

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 644**

51 Int. Cl.:

H01H 59/00 (2006.01)

H01P 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2011** **E 11160016 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2013** **EP 2506282**

54 Título: **Conmutador de punto de cruce MEMS de RF y matriz de conmutador de punto de cruce que comprende conmutadores de punto de cruce MEMS de RF**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.01.2014

73 Titular/es:

DELFMEMS (100.0%)
11 rue de l'Harmonie HUB Innovation Park Piazza II
59650 Villeneuve d'Ascq, FR

72 Inventor/es:

PAVAGEAU, CHRISTOPHE

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 436 644 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

Conmutador de punto de cruce MEMS de RF y matriz de conmutador de punto de cruce que comprende conmutadores de punto de cruce MEMS de RF

Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de los sistemas microelectromecánicos (MEMS) de radiofrecuencia (RF). En este campo, la presente invención se refiere a un nuevo conmutador de punto de cruce MEMS de RF y a una nueva matriz MxN de conmutadores de punto de cruce que comprende varios conmutadores de punto de cruce, siendo M el número de líneas de transmisión de las filas y N es el número de líneas de transmisión de las columnas.

Técnica anterior

El encaminamiento de señales de RF puede realizarse mediante una matriz de conmutadores de punto de cruce MEMS de RF que está adaptada para correlacionar, por ejemplo, M puertas de entrada de señal con N puertas de salida de señal. Una matriz MxN de conmutadores de punto de cruce comprende M líneas de transmisión de fila (o columna) que forman las puertas de entrada de la señal y N líneas de transmisión de columna (o fila) que cruzan transversalmente las líneas de transmisión de fila (o columna) y que forman las puertas de salida. Cualquier línea de transmisión de columna de la matriz puede conectarse eléctricamente a cualquier línea de transmisión de fila, simplemente haciendo conmutar al estado ON un dispositivo de punto de cruce MEMS de RF. La matriz de conmutadores de punto de cruce es una estructura simple utilizada tradicionalmente en los primeros sistemas de telefonía, y puede utilizarse ventajosamente en cualquier sistema de telecomunicación para encaminar señales de RF.

La patente US nº 6.888.420 da a conocer un dispositivo de punto de cruce que comprende tres elementos de conmutación. La figura 2 representa un ejemplo de matriz de conmutadores de punto de cruce dado a conocer en dicha patente US nº 6.888.420, que comprende dicho dispositivo de punto de cruce particular con tres elementos de conmutación S1, S2, S3 para cada punto de cruce.

Esta implementación de la técnica anterior adolece de los principales inconvenientes derivados del uso de tres elementos de conmutación S1, S2, S3 (figura 2) para cada punto de cruce. Cada elemento de la conmutación, cualquiera que sea su tecnología, tiene una resistencia de estado ON que es bastante baja para las tecnologías de técnica anterior. Pero haciendo referencia a la figura 2, la conexión entre la fila RFIN₁ y la columna RFOUT₄ alcanza un valor siete veces superior al de la resistencia ON, lo cual aumenta drásticamente la pérdida de inserción. Por otra parte, el elemento de conmutador S1 entre la línea de transmisión de la fila y la línea de transmisión de la columna aumenta perjudicialmente el volumen del dispositivo de conmutadores de punto de cruce.

Objetivo de la invención

Uno de los objetivos de la presente invención es proporcionar un nuevo punto de cruce de conmutación MEMS de RF para aplicaciones de matriz de conmutadores de punto de cruce o similares, permitiendo dicho punto de cruce de conmutación MEMS de RF lograr una menor pérdida de inserción para las señales de RF que se encaminan a través de una matriz de conmutadores de punto de cruce o similar. Dicho punto de cruce de conmutación MEMS de RF también es compacto y permite la construcción de matrices de conmutadores de gran tamaño con un número reducido de conmutadores, lo cual, en consecuencia, simplifica el control.

Sumario de la invención

Este objetivo se alcanza mediante el conmutador de punto de cruce MEMS de RF según la reivindicación 1.

En el conmutador de punto de cruce MEMS de RF de la presente invención, solo puede utilizarse ventajosamente un elemento de conmutación, de ahí que la pérdida de inserción para las señales de RF en aplicaciones de matriz de conmutadores se reduzca drásticamente. Además, el conmutador de punto de cruce MEMS de RF de la presente invención puede construirse fácilmente en una forma más compacta que la del dispositivo de punto de cruce dado a conocer en la patente US nº 6.888.420.

De forma más particular y opcional, el conmutador de punto de cruce MEMS de RF según la presente invención puede comprender cualquiera de las características opcionales de las reivindicaciones 2 a 11.

