(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 495 994**

(51) Int. Cl.:

H04R 29/00	(2006.01)
H04R 3/00	(2006.01)
B81B 3/00	(2006.01)
H02P 31/00	(2006.01)
H02N 1/00	(2006.01)
H04R 1/00	(2006.01)
H04R 1/40	(2006.01)
H04R 19/02	(2006.01)
H04R 31/00	(2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2011** **E 11714844 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.05.2014** **EP 2545715**

(54) Título: **Accionadores de placas paralelas electrostáticas cuyos elementos móviles se accionan solamente mediante fuerza electrostática y procedimientos útiles en conjunción con los mismos**

(30) Prioridad:

11.03.2010 US 312797 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.09.2014

(73) Titular/es:

AUDIO PIXELS LTD. (100.0%)
3 Pekris St.
Rehovot 76702, IL

(72) Inventor/es:

COHEN, YUVAL;
KAPLAN, SHAY;
LEWIN, DANIEL;
BEN SIMON, MEIR y
HABER, ERIC ANDREAS

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 495 994 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

Accionadores de placas paralelas electrostáticas cuyos elementos móviles se accionan solamente mediante fuerza electrostática y procedimientos útiles en conjunción con los mismos

Referencia a las solicitudes en tramitación al mismo tiempo

No se reivindica prioridad. Las solicitudes en tramitación al mismo tiempo son las siguientes:

País	No. Oficial	Título
EE.UU.	60/802126	APARATO PARA GENERAR PRESIÓN
EE.UU.	60/907.450	APARATO PARA LA GENERACIÓN DE PRESIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN DEL MISMO
EE.UU.	60/872.488	CONTROL DE VOLUMEN
EE.UU.		CONTROL DE VOLUMEN
PCT	IL2007/000622	APARATOS Y PROCEDIMIENTOS DE GENERACIÓN DE ONDAS DE PRESIÓN
EE.UU.	60/924.203	APARATOS Y PROCEDIMIENTOS DE GENERACIÓN DE ONDAS DE PRESIÓN
EE.UU.		FABRICACIÓN MEJORADA
PCT	IL2007/000618	APARATO DE ALTAVOZ DIGITAL DIRECTO QUE TIENE UN PATRÓN DE DIRECTIVIDAD DESEADO
PCT	IL2007/000621	CONTROL DE VOLUMEN Y DE TONO EN ALTAVOCES DIGITALES DIRECTOS
EE.UU.	60/996.513	APARATO DE ALTAVOZ MEJORADO Y PROCEDIMIENTOS ÚTILES EN CONJUNCIÓN CON LOS MISMOS
EE.UU.	61/136.778	APARATO ACCIONADOR CON COMPONENTE DE ACCIONAMIENTO DE HORQUILLA Y PROCEDIMIENTOS ÚTILES PARA LA FABRICACIÓN Y EL FUNCIONAMIENTO DEL MISMO
PCT	IL2009/000943	APARATO ACCIONADOR CON COMPONENTE DE ACCIONAMIENTO DE HORQUILLA Y PROCEDIMIENTOS ÚTILES PARA LA FABRICACIÓN Y EL FUNCIONAMIENTO DEL MISMO
EE.UU.	61/171.946	APARATO DE PROTECCIÓN DE POLVO PARA ALTAVOCES DIGITALES PLANOS
EE.UU.		DESCARGA DE DESCARGA
EE.UU.	12/301.954	CONTROL DE VOLUMEN Y TONO EN ALTAVOCES DIGITALES DIRECTOS
PCT	IL2008/001524	APARATO DE ALTAVOZ DIGITAL
EE.UU.	12/301.951	APARATOS Y PROCEDIMIENTOS DE GENERACIÓN DE ONDAS DE PRESIÓN
EE.UU.	12/601.427	APARATO DE ALTAVOZ DIGITAL DIRECTO QUE TIENE UN PATRÓN DE DIRECTIVIDAD DESEADO

Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a accionadores y, más particularmente, a altavoces.

Antecedentes de la invención

Se conoce una amplia variedad de accionadores y altavoces. Solicitudes del solicitante en tramitación al mismo, algunas de las cuales están publicadas como se ha indicado anteriormente, describen el estado de los accionadores de la técnica, tales como altavoces.

