

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 522 281**

51 Int. Cl.:

H01G 5/18 (2006.01)

H01P 1/12 (2006.01)

H01P 1/18 (2006.01)

H01P 1/203 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.01.2006 E 06717294 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014 EP 1836712**

54 Título: **Microdispositivo electromecánico mejorado de condensador variable y método para hacer el mismo**

30 Prioridad:

10.01.2005 US 31950

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

14.11.2014

73 Titular/es:

**RAYTHEON COMPANY (100.0%)
870 WINTER STREET
WALTHAM, MA 02451-1449, US**

72 Inventor/es:

**ALLISON, ROBERT C.;
NAKAHIRA, RON K;
PARK, JOON y
TRAN, BRIAN H.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 522 281 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

Microdispositivo electromecánico mejorado de condensador variable y método para hacer el mismo

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la Invención

10 La presente invención está relacionada con componentes, circuitos y dispositivos eléctricos y electrónicos. Más específicamente, la presente invención está relacionada con componentes eléctricos y electrónicos implementados con microdispositivos electromecánicos (MEMS, *micro-electro-mechanical*).

Descripción de la técnica relacionada

15 En la tecnología de MEMS se están implementando diversos dispositivos eléctricos y electrónicos. La tecnología de MEMS ofrece menores pérdidas que las implementaciones convencionales de componentes discretos. Desafortunadamente, para ciertos tipos de componentes, tales como los condensadores variables, los diseños previos de MEMS no han sacado partido de la potencial baja pérdida de la tecnología de MEMS. Estos planteamientos previos tienen ciertas pérdidas debido a los efectos parasitarios asociados con el mecanismo de activación de los dispositivos de MEMS.

20 Además, los diseños previos de MEMS han utilizado planteamientos de lámina bimetálica y de activación electrostática. Desafortunadamente, la atracción electrostática es poco práctica para una implementación de condensador variable y se ha encontrado que el planteamiento de bimetálica es demasiado lento y necesita demasiada potencia.

25 Por tanto, en la técnica existe la necesidad de un diseño mejorado de condensador variable implementado con la tecnología de MEMS. Esta necesidad fue cubierta por las enseñanzas de la solicitud de patente de EE.UU. nº de serie 10/294.413 titulada MICRO ELECTRO-MECHANICAL SYSTEM DEVICE WITH PIEZOELECTRIC THIN FILM ACTUATOR, presentada el 14 de noviembre de 2002 por J. Park et al. (US 2004/094815 A1). Esta solicitud describe y reivindica un dispositivo MEMS de radiofrecuencia con un activador de película delgada piezoeléctrica dispuesto sobre un sustrato y unos bultos conductivos que sirven como espaciadores. En una realización, el dispositivo se describe como que es utilizable como un condensador ajustable en el que el espaciamiento interelectrodo entre un electrodo de recorrido de conducción y un electrodo de recorrido de RF se varía de manera controlada mediante una viga de activador con el fin de variar selectivamente la capacitancia entre los electrodos.

35 Estos dispositivos, conocidos como 'flip-chip' (chip invertido) debido a la orientación al revés del mismo con respecto a los diseños convencionales, típicamente se ensamblan mediante serigrafía de pasta de soldadura o epoxi conductor y se vuelve fluida a temperaturas superiores a 150 grados centígrados. Desafortunadamente, estos métodos no pueden utilizarse en aplicaciones que requieren un control estricto de la holgura en altura entre el chip invertido y el sustrato en el que se monta el chip invertido. La altura no se controla bien porque el volumen de pasta o soldadura tiene demasiada variabilidad y no se puede conseguir una altura constante. Esto es particularmente problemático con respecto a la construcción de los condensadores ajustables.

45 La mayoría de los intentos por controlar el requisito de altura ha implicado esfuerzos para desarrollar unos mejores bultos más uniformes o mediante el control del volumen de material impreso por serigrafía. El proceso de bultos es un proceso que implica muchas variables que son difíciles de controlar. Los bultos a menudo se chapaban utilizando chapado por impulsos y se comprueban bastante a menudo para conseguir una altura óptima. Como una alternativa, los bultos se pulen después a una altura específica. Esto puede producir una altura muy uniforme entre los distintos bultos, pero no compensa la variación de volumen de la pasta de soldadura o epoxi conductor impresos por serigrafía.