La presente invención se refiere también a la matriz de conmutadores MEMS de RF que comprende varias líneas de transmisión de fila y varias líneas de transmisión de columna que cruzan las líneas de transmisión de fila, comprendiendo dicha matriz, en cada punto de cruce, un conmutador de punto de cruce MEMS de RF según la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas de la presente invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada, proporcionada a título de ejemplo no limitativo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 es un ejemplo de matriz de conmutadores de punto de cruce,
- la figura 2 es un ejemplo de implementación de una matriz de conmutadores de punto de cruce dada a conocer en la técnica anterior, en particular, en la patente US nº 6.888.420,
- la figura 3 es una vista superior de una primera forma de realización de un conmutador óhmico de punto de cruce MEMS de RF según la presente invención,
- la figura 4A es una vista en sección transversal del conmutador óhmico de punto de cruce MEMS de RF de la figura 3 en el plano IV-IV, cuando el conmutador se encuentra en el estado OFF,
- la figura 4B es una vista en sección transversal del conmutador óhmico de punto de cruce MEMS de RF de la figura 3 en el plano IV-IV, cuando el conmutador se encuentra en el estado ON,
- la figura 5 es una vista superior de una forma de realización de un conmutador capacitivo de punto de cruce MEMS de RF según la presente invención,
- la figura 6A es una vista en sección transversal del conmutador capacitivo de punto de cruce MEMS de RF de la figura 5 en el plano VI-VI, cuando el conmutador se encuentra en el estado OFF,
- la figura 6B es una vista en sección transversal del conmutador capacitivo de punto de cruce MEMS de RF de la figura 5 en el plano VI-VI, cuando el conmutador se encuentra en el estado OFF.

Descripción detallada

Haciendo referencia a la figura 1, una matriz MxN de conmutadores de punto de cruce comprende M líneas de transmisión de fila RF-R_i que forman trayectorias de señal de RF, y N líneas de transmisión de columna RF-C_j, que cruzan las líneas de transmisión de fila y forman trayectorias de señal de RF. En cada punto de cruce de dos líneas de transmisión, la matriz comprende un conmutador de punto de cruce MEMS de RF SW_{i,j}.

Las figuras 3, 4A y 4B representan un ejemplo de implementación de conmutador óhmico de punto de cruce MEMS de RF 1 según la presente invención, que puede utilizarse para fabricar cada conmutador de punto de cruce SW_{ij} de la matriz de conmutadores de punto de cruce de la figura 1.

Haciendo referencia a la figura 3, el conmutador de punto de cruce 1 comprende una línea de transmisión de fila 10 y una línea de transmisión de columna 11, estando adaptada cada línea de transmisión 10, 11 para transmitir una señal de RF a través del conmutador de punto de cruce 1. Cuando el conmutador de punto de cruce 1 se implementa en la matriz de la figura 1 como el conmutador de punto de cruce SW_{i,j}, la línea de transmisión de fila 10 del conmutador de punto de cruce forma parte de las líneas de transmisión de fila RF-R_i, y la línea de transmisión de columna 11 del conmutador de punto de cruce forma parte de las líneas de transmisión de columna RF-C_j.

Dichas líneas de transmisión de fila y columna 10, 11 se forman en la superficie del sustrato S mediante tecnologías de micromecanizado convencionales (es decir, en volumen o superficie). El sustrato S es, por ejemplo, una oblea de silicio, silicio sobre aislante, silicio sobre zafiro, arseniuro de galio, nitruro de galio, vidrio, cuarzo, alúmina o cualquier otro material utilizado para la fabricación de dispositivos semiconductores. El sustrato S, de forma adicional aunque no obligatoria, puede estar cubierto de una capa delgada de material aislante, realizada, por ejemplo, en nitruro de silicio, dióxido de silicio, óxido de aluminio o cualquier otra capa dieléctrica utilizada en la fabricación de dispositivos microelectrónicos.

La línea de transmisión de fila 10 comprende dos partes de línea de transmisión separadas 100, 101.

La línea de transmisión de columna 11 forma una trayectoria de señal de RF no interrumpida y cruza la línea de transmisión de fila 10 entre las dos partes de línea de transmisión separadas 100, 101.

Más particularmente, en el ejemplo de la figura 3, la línea de transmisión de columna 11 se compone de dos piezas conductoras 110, 111 y una pieza conductora central 112 de menor anchura que conecta eléctricamente las dos piezas conductoras 110, 111 entre sí de forma permanente.

Aunque en el ejemplo particular de la figura 3, 4A y 4B las líneas de transmisión 10 y 11 son líneas CPW (guía de ondas coplanar), la presente invención no se limita a esta tecnología particular, sino que las líneas de transmisión

pueden estar constituidas también, por ejemplo, por una guía de ondas coplanar conectada a tierra, una línea microtira, una línea de ranura, una línea triplaca, una línea coaxial, una guía de ondas o cualquier otro tipo de líneas de transmisión.

5 El conmutador de punto de cruce MEMS de RF 1 comprende un conmutador 12. Dicho conmutador 12 comprende un elemento de conmutador 120 que conecta eléctricamente dichas dos partes de línea de transmisión separadas 100, 101 de la línea de transmisión de fila 10. Este elemento de conmutador 120 forma, por lo tanto, con dichas dos partes de línea de transmisión separadas 100, 101, una línea de transmisión de fila 10 que constituye una trayectoria de señal de RF no interrumpida.