El término **soporte** como se usa en el presente documento está pensado que incluya cualquier dispositivo que permita el movimiento relativo restringido, tal como un movimiento de flexión, entre las partes, por ejemplo, un dispositivo que conecta un elemento móvil a elementos estacionarios y define la trayectoria de movimiento y la posición de reposo del elemento móvil. Un **soporte de flexión** o **junta de flexión** es un soporte que permite el movimiento de flexión. Un soporte de flexión puede comprender una parte flexible que une otras dos partes y es típicamente simple, de bajo coste, compacto y de baja fricción. Los soportes de flexión están formados típicamente de un material que puede flexionarse repetidamente sin desintegrarse. Un **muelle** está pensado que incluya cualquier elemento elástico adecuado, tal como, pero no limitado a, una tira enrollada en espiral o alambre que recupera su forma después de la compresión, flexión o estiramiento. La **colocación** de un (i, j)-ésimo elemento accionador en una serie de elementos accionadores se refiere a la aplicación de voltaje entre una fila particular y una columna particular de la matriz de elementos accionadores.

Una matriz se denomina en el presente documento a una matriz “activa” si sus elementos incluyen un circuito de accionamiento de los elementos, y se denomina en el presente documento una matriz “pasiva” si sus elementos no incluyen un circuito de accionamiento de los elementos.

El término “posición de reposo” se utiliza generalmente de forma equivalente en la presente memoria. Los términos “dispositivo accionador” y “dispositivo de accionamiento” se utilizan generalmente de manera equivalente en la

presente memoria.

El estado de la técnica de las matrices de altavoces y algoritmos de control útiles se describe así en las siguientes publicaciones de Malcolm Hawksford:

A. “Spatial Distribution Of Distortion And Spectrally Shaped Quantization Noise In Digital Micro-Array Loudspeakers”, J. Audio Engl Soc., Vol. 55, Nº 1/2 Enero/Febrero de 2007; y
B. “Smart Digital Loudspeaker Arrays”, J. Audio Engl Soc., Vol. 51, Nº 12, diciembre 2003.

Se apreciará que los términos “superior” e “inferior” se utilizan, cuando se utilizan, en la descripción o los dibujos meramente por conveniencia para indicar posiciones en ambos lados de una superficie definida por la matriz de elementos móviles, tal como la superficie de conexión de los puntos medios de las trayectorias de los elementos móviles. La gravedad, en muchas aplicaciones, es una fuerza insignificante de tal manera que una ubicación “superior” igualmente bien podría estar dispuesta por debajo o a la izquierda o a la derecha de una ubicación “inferior”.

Los términos anteriores pueden ser interpretados ya sea de acuerdo con cualquier definición de los mismos que aparezca en la literatura de la técnica anterior o de acuerdo con la memoria, o como anteriormente.

El Glosario de Terminología MEMS de ANSYS Inc. establece que una **muesca** es “una pequeña característica u ondulación, típicamente un cuadrado en relieve en la superficie de un dispositivo MEMS. Las muescas pueden ser utilizadas como topes mecánicos, por ejemplo, para controlar el contacto en un dispositivo con una alta relación de aspecto”.

La solicitud de patente WO 2009/066290 A2 - titulada “APARATOS DE ALTAVOZ MEJORADOS Y PROCEDIMIENTOS ÚTILES EN CONJUNCIÓN CON LOS MISMOS” describe un sistema de accionamiento para generar un efecto físico, comprendiendo el sistema al menos un conjunto de elementos de traslación, cada uno limitado a desplazarse alternativamente hacia atrás y adelante a lo largo de un eje respectivo, hacia una primera y segunda posiciones de extremo, respectivamente, en respuesta a la activación de una primera y segunda fuerzas respectivamente; y un controlador operativo para utilizar las primera y segunda fuerzas para retener selectivamente al menos un subconjunto de dichos elementos de traslación en la primera y segunda posiciones de extremo, respectivamente.

Sumario de la invención

Ciertas realizaciones de la presente invención buscan proporcionar elementos móviles que se desplazan en respuesta a una primera fuerza electroestática individual operativa sobre los mismos, sin participación de fuerzas electromagnéticas, en oposición a los elementos accionadores descritos en las solicitudes en trámite al mismo tiempo del solicitante, que pueden ser sensibles a campos magnéticos alternos o a una fuerza electromagnética operativa sobre los mismos, y en el que la fuerza electrostática sólo tiene una función de bloqueo.

La presente invención se define en las reivindicaciones.