50 El material impreso por serigrafía depende en gran medida de las tolerancias del estencil mecanizado o de la emulsión en la pantalla. Los estenciles mecanizados con láser o por grabado tendrán típicamente una tolerancia de 0,254 nm (+/- 0,001 milipulgadas), que puede tener como resultado grandes cambios de volumen si la abertura en el estencil es de tan solo 1,08 nm (0,004"). Las plantillas de emulsión proporcionan una deposición volumétrica inconsistente a causa de la malla de pantalla que estorba al flujo de material.

Otro planteamiento es ensamblar el chip invertido utilizando compresión térmica de todo el chip sobre unas plaquitas maleables. Este método produce dispositivos que se ensamblan bien a temperaturas superiores a 150 grados centígrados, pero todavía es difícil controlar la altura de plaquita.

60 El documento JP 2004221128 describe un ejemplo de condensador variable impulsado por voltaje que permite controlar el valor inicial de capacitancia y la velocidad de cambio de la capacitancia. Se forma un ajuste de holgura en un sustrato que comprende un activador piezoeléctrico, que se conecta a un segundo sustrato.

Por tanto, si bien la solicitud mencionada antes aborda la necesidad en la técnica, en la técnica sigue existiendo la necesidad de un diseño de RF de MEMS que sea más fácil de fabricar y un método mejorado asociado de fabricación.

5 **COMPENDIO DE LA INVENCION**

La necesidad en la técnica es abordada por el microdispositivo electromecánico de la presente invención y el método para hacer el mismo. En la realización ilustrativa, el dispositivo inventivo incluye un primer sustrato; un primer contacto dispuesto en una primera superficie del sustrato; un activador piezoeléctrico dispuesto sobre la primera superficie del sustrato; un segundo contacto acoplado al activador y dispuesto próximo al primer contacto; y un mecanismo de control de holgura dispuesto entre el sustrato y el activador para limitar el movimiento del primer contacto con respecto al segundo contacto.

En el ejemplo de realización, el mecanismo de control de holgura es una parada de control de holgura construida de material dieléctrico. En la práctica se utilizan varias paradas. En el ejemplo de realización, se utilizan varias conexiones termosónicas para conectar el activador con el primer sustrato. Sobre el activador piezoeléctrico se dispone un segundo sustrato. El segundo sustrato tiene unos pozos sobre las conexiones para facilitar la aplicación de una herramienta de conexión a las conexiones.

20 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La Figura 1 es una vista lateral en sección transversal del dispositivo de MEMS descrito y reivindicado en la solicitud de Park et al.

La Figura 2 es una vista lateral en sección transversal de una realización ilustrativa de un dispositivo de MEMS con una relación sin ensamblaje e implementado según la presente invención.

La Figura 3 es una vista lateral en sección transversal de un dispositivo de MEMS de la Figura 2 con una relación de ensamblaje.

La Figura 4 es una vista superior de un único condensador variable de MEMS montado a través de una línea de transmisión de CPW en una implementación ilustrativa de cambio de fase según las presentes enseñanzas.

La Figura 5 es una vista en perspectiva de una implementación ilustrativa de un desfasador cargado de línea que utiliza condensadores variables de MEMS según las presentes enseñanzas.

La Figura 6 es un diagrama esquemático de la implementación ilustrativa de un desfasador cargado de línea que utiliza condensadores variables de MEMS de la Figura 5.

La Figura 7 es una vista superior en sección de una distribución de circuito de un filtro de paso de banda de línea de transmisión acoplado a una microtira entrecruzada de 5 secciones que utiliza los condensadores variables de MEMS de la presente invención.

La Figura 8 muestra un diagrama esquemático, para el filtro de paso de banda de línea de transmisión acoplado a microtiras entrecruzadas de la Figura 7.

40 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

Ahora se describirán unas realizaciones ilustrativas y unos ejemplos de aplicaciones haciendo referencia a los dibujos acompañantes para describir las enseñanzas ventajosas de la presente invención.

Si bien la presente invención en esta memoria se describe haciendo referencia a unas realizaciones ilustrativas para aplicaciones particulares, debe entenderse que la invención no se limita a las mismas. Los expertos en la técnica y que accedan a las enseñanzas proporcionadas en esta memoria reconocerán modificaciones, aplicaciones y realizaciones adicionales dentro del alcance de la misma y campos adicionales en los que la presente invención tendría una utilidad significativa.