10 El conmutador 12 también comprende unos medios de accionamiento 121 para accionar el elemento de conmutador 120 entre una primera posición, denominada en adelante "estado OFF", y una segunda posición, denominada en adelante "estado ON".

15 En el estado OFF, las dos líneas de transmisión 10, 11 del conmutador de punto de cruce están eléctricamente desconectadas mientras el elemento de conmutador 120 todavía conecta eléctricamente dichas dos partes de línea de transmisión separadas 101, 102 de la línea de transmisión de fila 10.

20 En el estado ON, el elemento de conmutador 120 todavía conecta eléctricamente dichas dos partes de línea de transmisión separadas 101, 102 de la línea de transmisión de fila 10, y también conecta eléctricamente las dos líneas de transmisión 10, 11.

25 En la forma de realización particular de las figuras 3, 4A y 4B, el elemento de conmutador 120 está constituido por una membrana flexible 120a, que se sostiene en dos pilares 120b y forma un puente entre los dos tramos de línea de transmisión separados 100, 101 de la línea de transmisión de fila 10. Sobre la membrana 120a, también están dispuestos unos topes mecánicos 120c. La membrana flexible 120a no está anclada por ambos extremos, sino que puede deslizarse libremente en relación con los pilares 120b durante su movimiento de doblamiento. Este tipo de membrana de conmutación flexible y libre se ha descrito en detalle en la solicitud de patente europea EP-A-1705676.

30 Haciendo referencia a la figura 4A, los medios de accionamiento 121 son medios de accionamiento electrostáticos que comprenden electrodos enterrados 121a y 121b que se disponen en el sustrato S, por debajo de la membrana de conmutación 120a. Cada electrodo 121a y 121b está cubierto por una capa dieléctrica 121c a fin de evitar cualquier contacto óhmico entre la membrana de conmutación 120a y los electrodos 121a, 121b. En otra forma de realización, los electrodos 121a y 121b no están cubiertos por una capa dieléctrica, sino que están separados, por medios mecánicos adecuados, de la membrana de conmutación 120a por una capa fina de aire, gas o vacío separada, a fin de evitar cualquier contacto óhmico entre la membrana de conmutación 120a y los electrodos 121a, 121b. Los electrodos 121a están situados fuera de los pilares 120b, por debajo de los dos extremos de la membrana de conmutación 120a, y se utilizan para accionar la membrana del conmutador 120a en la posición de estado OFF de la figura 4A. Los electrodos 121b están situados entre los pilares 120b, y se utilizan para accionar la membrana de conmutación 120a en la posición de estado ON de la figura 4B.

45 Aunque se prefiere el uso de los medios de accionamiento electrostáticos 121, la presente invención no está limitada a esta tecnología de accionamiento eléctrico particular, sino que también pueden utilizarse otras tecnologías de accionamiento eléctrico, tales como, por ejemplo, el accionamiento electromagnético, piezoeléctrico o electrotérmico.

Estado OFF- figura 4A

50 Se aplica una señal de CC a los electrodos externos 121a. De esta forma, los electrodos 121a generan una fuerza electrostática que atrae los dos extremos de la membrana 120a y que flexiona hacia arriba la membrana flexible 120a hasta la posición de estado OFF de la figura 4A.

55 En esta posición de estado OFF, la membrana flexible 120a se encuentra en contacto eléctrico de metal a metal con los dos pilares 120b. Los dos pilares 120b y la membrana flexible 120a forman parte de la línea de transmisión de fila 10, y con los dos tramos de línea de transmisión separados 100, 101 generan una señal de RF no interrumpida.

60 El contacto eléctrico de metal a metal (contacto óhmico) entre los pilares 120b y la membrana flexible 120a se obtiene por ejemplo, mediante pilares metálicos 120b, por ejemplo, pilares realizados en aluminio, oro o cualquier aleación conductora, y mediante una membrana metálica 120a, por ejemplo, una membrana realizada en aluminio, oro o cobre o cualquier aleación conductora 120a, o una membrana 120a cuya superficie en contacto con los pilares 120b sea metálica.

65 En la posición de estado OFF, la membrana flexible 120a no está en contacto con la línea de transmisión de columna 11 que cruza la línea de transmisión de fila 10 debajo de la membrana flexible. La línea de transmisión de fila 10 y la línea de transmisión de columna 11 están, por lo tanto, eléctricamente desconectadas. La línea de transmisión de fila 10 puede encaminar una señal de RF sin ser redirigida a la línea de transmisión de columna 11, y

viceversa.

Estado ON- figura 4B

5 Se aplica una señal de CC a los electrodos internos 121b. Los electrodos 121b, por lo tanto, generan una fuerza electrostática que atrae la parte central de la membrana 120a y que flexiona hacia abajo la membrana flexible 120a hasta la posición de estado ON de la figura 4B.