Cualquier marca comercial que aparezca en el texto o en los dibujos es propiedad de su dueño y aparece en el presente documento simplemente para explicar o ilustrar un ejemplo de cómo se puede implementar una realización de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Ciertos ejemplos y realizaciones de la presente invención se ilustran en los dibujos siguientes:

La figura 1 es un diagrama de bloques funcional simplificado de un aparato accionador.
Las figuras 2A, 2B y 2C son ilustraciones en sección transversal de un elemento accionador individual en el aparato de la figura 1.
La figura 2A muestra el elemento móvil en su posición de reposo, sin tensión aplicada entre el elemento móvil y cualquier electrodo. La figura 2B muestra el elemento móvil bloqueado en una de sus posiciones de extremo. La figura 2C muestra el elemento móvil bloqueado en la otra posición de extremo.
Las figuras 3A, 3B y 3C son ilustraciones en sección transversal de un elemento accionador individual en el aparato de la figura 1, incluyendo un elemento móvil (120) suspendido por un soporte (150), con dos electrodos (130 y 140) dispuestos en lados opuestos, donde cada electrodo sirve también como un limitador mecánico. El elemento móvil está separado de los electrodos mediante dos separadores (180 y 190). La figura 3A muestra el elemento móvil en su posición de reposo, sin tensión aplicada entre el elemento móvil y cualquier electrodo. La figura 3B muestra el elemento móvil bloqueado en una de sus posiciones de extremo. La figura 3C muestra el elemento móvil bloqueado en la otra posición de extremo.
Las figuras 4A, 4B y 4C son ilustraciones en sección transversal de un elemento accionador individual en el aparato de la figura 1, incluyendo un elemento móvil (120) suspendido por un soporte (150), y dos electrodos

(130 y 140) dispuestos en lados opuestos, y muescas que sobresalen (210 y 220) en la superficie de cada electrodo. La figura 4A muestra el elemento móvil en su posición de reposo, sin tensión aplicada entre el elemento móvil y cualquier electrodo. La figura 4B muestra el elemento móvil bloqueado en una de sus posiciones de extremo, con las muescas 210 en un electrodo 130 creando un espacio de aire (240) entre el elemento móvil (120) y el electrodo 130. La figura 4C muestra el elemento móvil bloqueado en la otra posición de extremo, con las muescas 220 en el otro electrodo 140 creando un espacio de aire (250) entre el elemento móvil (120) y el electrodo 140.

La figura 5 es una ilustración en sección transversal de un dispositivo accionador, que muestra un elemento móvil individual (120) suspendido por un soporte (150), con un único electrodo (300) que sirve también como un limitador mecánico. El elemento móvil está separado del electrodo (300) mediante un único separador (310).

La figura 6 es un diagrama esquemático simplificado de una matriz de elementos de accionamiento (110), que comprenden cada uno un elemento móvil (120) y un electrodo (300), con los elementos móviles dispuestos en filas y los electrodos dispuestos en columnas.

La figura 7 muestra la matriz de la figura 6 con la tensión aplicada entre la fila i (330) y la columna j (340) para controlar el [i, j]-ésimo elemento móvil (350).

La figura 8 muestra el dispositivo accionador de la figura 6 con la tensión aplicada entre la fila i (330) y varias columnas (360) para controlar varios elementos móviles en la fila i (370).

La figura 9 muestra el dispositivo accionador de la figura 8 con la fila i (330) eléctricamente conectada a la columna j (340) para liberar el [i, j]-ésimo elemento móvil (350). Los elementos móviles anteriormente bloqueados que no están conectados eléctricamente a sus respectivos electrodos permanecerán bloqueados.

La figura 10 es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo accionador donde cada elemento móvil tiene dos electrodos, con los elementos móviles (120) dispuestos en filas y los electrodos superiores (130) y los electrodos inferiores (140) dispuestos en columnas separadas (410 y 420, respectivamente).

La figura 11 es un diagrama esquemático simplificado de elemento de matriz de una matriz de un solo lado, que comprende un elemento móvil (120) con un único electrodo (300), y un circuito de accionamiento de elementos de un solo lado (500) conectado eléctricamente a una fila (510) y a una columna (520) de una matriz de elementos accionadores.

La figura 12 es un diagrama esquemático simplificado de un elemento de matriz una de matriz de dos lados, que comprende un elemento móvil (120) con dos electrodos (130 y 140), y un circuito de accionamiento de elementos de dos lados (530) conectado eléctricamente a una fila (510) y dos columnas (521 y 522) de una matriz de elementos accionadores, donde cada columna controla uno de los dos electrodos.

La figura 13 es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo de accionamiento que comprende múltiples “submatrices” (601-604). Cada submatriz comprende típicamente una serie de elementos accionadores que tienen cada uno sus propias filas y columnas dedicadas, pero controlado mediante un único controlador (50).

La figura 14 es un diagrama esquemático simplificado de una “supermatriz” que comprende múltiples matrices de accionamiento (611, 612, 613 y 614), en la que una conexión eléctrica en el controlador controla cada una de las p filas de todas las matrices en la primera fila de la supermatriz, una conexión eléctrica en el controlador controla cada una de las p filas de todas las matrices de la segunda fila de la supermatriz, y así sucesivamente.