La Figura 1 es una vista lateral en sección transversal del dispositivo de MEMS 10 descrito y reivindicado en la solicitud de Park et al. Como se muestra en la Figura 1, el dispositivo 10 incluye un sustrato semiconductor 14, un activador de película delgada piezoeléctrica 16 montado en el sustrato 14, un electrodo de recorrido de conducción 18 impulsado por el activador de película delgada piezoeléctrica 16, unos bultos conductivos 22 que se conectan a una fuente de alimentación externa (no se muestra) y proporcionan el voltaje necesario para hacer funcionar el dispositivo 10, un sustrato 24 de circuito de RF y unos electrodos de recorrido de RF de entrada y de RF de salida 34 montados en el sustrato 24 de circuito de RF para estar espaciados del electrodo de recorrido de conducción 18. El activador 16 de película delgada piezoeléctrica se fabrica junto con el sustrato semiconductor 14 y se transfiere al sustrato 24 de circuito de RF utilizando tecnología de chip invertido, por ejemplo. Se observa que en la realización ilustrada los bultos mostrados en el lado derecho de la Figura 1 actúan como espaciadores, aunque como alternativa los bultos podrían formar parte de otro dispositivo, si se desea.

El activador de película delgada piezoeléctrica 16 puede comprender cualquier material adecuado que tenga propiedades piezoeléctricas, por ejemplo, titanato circonato de plomo (PZT).

El activador de película delgada de PZT 16 incluye un par de electrodos 40 y 42, una capa piezoeléctrica 44 hecha de titanato circonato de plomo (PZT) dispuesta entre los electrodos 40 y 42, y una capa elástica 50 dispuesta entre el electrodo 40 (el electrodo superior en la Figura 1) y el sustrato semiconductor 14.

5 Se proporciona una capa de aislamiento 52 adyacente a la capa elástica 50 e impide o por lo menos reduce substancialmente la formación de arco eléctrico entre el 40 y el 42. El activador de película delgada de PZT 16 tiene un extremo proximal fijo 54 adyacente al sustrato de semiconductor 14 y un extremo distal libre 56 que se extiende a una región de zanja 60 del sustrato 14. El activador de película delgada de PZT 16 forma de este modo una viga en voladizo, que es movable dentro de la región de zanja 60.

10 En el ejemplo ilustrado de realización, el electrodo de recorrido de conducción 18 es transverso a la extensión longitudinal del activador de película delgada de PZT 16. De este modo, el electrodo de recorrido de conducción es perpendicular al plano de la página. Similarmente, los electrodos de recorrido de entrada de RF y salida de RF 34 son transversos a la extensión longitudinal del activador de película delgada de PZT 16, como se muestra en la Figura 1.

15 El dispositivo de RF de MEMS 10 puede utilizarse como un interruptor con un desplazamiento controlable o como un condensador ajustable para variar la capacitancia entre los electrodos 34. Durante el funcionamiento, el dispositivo de RF de MEMS 10 cambia la distancia de la holgura entre el electrodo de recorrido de conducción 18 y los electrodos de recorrido de entrada de RF y salida de RF 34. Más particularmente, a medida que la fuente de alimentación aumenta y disminuye el potencial de voltaje aplicado a los electrodos 40 y 42, la capa de PZT 44 cambia su dimensión en longitud, esto es, la capa de PZT 44 respectivamente se expande y se contrae. La capa elástica 50, a su vez, convierte la expansión y contracción de la capa de PZT 44 en movimiento hacia arriba y hacia abajo de la parte extrema distal o en voladizo o 56 del activador de película delgada de PZT 16. Cuando se dobla hacia abajo, el extremo distal 56 impulsa el electrodo de recorrido de conducción 18 más cerca o al contacto con los electrodos de recorrido de entrada de RF y salida de RF 34. Cuando se dobla hacia arriba, el extremo distal 56 impulsa el electrodo de recorrido de conducción 18 lejos de los electrodos de recorrido de entrada de RF y salida de RF 34.

20 El activador de película delgada de PZT 16 controla activamente de este modo el desplazamiento entre el electrodo de recorrido de conducción 18 y los electrodos de recorrido de RF de entrada y de RF de salida 34. La cantidad de desplazamiento depende principalmente del voltaje impulsor, y de las dimensiones del activador de película delgada de PZT 16, incluidas las dimensiones de la capa de PZT 44 y de la capa elástica 50.