10 En esta posición de estado ON, la membrana flexible 120a todavía está en contacto eléctrico de metal a metal con los dos pilares 120b, como en la posición de estado OFF. Pero, a diferencia de la posición de estado OFF, en la posición de estado ON, la membrana flexible 120a también se encuentra en contacto de metal a metal con la parte central 112 de la línea de transmisión de columna 11. La línea de transmisión de fila 10 está pues conectada eléctricamente con la línea de transmisión de columna 11 mediante la membrana 120a. Una señal de RF que se aplica a la línea de transmisión de fila 10 se encamina, de ese modo, desde la línea de transmisión de fila 10 hasta la línea de transmisión de columna 11, y viceversa.

15 El contacto eléctrico de metal a metal (contacto óhmico) entre la membrana flexible 120a y la parte central 112 de la línea de transmisión de columna 11 se obtiene, por ejemplo, mediante una membrana metálica 120a, por ejemplo, una membrana realizada en aluminio, oro o cualquier aleación conductora, o una membrana 120a cuya superficie en contacto con la parte central 112 es metálica o comprende una o varias áreas de contacto metálico, y mediante una parte central 112 cuya superficie en contacto con la membrana es metálica o comprende una o varias áreas de contacto metálico.

20 Puede crearse uno o varios contactos de metal a metal entre la membrana y la línea de transmisión de columna 11. Más particularmente, la superficie de la membrana 120a que está adaptada para estar en contacto con la línea de transmisión de columna 11 puede comprender una o varias concavidades de contacto metálico o similares, y/o la superficie de la línea de transmisión de columna 11 que está adaptada para estar en contacto con la membrana 120a puede comprender uno o varios planos de contacto metálico.

25 Haciendo referencia a la matriz de conmutadores de punto de cruce de la figura 1 que comprende, en cada punto de cruce, un conmutador de punto de cruce MEMS de RF $SW_{i,j}$ según la presente invención, todos los conmutadores MEMS de RF $SW_{i,j}$ de una línea de transmisión de fila RF- R_i forman una trayectoria de señal de RF no interrumpida, ya sea en la posición de estado ON o bien la posición de estado OFF, y todos los conmutadores de punto de cruce MEMS de RF $SW_{i,j}$ de una línea de transmisión de columna RF- C_j forman una trayectoria de señal de RF no interrumpida, ya sea en la posición de estado ON o bien en la posición de estado OFF. Para el encaminamiento de una señal de RF, por ejemplo, desde la entrada de la línea de transmisión de fila RF- R_1 hasta la salida de la línea de transmisión de columna RF- C_4 , el conmutador de punto de cruce $SW_{1,4}$ situado en la intersección de las líneas RF- R_1 y RF- C_4 se acciona hasta su posición de estado ON, y la señal entra en contacto solo una vez con la resistencia de estado ON del elemento de conmutador 120, en lugar de siete veces como en el caso de la implementación de la técnica anterior descrita en la figura 2. La pérdida de inserción de la señal, por lo tanto, se reduce favorablemente, y la presente invención permite escalar con eficacia la matriz de puntos de cruce a números MxN altos. Puesto que el número de elementos de conmutación para un conmutador de punto de cruce se reduce también en un factor de 3 respecto de la solución de técnica anterior (figura 2), el rendimiento de la producción también aumenta considerablemente y el control de la matriz por un circuito de mando también se simplifica mucho.

30 La presente invención no se limita al uso de una membrana de conmutación flexible no anclada 120a, sino que el elemento de conmutador puede ser cualquier elemento de conmutador móvil que pueda accionarse en por lo menos las posiciones de estado ON y estado OFF descritas anteriormente. En particular, el elemento de conmutador no es necesariamente flexible, aunque el uso de un elemento de conmutador flexible es el preferido. El elemento de conmutador también puede estar anclado al sustrato en uno o varios lugares. En particular, el elemento de conmutador puede anclarse al sustrato por ambos extremos, formando así un puente. El elemento de conmutador también puede anclarse al sustrato solo por uno de sus extremos, formando en este caso un conmutador en voladizo.

35 La presente invención no se limita al conmutador óhmico, sino que también puede realizarse con un conmutador capacitivo.

40 Las figuras 5, 6A y 6B representan un ejemplo de conmutador capacitivo de punto de cruce MEMS de RF según la presente invención. El conmutador capacitivo de punto de cruce MEMS de RF difiere esencialmente del conmutador óhmico de punto de cruce MEMS de RF de las figuras 3, 4A y 4B por el uso de una pieza conductora central 112 de mayor anchura, cuya superficie superior está cubierta por una capa aislante dieléctrica delgada 112', creando de ese modo una estructura metal-aislante-metal en la zona de contacto de la membrana. El valor de capacitancia C del conmutador es dado por la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{h}$$

donde

5 ϵ_0 es la permitividad del vacío, ϵ_r es la permitividad relativa de la capa aislante dieléctrica, h es el grosor de la capa aislante dieléctrica y S es el área de la capa aislante dieléctrica.