Las figuras 15A, 15B y 15C son gráficos que muestran la variación en la capacitancia mutua entre un elemento móvil y un electrodo, la tensión entre los mismos, la carga eléctrica almacenada en la capacitancia mutua, y la fuerza electrostática resultante que actúa sobre el elemento móvil, como una función de la distancia de separación entre el elemento móvil y el electrodo en ciertas realizaciones de la presente invención.

Las figuras 16A y 16B son diagramas esquemáticos simplificados de un elemento de accionamiento de un solo lado que incorpora ciertos tipos de sensores de tensión (710 y 720) para proporcionar cierta información acerca de la posición del elemento móvil (120) respecto al electrodo (300).

La figura 17 es un diagrama esquemático simplificado de un elemento de accionamiento de dos lados con un circuito de accionamiento de elementos, en una matriz donde los electrodos se comparten entre elementos accionadores.

La figura 18 es un diagrama esquemático simplificado de un conjunto accionador que comprende una pluralidad de los elementos accionadores de dos lados descritos anteriormente con referencia a la figura 17.

Descripción detallada de ciertas realizaciones

La figura 1 es un diagrama de bloques funcional simplificado de un aparato accionador de ejemplo. El aparato de la figura 1 es operativo para generar un efecto físico, al menos un atributo del cual corresponde a al menos una característica de una señal de entrada digital muestreada periódicamente de acuerdo con un reloj de muestreo. Incluye al menos un conjunto accionador 100 que comprende una pluralidad de elementos accionadores, por ejemplo, como se muestra en las figuras 2A a 5, y un controlador 50 operativo para recibir la señal de entrada digital y para controlar los elementos accionadores dentro de la matriz de accionadores. Cada elemento accionador puede incluir un elemento móvil y un soporte asociado, un electrodo y un separador entre el electrodo y el elemento móvil, y opcionalmente, limitadores mecánicos de movimiento del elemento móvil y/o muescas y/o un circuito accionador de elementos, todo como se muestra y se describe en el presente documento.

Las figuras 2A, 2B y 2C son ilustraciones en sección transversal de un elemento accionador de dos lados de ejemplo. El elemento accionador incluye un elemento móvil 120 conectado mecánicamente a las porciones estacionarias del elemento accionador por medio de un soporte 150 adecuado, tal como una junta flexible o muelle.

El soporte 150 define un eje 125 a lo largo del cual se puede desplazar el elemento móvil 120, impidiendo que el elemento móvil 120 se desplace en otras direcciones, y definiendo una posición de reposo del elemento móvil 120. El elemento accionador comprende además dos electrodos 130 y 140 dispuestos en lados opuestos del elemento móvil 120. Dependiendo de la señal de entrada digital, el controlador 50 de la figura 1 (no mostrado aquí) puede aplicar tensión entre el elemento móvil y cualquiera de los electrodos, generando así una fuerza electrostática para conducir el elemento móvil fuera de su posición de reposo y hacia el respectivo electrodo. Un par de limitadores mecánicos 160 y 170 típicamente limitan el movimiento del elemento móvil 120 a lo largo del eje 125 en cualquier dirección. El elemento móvil 120 está separado de los limitadores 160 y 170 mediante unos separadores 180 y 190.

La figura 2A muestra el elemento móvil 120 en su posición de reposo, sin tensión aplicada entre el elemento móvil 120 y cualquier electrodo 130 y 140. La figura 2B muestra el elemento móvil bloqueado en una de dos posiciones de extremo. La figura 2C muestra el elemento móvil bloqueado en la otra posición de extremo.

Las figuras 3A, 3B y 3C son ilustraciones en sección transversal de un elemento accionador que es similar al elemento accionador de las figuras 2A a 2C, excepto en que se omiten los limitadores mecánicos 160 y 170 formados por separado de las figuras 2A a 2C y los electrodos 130 y 140, sirviendo cada uno también como un limitador mecánico. Este ejemplo se basa en la estabilización, ya que la capa de óxido nativo presente en las superficies de silicio expuestas al aire evitar cortocircuitos eléctricos entre el elemento móvil y cualquier electrodo. Alternativamente, también se pueden añadir capas de estabilización no nativas durante una de las etapas del proceso de fabricación. La figura 3A muestra el elemento móvil en su posición de reposo, sin tensión aplicada entre el elemento móvil y cualquier electrodo. La figura 3B muestra el elemento móvil bloqueado en una de sus posiciones de extremo. La figura 3C muestra el elemento móvil bloqueado en la otra posición de extremo.