25 Cuando se emplea como un conmutador, el dispositivo de RF de MEMS 10 puede cerrar el espacio entre el electrodo de recorrido de conducción 18 y los electrodos de recorrido de entrada de RF y salida de RF 34, y de este modo activa el conmutador, o abre el espacio y de este modo desactiva el conmutador. El dispositivo de RF de MEMS también puede emplearse como un condensador ajustable en el que el espaciado interelectrodo entre el electrodo de recorrido de conducción 18 y los electrodos de recorridos de entrada de RF y salida de RF 34 es variado de manera controlada por el activador PZT de película delgada 16 con el fin de variar selectivamente la capacitancia de ajuste entre los mismos. Como se ha indicado antes, estos dispositivos, conocidos como 'flip-chip' (chipo invertido) debido a la orientación al revés del mismo con respecto a los diseños convencionales, típicamente se ensamblan mediante serigrafía de pasta de soldadura o epoxi conductor y se vuelven fluidos a temperaturas superiores a 150 grados centígrados. Desafortunadamente, estos métodos no pueden utilizarse en aplicaciones que requieren un control estricto de la altura de holgura entre el chip invertido y el sustrato en el que se monta aquel. La altura no se controla bien porque el volumen de pasta o soldadura tiene demasiada variabilidad y no se puede conseguir una altura constante. Esto es particularmente problemático con respecto a la construcción de los condensadores ajustables.

30 La mayoría de los intentos por controlar la altura ha implicado esfuerzos para desarrollar unos bultos mejores más uniformes o por el control del volumen de material impreso por serigrafía. El proceso de bultos es un proceso que implica muchas variables que son difíciles de controlar. Los bultos a menudo se chapapan utilizando chapado por impulsos y se comprueban bastante a menudo para conseguir una altura óptima. Como una alternativa, los bultos se pulen después a una altura específica. Esto puede producir una altura muy uniforme entre los distintos bultos, pero no compensa la variación de volumen de la pasta de soldadura o epoxi conductor impresos por serigrafía.

35 El material impreso por serigrafía depende en gran medida de las tolerancias del esténcil mecanizado o de la emulsión en la pantalla. Los esténciles mecanizados con láser o por grabado tendrán típicamente una tolerancia de 0,254 nm (+/- 0,001 milipulgadas), que puede tener como resultado grandes cambios de volumen si la abertura en el esténcil es de tan solo 1,08 nm (0,004"). Las plantillas de emulsión proporcionan una deposición volumétrica inconsistente a causa de la malla de pantalla que estorba al flujo de material.

40 Otro planteamiento es ensamblar el chip invertido utilizando compresión térmica de todo el chip sobre unas plaquitas maleables. Este método produce unos dispositivos que se ensamblan bien a temperaturas superiores a 150 grados centígrados, pero todavía es difícil controlar la altura de plaquita con este proceso.

Por tanto, si bien la solicitud mencionada antes aborda la necesidad en la técnica, en la técnica sigue existiendo la necesidad de un diseño de RF de MEMS que sea más fácil de fabricar y un método mejorado de fabricación para el mismo. La necesidad es abordada por el microdispositivo electro-mecánico y el método de la presente invención.

La Figura 2 es una vista lateral en sección transversal de una realización ilustrativa de un dispositivo de MEMS 10' con una relación sin ensamblaje e implementado según la presente invención. Como se muestra en la Figura 2, el diseño del dispositivo inventivo 10' es substancialmente similar al diseño previo 10 con la excepción de que los bultos conductivos están sustituidos por unas conexiones de oro u otro material adecuado, entre el activador y el sustrato se incluyen unas paradas de holgura, y en el sustrato se proporcionan unos agujeros para facilitar la soldadura o conexión.

Por tanto, en la realización ilustrativa, el dispositivo inventivo 10' incluye un sustrato de base 24 dispuesto sobre una capa de metalización 23 que, dependiendo de la aplicación, puede servir como una línea de transmisión de ondas coplanares (CPW, *co-planar wave*). En la realización ilustrativa, el sustrato de base se fabrica de alúmina. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que la base 24 puede implementarse con cuarzo, arseniuro de galio, Duroid u otro medio dieléctrico adecuado de línea de transmisión.