10 La capa aislante dieléctrica delgada 112' puede estar realizada en un material sólido, tal como, por ejemplo, el nitruro de silicio, el dióxido de silicio o el óxido de aluminio. La capa aislante dieléctrica delgada 112' también puede sustituirse por vacío o por una capa de gas (aire o cualquier otro).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Conmutador de punto de cruce MEMS de RF (1) que comprende una primera línea de transmisión (10) y una segunda línea de transmisión (11) que cruza la primera línea de transmisión, en el que la primera línea de transmisión (10) comprende dos partes de línea de transmisión separadas (100, 101), caracterizado porque comprende además un elemento de conmutador (12) que conecta eléctricamente permanentemente dichas dos partes de línea de transmisión separadas (100, 101), en el que la segunda línea de transmisión (11) cruza la primera línea de transmisión (10) entre las dos partes de línea de transmisión separadas (100, 101), comprendiendo además el conmutador de punto de cruce MEMS de RF (1) unos medios de accionamiento (121) para accionar el elemento de conmutador (12) por lo menos entre una primera posición, en la que el elemento de conmutador (12) conecta eléctricamente dichas dos partes de línea de transmisión separadas (100, 101) de la primera línea de transmisión (10) y la primera (10) y la segunda (11) líneas de transmisión están eléctricamente desconectadas, y una segunda posición, en la que el elemento de conmutador (12) conecta eléctricamente dichas dos partes de línea de transmisión separadas (100, 101) de la primera línea de transmisión (10) y conecta eléctricamente asimismo las dos líneas de transmisión (10, 11) entre sí.
- 15 2. Conmutador de punto de cruce MEMS de RF según la reivindicación 1, en el que el elemento de conmutador (12) comprende una membrana flexible (120a).
- 20 3. Conmutador de punto de cruce MEMS de RF según la reivindicación 2, en el que la membrana flexible (120a) es soportada mediante por lo menos un pilar (120b), y la membrana (120a) y dicho por lo menos un pilar (120b) forman una parte de la primera línea de transmisión (10).
- 25 4. Conmutador de punto de cruce MEMS de RF según la reivindicación 3, en el que la membrana flexible (120a) no está anclada y puede deslizarse libremente en relación con dicho por lo menos un pilar (120b) durante su movimiento de doblamiento.
- 30 5. Conmutador de punto de cruce MEMS de RF según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el elemento de conmutador (12) está anclado al sustrato.
- 35 6. Conmutador de punto de cruce MEMS de RF según la reivindicación 5, en el que el elemento de conmutador (12) está anclado al sustrato por ambos extremos y forma un puente.
7. Conmutador de punto de cruce MEMS de RF según la reivindicación 5, en el que el elemento de conmutador (12) está anclado al sustrato en únicamente un extremo y forma un elemento de conmutador en voladizo.
- 40 8. Conmutador de punto de cruce MEMS de RF según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que los medios de accionamiento están adaptados para doblar hacia abajo el elemento de conmutador (12) hasta un estado forzado hacia abajo correspondiente a dicha segunda posición.
- 45 9. Conmutador de punto de cruce MEMS de RF según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que los medios de accionamiento están adaptados para doblar hacia arriba el elemento de conmutador (12) hasta un estado forzado hacia arriba correspondiente a dicha primera posición.
- 50 10. Conmutador de punto de cruce MEMS de RF según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el elemento de conmutador (12) está adaptado para proporcionar un contacto óhmico con la segunda línea de transmisión (11).
- 55 11. Conmutador de punto de cruce MEMS de RF según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el elemento de conmutador (12) está adaptado para proporcionar un acoplamiento capacitivo con la segunda línea de transmisión (11).
12. Matriz de conmutador MEMS de RF que comprende varias líneas de transmisión de fila (RF-R_i) y varias líneas de transmisión de columna (RF-C_j), que cruzan las líneas de transmisión de fila, y que comprende, en cada punto de cruce, un conmutador de punto de cruce MEMS de RF (SW_{ij}) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
13. Utilización de la matriz de conmutador MEMS de RF según la reivindicación 12 para encaminar señales de RF.