Una ventaja particular de este ejemplo es que el proceso de fabricación es típicamente más simple y más rentable que el proceso de fabricación de un elemento accionador de acuerdo con las figuras 2A a 2C.

Las figuras 4A, 4B y 4C son ilustraciones en sección transversal de un elemento accionador que es similar al aparato de las figuras 3A a 3C excepto en que unas muescas 210 y 220 están formadas en las superficies de los electrodos 130 y 140, respectivamente, a cada lado del elemento móvil 120. Como resultado, cuando el elemento móvil 120 está en una de sus posiciones de extremo, no entra en contacto con la totalidad de las superficies enfrentadas de los electrodos 130 ó 140, y en su lugar entra en contacto sólo con las muescas 210 ó 220 formadas en los electrodos 130 ó 140, respectivamente, para formar así un espacio, tal como un espacio de aire 240. Se apreciará que el término “espacio de aire” se usa en el presente documento meramente a modo de ejemplo, ya que aunque el aparato de la presente invención opera normalmente en aire, esto no tiene por qué ser el caso y de forma alternativa, por ejemplo, el aparato puede funcionar en cualquier otro medio adecuado.

También se apreciará que las muescas pueden formarse en la superficie del elemento móvil 120 en lugar de en los electrodos 210 y 220.

Una ventaja particular de este ejemplo es que la liberación de elementos móviles 120 de sus posiciones de extremo es típicamente más fácil de lo que sería, por ejemplo, en el ejemplo de las figuras 3A a 3C porque los huecos de aire 240 y 250 permiten que el aire fluya rápidamente en el espacio entre los elementos móviles y los electrodos y/o porque las muescas 210 y 220 impiden el acoplamiento excesivamente fuerte, por ejemplo, debido a efectos de compresión de película. Esto también puede ser el caso para el ejemplo de las figuras 2A a 2C, aunque la fabricación de muescas es típicamente más simple y más rentable que la fabricación de una capa limitadora mecánica separada. La figura 4A muestra el elemento móvil en su posición de reposo, sin tensión aplicada entre el elemento móvil y cualquier electrodo. La figura 4B muestra el elemento móvil bloqueado en una de sus posiciones de extremo. La figura 4C muestra el elemento móvil bloqueado en la otra posición de extremo.

La figura 5 es una ilustración en sección transversal de un elemento accionador de un solo lado de ejemplo. El elemento accionador es generalmente similar al elemento accionador de la figura 3A y también se muestra en su posición de reposo; sin embargo, a diferencia de la figura 3A, es unilateral porque comprende sólo un único electrodo 300 y un único separador 310, mientras que en la figura 3A, como se describió anteriormente, se proporcionan un par de electrodos y un par de separadores correspondientes. Se aprecia que, de manera similar, se puede proporcionar una versión de los dispositivos de accionamiento en un solo lado de las figuras 2A a 2C y 4A a 4C. Se aprecia que la orientación de los dispositivos mostrados y descritos en este documento en relación con la horizontal no necesita mostrarse. Así, por ejemplo, el aparato de las figuras 2A a 2B puede estar dispuesto de tal manera que las capas son horizontales, como se muestra, o puede, por ejemplo, estar dispuesto de tal manera que las capas son verticales. Además, el aparato de la figura 5 se puede colocar en su lado o se puede invertir, si se desea, de manera que la capa de electrodo 300 está encima del elemento móvil 120 y no al revés. De acuerdo con ciertos ejemplos, la fuerza de la gravedad es despreciable, ya que las fuerzas ejercidas sobre el elemento móvil por el soporte 150 y las fuerzas electrostáticas generadas por el electrodo o electrodos son de órdenes de magnitud mucho más grandes que las fuerzas gravitatorias.

La figura 6 es un diagrama esquemático simplificado de un conjunto accionador, que comprende una pluralidad de elementos accionadores de un solo lado 110 dispuestos en filas y columnas, estando los elementos accionadores de

un solo lado caracterizados por que cada elemento accionador 110 tiene un solo electrodo 300. Como se muestra, las conexiones eléctricas entre los elementos accionadores son típicamente de tal manera que los elementos 120 están conectados eléctricamente, por ejemplo, a lo largo de las columnas de la matriz y los electrodos 300 están conectados eléctricamente, por ejemplo, a lo largo de las filas de la matriz. El controlador 50 de la figura 1 (no mostrado aquí) está típicamente asociado operativamente con la matriz, de modo que la tensión puede aplicarse entre cualquier fila y columna seleccionada.