La línea de transmisión 23 proporciona entrada y salida de señales de radiofrecuencia (RF). Un primer contacto 34 se dispone en una superficie superior del sustrato de base 24. De acuerdo con la realización de la Figura 1, sobre la superficie superior del sustrato 24 se dispone un activador piezoeléctrico 16. Un segundo contacto 18 se acopla al activador 16 y se dispone próximo a dicho primer contacto 34. Según las presentes enseñanzas, entre el sustrato de base 24 y el activador se dispone un mecanismo de control de holgura para limitar el movimiento del primer contacto con respecto al segundo contacto. En la realización ilustrativa, el mecanismo de control de holgura se proporciona por una pluralidad de paradas 37 y 39 de control de holgura de las que en la Figura 2 sólo se muestran dos. En el ejemplo de realización, las paradas de control de holgura se fabrican de material fotoresistente u otro dieléctrico. En la práctica se utilizan varias paradas. Los expertos en la técnica apreciarán que las presentes enseñanzas no se limitan al número, la colocación o la construcción de las paradas.

En el ejemplo de realización, se utilizan varias conexiones termosónicas 25 para conectar el activador 16 con el sustrato de base 24. De acuerdo con la realización de la Figura 1, sobre el activador piezoeléctrico 16 se dispone un segundo sustrato 14. En la realización ilustrativa, el segundo sustrato es silicio. Sin embargo, pueden utilizarse otros materiales y retirarse completamente sin salir del alcance de la presente invención. El segundo sustrato 14 tiene unos pozos 15 y 17 sobre las conexiones 25 para facilitar la aplicación de una herramienta de conexión 19 al mismo.

El dispositivo 10' se fabrica en silicio y se voltea sobre la base de alúmina. De ahí, la designación de 'chip invertido'. Entre los electrodos 34 en el circuito de alúmina y en el dieléctrico 18 conectados al activador piezoeléctrico se desarrolla una capacitancia. Las pérdidas son bajas porque el dieléctrico de condensador es aire y la metalización en los electrodos de condensador es de oro. El electrodo en el dispositivo de MEMS son realmente dos electrodos que forman unos condensadores contiguos en serie como se muestra en la Figura 6. Con esta característica, no existe ningún recorrido de RF en el material piezoeléctrico o en el sustrato de silicio que pondría en peligro las prestaciones de pérdida de inserción.

Para construir el dispositivo 10', en la realización ilustrativa, un elemento fotoresistente con una profundidad apropiada (p. ej. 2 μm) se enrolla sobre la base 24 y se controla la altura (p. ej. a aproximadamente ± 20 nm (+/-200 angstrom)). Puede utilizarse una fotomáscara para ubicar cuatro postes cerca de la periferia del chip en unas zonas del sustrato de base que servirán como paradas de holgura. El sustrato de base de alúmina 24 se coloca en un microsoldador, tal como un microsoldador termosónico ultrasónico de alambre Modelo 676 de Hybond, con una herramienta 19 de SPT (single point protruding-v tab). El chip de silicio se coloca y se ubica utilizando unos objetivos exteriores de alineación en el sustrato de base. Después de que se completa la alineación, las conexiones de oro a oro (Au-Au) 25 se sueldan a través de los agujeros 15 y 17 en el sustrato de silicio 14.

En la realización ilustrativa, la unión eléctrica se hace mediante conexión termosónica de la plaquita superior 29 de la conexión de oro 25 en el lado inferior del activador 16 a la plaquita inferior 31 de la conexión de oro 25 en el sustrato de base 24 utilizando una herramienta de conexión 19 de cuña termosónica a través de unos agujeros en el sustrato del chip invertido. Al conectar a través de unos agujeros en el sustrato de chip invertido, la energía termosónica se utiliza más eficazmente que si se aplicara a la parte superior del sustrato, de este modo se puede conseguir una mejor conexión.

En una realización ilustrativa, los agujeros 15, 17 en el sustrato de silicio 14 son grabados en profundidad por iones reactivos para exponer las capas de nitruro 50 bajo las plaquitas de oro (Esto se describe en la solicitud antes mencionada de Park et al. Los parámetros de conexión termosónica para la realización ilustrativa son 150 mW de potencia ultrasónica, 500 ms de duración y 286 g de fuerza. Esta alta fuerza, alta potencia y larga duración de tiempo son necesarios para penetrar a través de las capas de nitruro en el silicio y soldar las plaquitas superiores e inferiores para proporcionar las conexiones 25.

