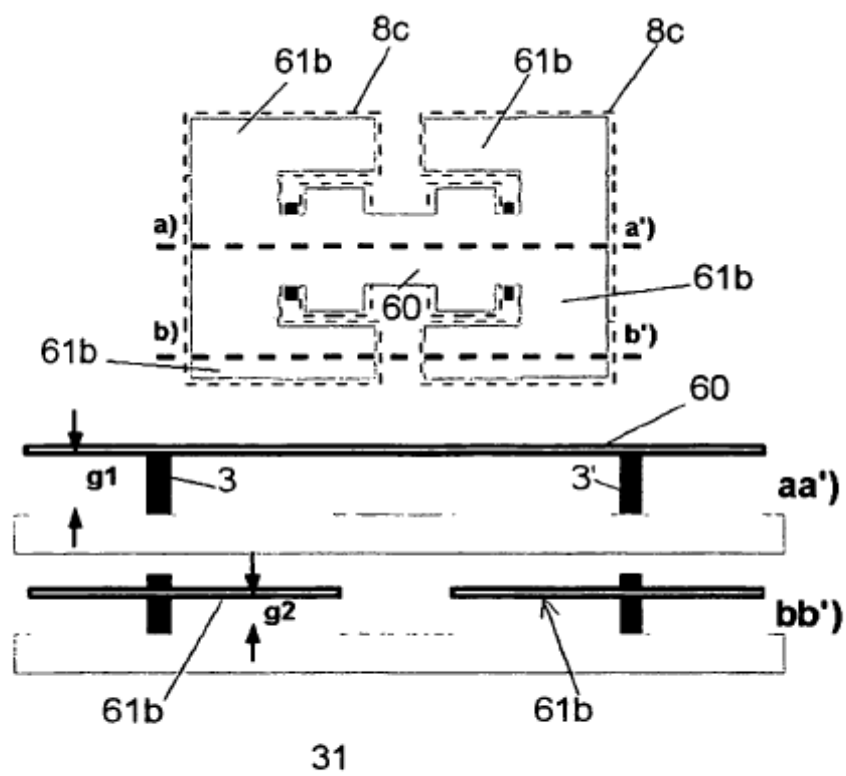


FIG.13