La figura 7 muestra el dispositivo accionador de la figura 6, con la tensión aplicada por el controlador (no mostrado) entre la fila 3 y la columna 3 que, como se muestra, provoca que el elemento móvil 120 del elemento accionador (3, 3) se mueva hacia el único electrodo 300 del elemento accionador (3, 3), mientras que todos los demás elementos accionadores permanecen en su posición de reposo.

La figura 8 muestra el dispositivo accionador de la figura 6 con la tensión aplicada por el controlador (no mostrado) entre la fila 3 y las columnas 2, 3, y (q-1) que, como se muestra, provoca que los elementos móviles 120 de los elementos accionadores (3,2), (3,3) y (3, q-1) se muevan respectivamente hacia su único electrodo 300 correspondiente, es decir, el de los elementos accionadores (3,2), (3,3) y (3, q-1), respectivamente, mientras que todos los otros elementos accionadores distintos de estos 3 permanecen en su posición de reposo.

La figura 9 muestra el dispositivo accionador de la figura 8 después de que la tercera fila se haya acortado a la tercera columna. Como se muestra, los elementos de accionamiento (3,2) y (3, q-1) permanecen en sus posiciones anteriores, como se muestra en la figura 8, porque sus circuitos permanecen abiertos, de tal manera que la carga eléctrica se mantiene en estos dos elementos accionadores. El elemento accionador (3,3), sin embargo, vuelve a su posición de reposo debido a la tensión entre su electrodo y su elemento móvil y, por lo tanto, la fuerza electrostática que actúa sobre este elemento móvil ahora es cero.

La figura 10 es un diagrama esquemático simplificado de un conjunto accionador que comprende una pluralidad de elementos accionadores de dos lados 110 dispuestos en filas y columnas, estando los elementos accionadores de dos lados caracterizados por que cada elemento accionador 110 tiene un par de electrodos 130 y 140. Como se muestra, las conexiones eléctricas entre los elementos accionadores son típicamente de forma que: (a) los elementos móviles 120 están conectados eléctricamente, por ejemplo, a lo largo de las filas de la matriz; (b) el primer conjunto de electrodos 130 están conectados eléctricamente, por ejemplo, a lo largo de un primer conjunto de columnas 410 de la matriz; y (c) el segundo conjunto de electrodos 140 están conectados eléctricamente, por ejemplo, a lo largo de un segundo conjunto de columnas 420 de la matriz. El controlador 50 (no mostrado) está típicamente asociado operativamente con la matriz, de modo que la tensión puede aplicarse entre cualquier fila y columna seleccionadas.

La figura 11 es un diagrama esquemático simplificado de un elemento accionador de un solo lado que es generalmente similar a uno individual de los elementos accionadores 110 de la figura 6, excepto en que un circuito de accionamiento del elemento de un solo lado 500 está conectado eléctricamente a la fila 510 y a la columna 520 de la matriz a la que pertenece el elemento accionador individual de un solo lado. Se aprecia que uno, algunos o todos los elementos accionadores de la figura 11 pueden incluir un circuito de accionamiento de elementos 500, como se muestra, o grupos de elementos que pueden compartir un único circuito de accionamiento. El circuito de accionamiento de elementos 500 puede tener, por ejemplo, una funcionalidad de cambio de nivel que permite tensiones relativamente altas, tales como algunas decenas de voltios, que deben aplicarse entre el electrodo 300 y el elemento móvil 120 bajo el control de señales de baja tensión transmitidas desde el controlador a lo largo las filas y las columnas a cada elemento de accionamiento del circuito dentro de la matriz. Las altas tensiones pueden ser útiles para el accionamiento de los elementos accionadores de acuerdo con las demandas de la aplicación.

Una ventaja particular de esta realización es que el controlador (no mostrado) puede entonces comprender un dispositivo puramente de baja tensión que funciona a tensiones comúnmente utilizadas para circuitos digitales, tales como 3,3 V, haciendo que el controlador 50 sea más rentable de fabricar. Alternativamente o además, el circuito de accionamiento de elementos 500 puede tener una funcionalidad de memoria, que permite el control simultáneo efectivo de más elementos de accionamiento que pueden dirigirse físicamente de forma simultánea, porque, gracias a la funcionalidad de memoria, los elementos accionadores (i, j) pueden retener una posición distinta de su posición de reposo, incluso cuando ya no se está dirigiendo el elemento.