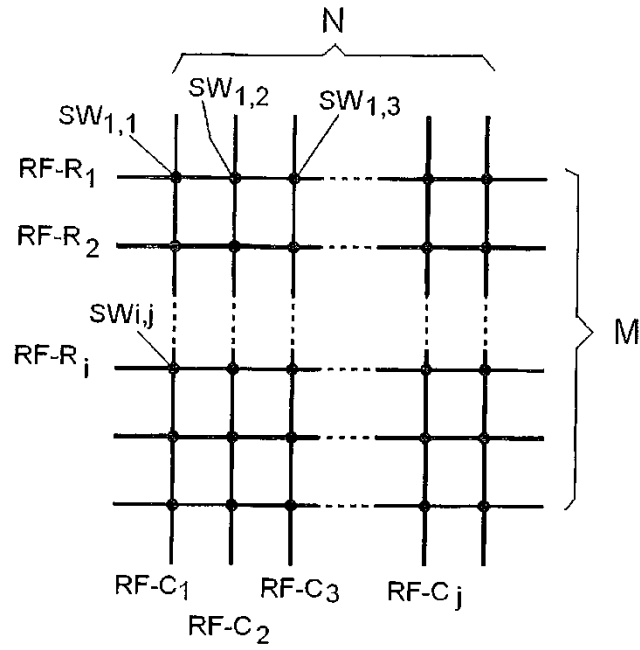


FIG. 1

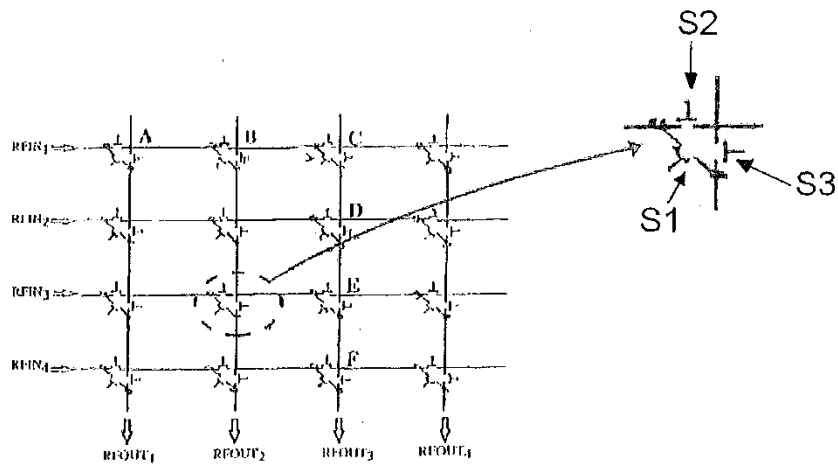


FIG. 2

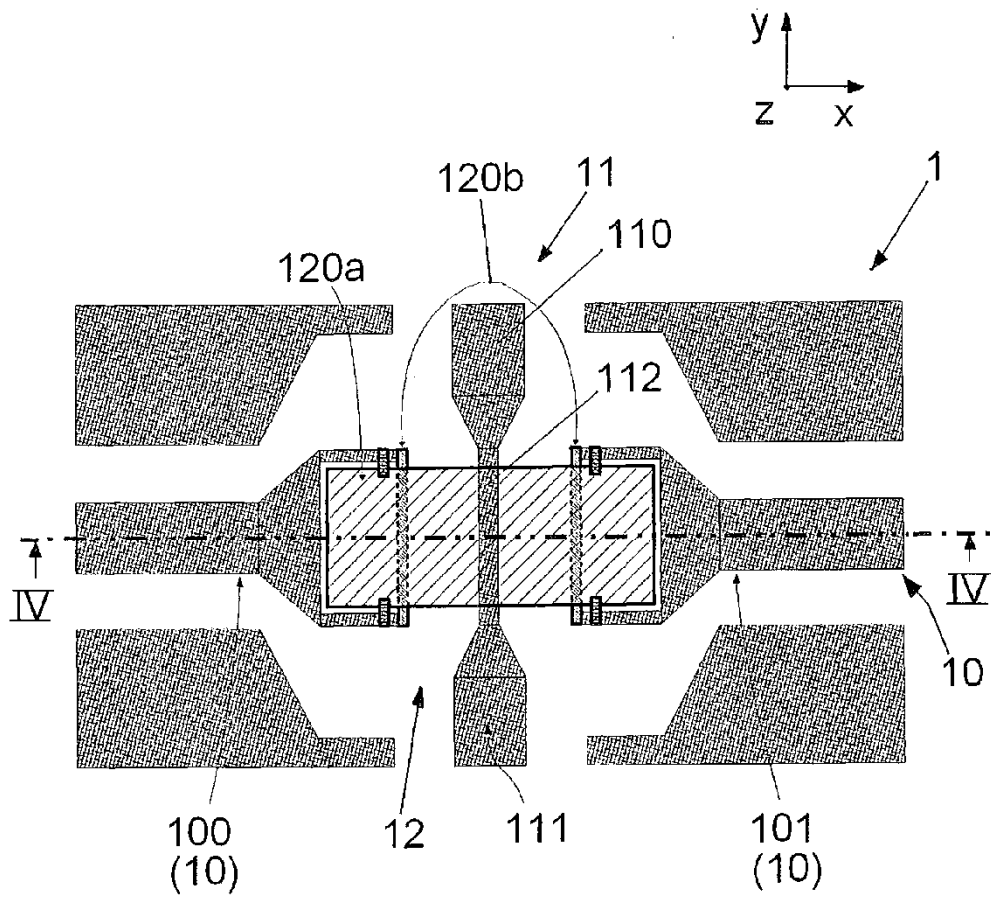