5 La Figura 3 es una vista lateral en sección transversal de un dispositivo de MEMS de la Figura 2 con una relación de ensamblaje. Obsérvese que cuando están ensambladas, las plaquitas superiores e inferiores se sueldan juntas para proporcionar las conexiones 25 y las paradas de control de holgura se extienden completamente entre el sustrato de base 24 y el activador 16.

10 La Figura 4 es una vista superior de un único condensador variable de MEMS montado a través de una línea de transmisión de CPW 32 en una implementación ilustrativa de cambio de fase según las presentes enseñanzas. Como se muestra en la Figura 4, el dispositivo 10' se alinea utilizando cuatro objetivos de alineación 41. El chip invertido inventivo 10' se afianza en el sustrato de base (no se muestra) utilizando cuatro conexiones 25 en las esquinas del mismo. Las líneas 43 y 45 permiten la aplicación de señales de activación en el activador piezoeléctrico 16. El rectángulo oscuro en medio del dispositivo es un electrodo de condensador suspendido entre unos activadores piezoeléctricos. En las Figuras 2-4, se observa la eliminación del sustrato superior de silicio 14 en la región del condensador de modo que en la región de las estructuras resonantes no haya material de pérdidas.

15 La Figura 5 es una vista en perspectiva de una implementación ilustrativa de un desfasador cargado de línea que utiliza condensadores variables de MEMS según las presentes enseñanzas. En la Figura 5, el sustrato de silicio 14 se muestra volteado con la sección central grabada como se ha mencionado antes. Debajo del sustrato 14 se disponen varios condensadores variables 10' sobre un sustrato 24. Encima del sustrato 24 se dispone una línea de la transmisión de CPW 32 para proporcionar entrada y salida de RF. La Figura 6 es un diagrama esquemático de la implementación ilustrativa de un desfasador cargado de línea que utiliza condensadores variables de MEMS de la Figura 5. Como es evidente a partir de la Figura 6, las líneas de transmisión de CPW 102 son atravesadas periódicamente por los electrodos de condensador variables que forman unos condensadores de derivación simétricamente a ambos conductores de tierra. En la realización ilustrativa, se utilizan 8 electrodos de condensador. La Figura 7 es una vista superior en sección de una distribución de circuito de un filtro 200 de paso de banda de línea de transmisión acoplado a una microtira entrecruzada de 5 secciones que utiliza los condensadores variables de MEMS 10' de la presente invención.

20 La Figura 8 muestra un diagrama esquemático, para el filtro 200 de paso de banda de línea de transmisión acoplado a microtiras entrecruzadas de la Figura 7. Como se muestra en las Figuras 7 y 8, la carga de capacitancia variable en los extremos de los resonadores 202 - 210 de línea de transmisión (sólo números pares) permite el ajuste de la frecuencia central de la banda de paso. En la Figura 7 se indican las ubicaciones ilustrativas de los electrodos de condensador activados piezoeléctricamente. De acuerdo con el circuito de cambio de fase 100 de las Figuras 5 y 6, los dispositivos de MEMS se montan en un único sustrato de silicio que se voltea sobre el circuito de alúmina. El centro del sustrato de silicio se graba otra vez de modo que en la región de las estructuras resonantes no haya material de pérdidas. Las señales de RF se introducen y se sacan del filtro 200 a través del primer y quinto resonador 202 y 210 respectivamente. Las señales de RF se acoplan entonces entre los resonadores.

25 De este modo, en esta memoria se ha descrito la presente invención haciendo referencia a una realización particular para una aplicación particular. Los expertos en la técnica y que accedan a las presentes enseñanzas reconocerán modificaciones adicionales de aplicaciones y realizaciones dentro del alcance de las mismas.