La figura 12 es un diagrama esquemático simplificado de un elemento accionador de dos lados (un elemento accionador que tiene 2 electrodos) que es generalmente similar a uno individual de los elementos de accionamiento de la figura 10, excepto en que un circuito de accionamiento del elemento de dos lados 530 está conectado eléctricamente a la fila 510 y a las columnas 521 y 522 de la matriz a la pertenece que el elemento de accionamiento de dos lados individual. Se aprecia que uno, algunos o todos los elementos accionadores de dos lados de la figura 10 pueden incluir un circuito de accionamiento del elemento 530, como se muestra, o grupos de elementos pueden compartir un único circuito de accionamiento. El circuito de accionamiento del elemento 530 controla la tensión aplicada entre el elemento móvil 120 y, o cualquier electrodo 130 y 140, y puede tener cualquiera o todas de las funcionalidades descritas anteriormente con referencia al circuito de accionamiento de elementos 500 de la figura 11.

La figura 13 es un diagrama esquemático simplificado del aparato accionador de la figura 1, en el que se proporcionan múltiples matrices de accionadores, tal como n = 4 matrices 601, 602, 603 y 604, de elementos móviles, todo controlado mediante un solo controlador 50. En particular, una conexión eléctrica en el controlador controla cada una de las filas p y cada una de los columnas q de una matriz, y así sucesivamente para cada una de las matrices, de manera que un total de n (p + q) conexiones eléctricas están dentro del controlador para n matrices de elementos accionadores p x q. En el ejemplo ilustrado, n = 4, p = q = 9.

La figura 14 es un diagrama esquemático simplificado del aparato accionador de la figura 1 en el que se proporcionan múltiples matrices idénticas, como n = 4 matrices 611, 612, 613 y 614, de elementos móviles, todo controlado por un solo controlador 50. Sin embargo, en la figura 14, en contraposición con la figura 13, las matrices están ellas mismas dispuestos en una matriz, denominada en el presente documento una “supermatriz” P x Q, de tal manera que una conexión eléctrica en el controlador controla cada una de las p filas de todas las matrices en la primera fila de la supermatriz, una conexión eléctrica en el controlador controla cada una de las p filas de todas las matrices de la segunda fila de la supermatriz, y así sucesivamente, con una conexión eléctrica en el controlador que controla cada una de las p filas de todas las matrices en la última, P-ésima fila de la supermatriz. Del mismo modo, una conexión eléctrica en el controlador controla cada una de las q columnas de todas las matrices en la primera columna de la supermatriz, una conexión eléctrica en el controlador controla cada una de las q columnas de todas las matrices en la segunda columna de la supermatriz, y así sucesivamente, con una conexión eléctrica en el controlador que controla cada una de las q columnas de todas las matrices en la última Q-ésima columna de la supermatriz. Normalmente, un total de (P × p + Q × q) conexiones eléctricas se proporcionan en el controlador para una “supermatriz” P × Q de p × q matrices de accionador. En el ejemplo ilustrado, n = 4, p = q = 9, P = Q = 2.

La figura 15A es un gráfico de la capacitancia mutua entre un elemento móvil, tal como los descritos anteriormente con referencia a las figuras 1 a 14 y un electrodo de un elemento accionador como una función de la distancia de separación entre los mismos. Los valores particulares graficados se refieren a un elemento accionador circular de ejemplo modelado como un condensador de placas paralelas con el elemento móvil y el electrodo, teniendo ambos un diámetro de 300 micras, y el dieléctrico siendo aire.

La figura 15B muestra la tensión a través del condensador de placas paralelas de la figura 15A, y la carga eléctrica almacenada en el mismo, como una función de la distancia de separación. En el ejemplo ilustrado, inicialmente, a una distancia de separación de 3 micras, el controlador aplica una tensión de 50 V a través del condensador. La separación luego disminuye con el tiempo. Después de que la distancia de separación llegue a 1 micra, el controlador abre la conexión eléctrica con el electrodo o el elemento móvil de tal manera que la carga ya no puede entrar o salir del condensador. Desde este punto en adelante, la tensión entre el elemento móvil y el electrodo disminuye a medida que disminuye la distancia de separación.

La figura 15C muestra la fuerza electrostática que actúa sobre el elemento móvil de las figuras 15A y 15B, como una función de su distancia de separación del electrodo. Inicialmente, con una tensión constante aplicada entre el electrodo y el elemento móvil, la fuerza electrostática aumenta a medida que disminuye la distancia de separación. Sin embargo, después de que el controlador abre la conexión eléctrica, la fuerza electrostática se mantiene constante cuando la distancia de separación disminuye aún más.