FIG.3

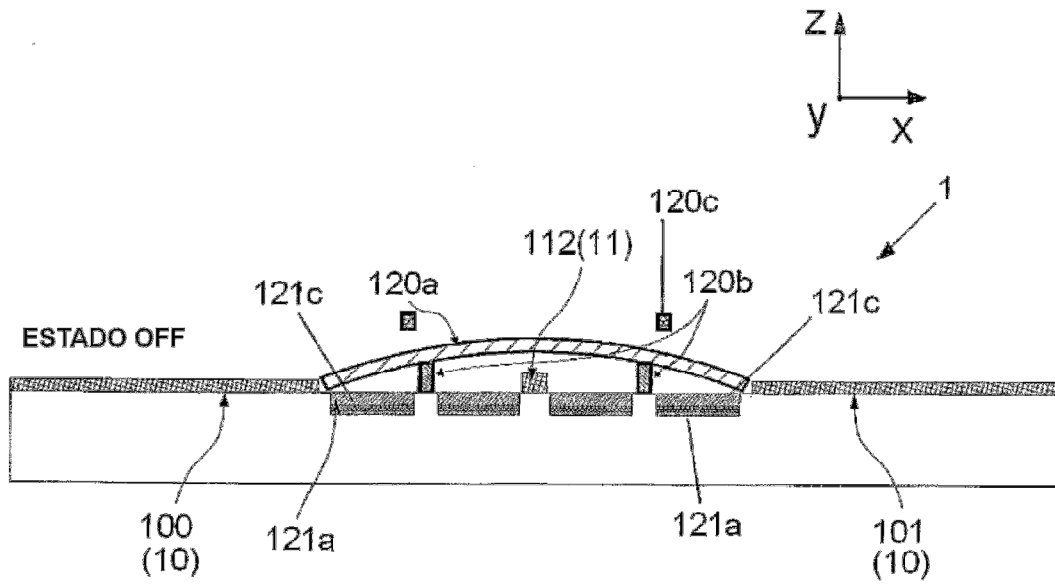


FIG. 4A

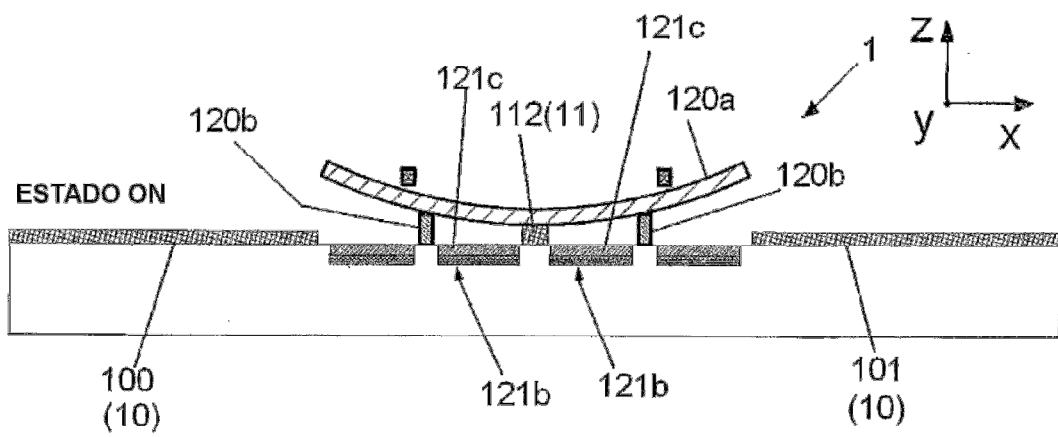


FIG. 4B