30 Por lo tanto se pretende que las reivindicaciones adjuntas abarquen cada una y todas las aplicaciones, las modificaciones y las realizaciones dentro del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un microcondensador electromecánico variable que comprende:

5 un primer sustrato (24);
un primer contacto (34) dispuesto en una primera superficie de dicho sustrato (24);
un activador piezoeléctrico (16) dispuesto sobre dicha primera superficie de dicho sustrato (24);
un segundo contacto (18) acoplado a dicho activador (16) y dispuesto próximo a dicho primer contacto (34);
10 una parada (37, 39) de control de holgura dispuesta entre dicho sustrato (24) y dicho activador (16) para
limitar el movimiento de dicho primer contacto (34) con respecto a dicho segundo contacto (18);
varias conexiones (25) entre dicho activador (16) y dicho primer sustrato (24); y
un segundo sustrato (14) dispuesto sobre dicho activador piezoeléctrico (16),
15 **caracterizado porque** dicho segundo sustrato (14) tiene unos pozos (15, 17) sobre dichas conexiones (25)
para facilitar la aplicación de una herramienta de conexión (19) a dichas conexiones (25).

2. La invención de la reivindicación 1 en donde dichas conexiones (25) son unas conexiones termosónicas oro-oro.

3. La invención de la reivindicación 1 que incluye además una capa de metalización (23) bajo una segunda superficie de dicho primer sustrato (24).