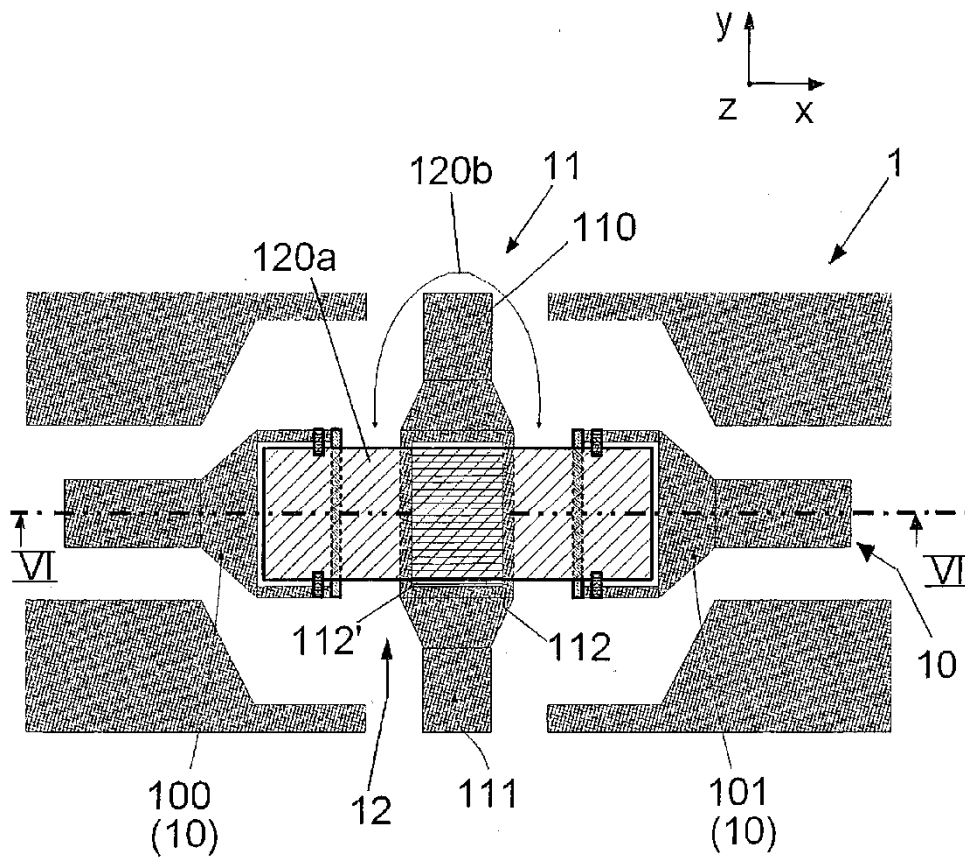


FIG. 5

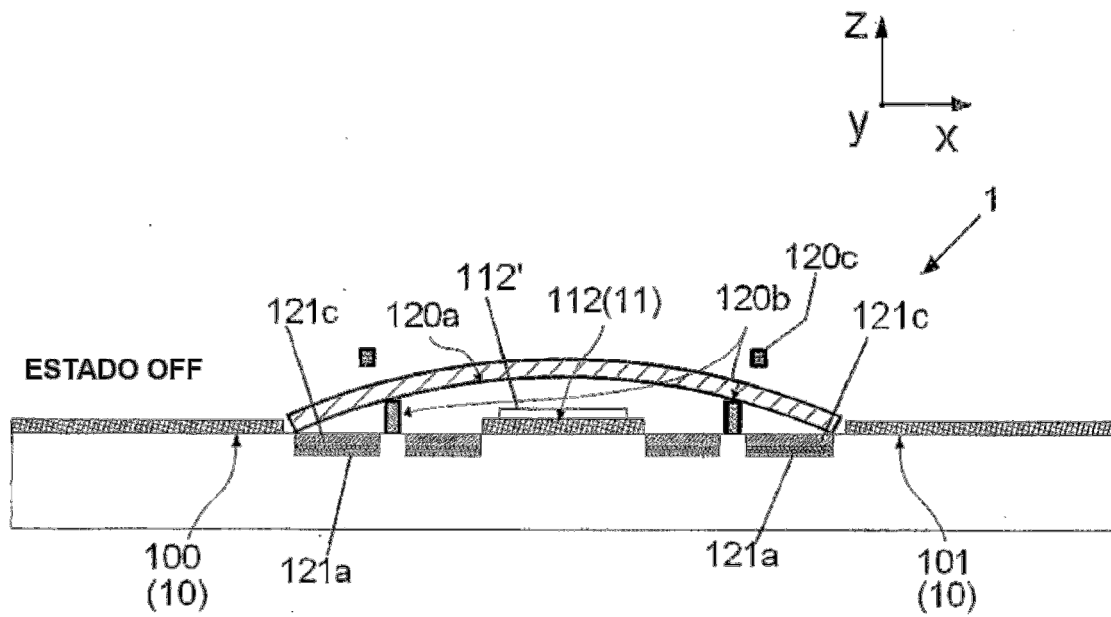


FIG. 6A

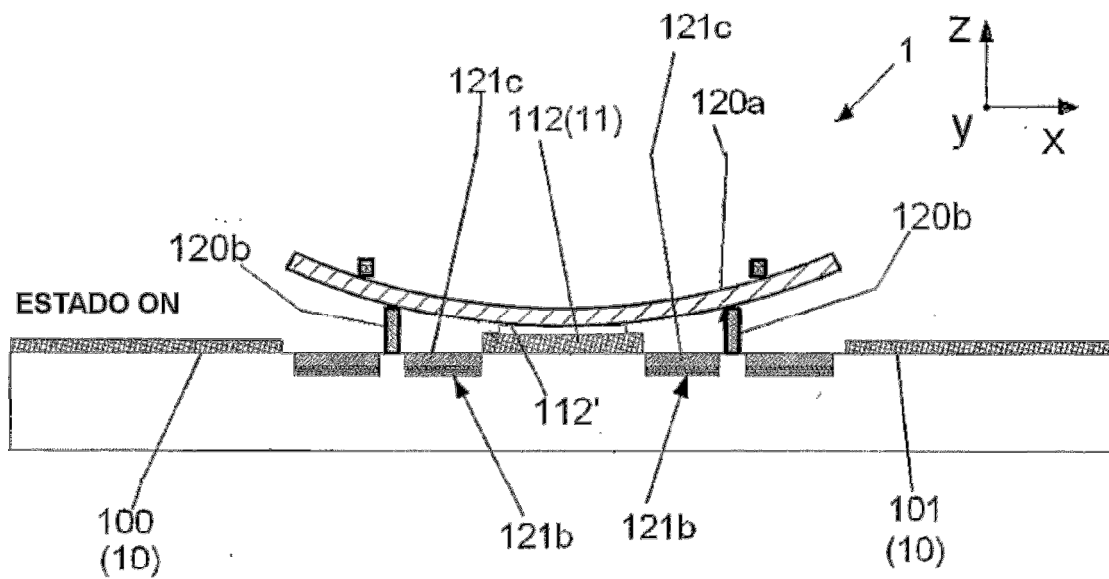


FIG. 6B