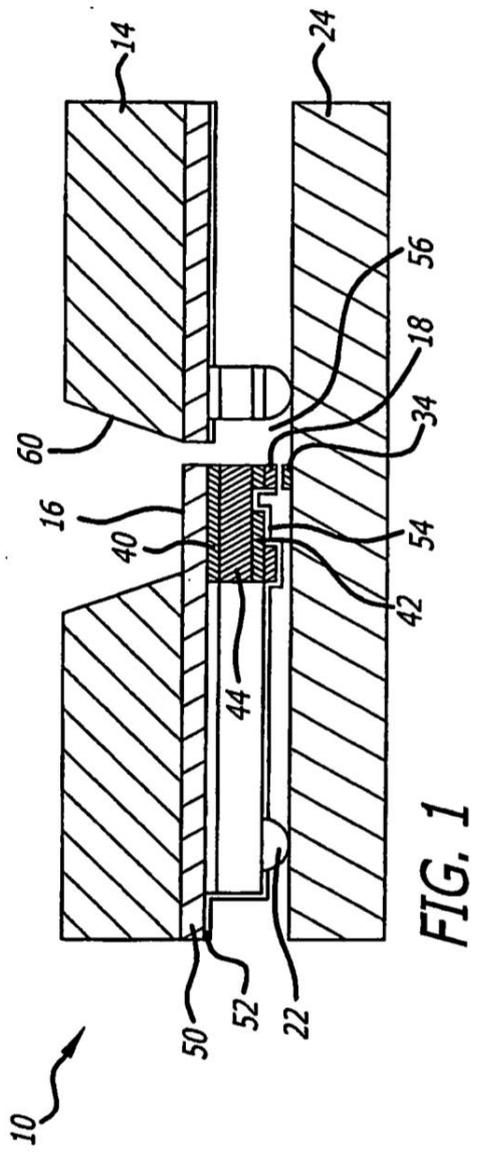


FIG. 1

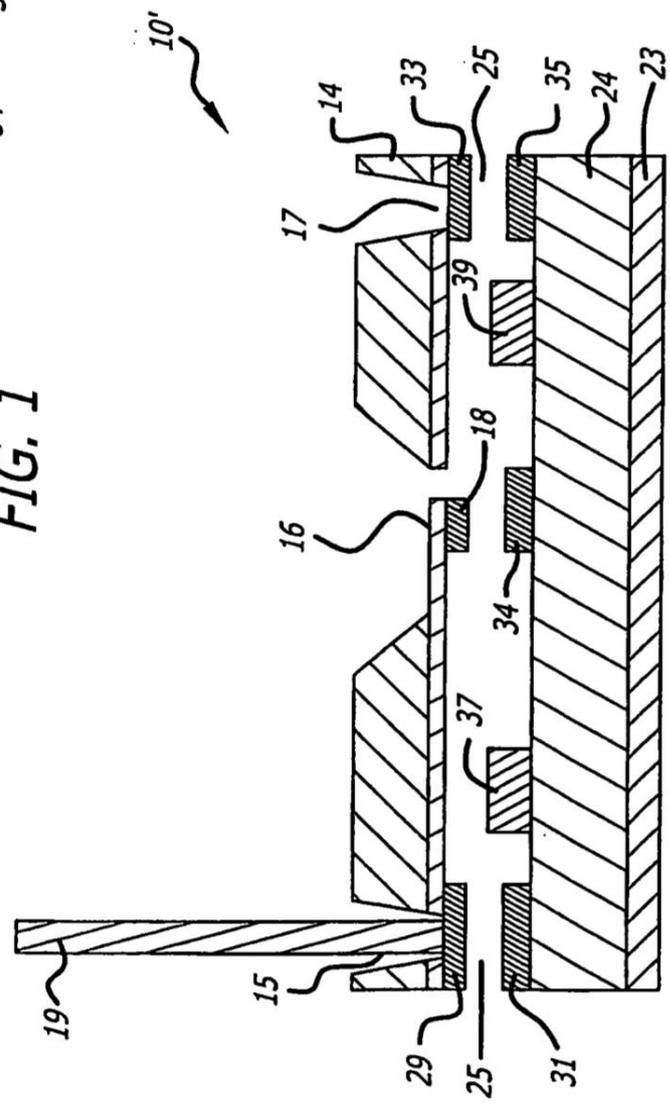


FIG. 2

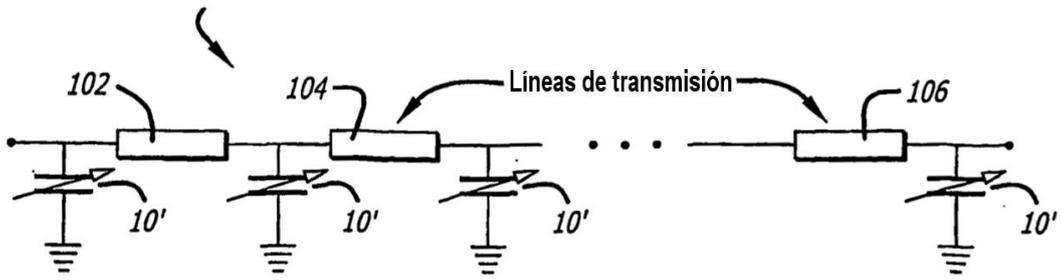


FIG. 6

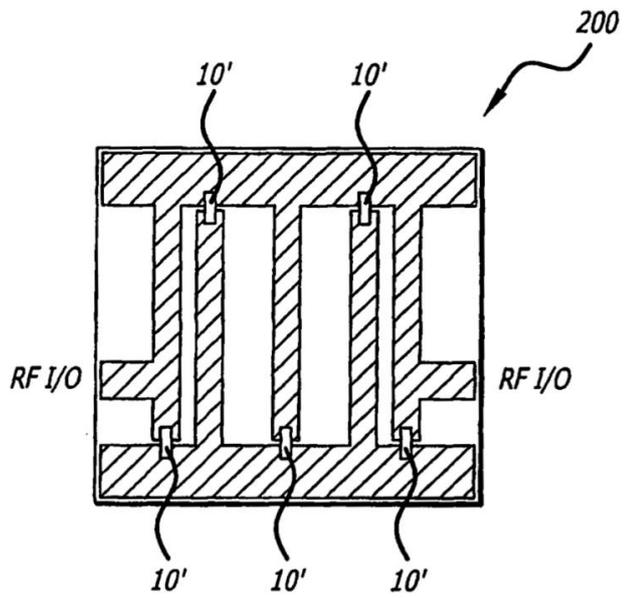


FIG. 7

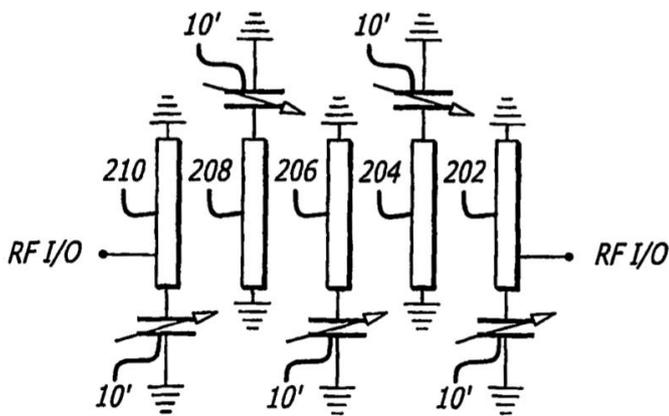


FIG. 8