Las figuras 16A y 16B son diagramas esquemáticos simplificados de elementos accionadores de un solo lado que incorporan un sensor de tensión. Se proporciona un circuito de accionamiento del electrodo (700) que puede ser parte del controlador mostrado en la figura 1 o puede ser idéntico al circuito de accionamiento de elementos de un solo lado 500 de la figura 11. El circuito de accionamiento (700) de los electrodos carga inicialmente el condensador formado por el electrodo (300) y el elemento móvil (120) a una tensión distinta de cero, y posteriormente desconecta al menos uno del elemento móvil o el electrodo, evitando así cualquier transferencia de carga eléctrica dentro o fuera del condensador. Cualquier movimiento del elemento móvil (120) hacia o desde el electrodo (300) entonces hace que la tensión en el condensador disminuya o aumente, respectivamente. Un sensor de tensión puede detectar este cambio en la tensión, proporcionando información sobre la posición del elemento móvil (120).

En la figura 16A, el sensor de tensión es un comparador analógico (710), cuya salida de sensor comprende una señal binaria que indica si la tensión entre el electrodo y el elemento móvil es superior o inferior a una tensión de referencia.

En la figura 16B, el sensor de tensión es un convertidor de analógico a digital (720), cuya salida de sensor comprende una representación de múltiples niveles en lugar de binaria, típicamente numérica, de la tensión entre el electrodo y el elemento móvil.

La figura 17 es un diagrama esquemático simplificado de un elemento de accionamiento de dos lados que tiene un circuito de accionamiento de elementos 532, en una matriz donde los electrodos se comparten entre elementos accionadores. El primer electrodo 130 está conectado a un primer potencial eléctrico 533, el segundo electrodo 140 está conectado a un segundo potencial eléctrico 534, y el circuito de accionamiento del elemento 532 tiene sólo una única salida conectada eléctricamente al elemento móvil 120.

De acuerdo con ciertas realizaciones, la tensión entre el electrodo superior y el electrodo inferior es sustancialmente constante durante el funcionamiento normal, o cambia a un ritmo que es varios órdenes de magnitud menor que la frecuencia del reloj de accionamiento. El circuito de accionamiento de elementos 532 puede, por ejemplo, contener una etapa de salida en contrafase CMOS digital capaz de conectar el elemento móvil 120 al primer potencial eléctrico 533 o el segundo potencial eléctrico 534. Cuando el elemento móvil 120 está conectado al primer potencial eléctrico 533, la tensión entre el mismo y el primer electrodo 130 es cero, y la tensión entre el elemento móvil 120 y el segundo electrodo 140 es distinta de cero, creando de una fuerza electrostática que atrae al elemento 120 que se mueve hacia el segundo electrodo 140. Del mismo modo, cuando el elemento móvil 120 está conectado al segundo potencial eléctrico 534, la tensión entre el mismo y el segundo electrodo 140 es cero, y la tensión entre el elemento móvil 120 y el primer electrodo 130 es distinta de cero, creando una fuerza electrostática que atrae el elemento móvil 120 hacia el primer electrodo 130.

Los elementos accionadores de un solo lado tales como los mostrados en la figura 5 o en la figura 11 pueden, alternativamente, construirse con electrodos compartidos entre elementos accionadores. El circuito de accionamiento de elementos 532 puede implementarse utilizando tecnologías distintas de CMOS, tales como, pero no limitadas a los transistores bipolares. La salida del circuito de accionamiento de elementos puede ser continuamente variable, en lugar de limitarse a dos niveles tal como se describió anteriormente. La salida del circuito de accionamiento del elemento puede tener un estado de alta impedancia (conocido en la técnica como "triestado" o "hi-Z"), lo que le permite impedir cualquier transferencia de carga eléctrica dentro o fuera del par de condensadores de placa paralela formados por el elemento móvil 120 y los dos electrodos, como se describió anteriormente con referencia a la figura 15B.

La figura 18 es un diagrama esquemático simplificado de un conjunto accionador que comprende una pluralidad de elementos accionadores de dos lados descritos anteriormente con referencia a la figura 17. De acuerdo con ciertas realizaciones, el primer electrodo 130 de cada elemento accionador está conectado eléctricamente al primer electrodo de cada otro elemento accionador, y a un primer potencial eléctrico 533; e igualmente, el segundo electrodo 140 de cada elemento accionador está conectado eléctricamente al segundo electrodo de cada otro elemento accionador, y a un segundo potencial eléctrico 534.

Una ventaja particular de la realización de la figura 18 es que no se requiere aislamiento eléctrico entre cualquiera de los primeros electrodos o cualquiera de los segundos electrodos; mientras que las matrices de accionadores mostradas en las figuras 6 y 10, o las matrices de elementos accionadores, tales como las mostradas en las figuras 11 y 12, incluyen aislamiento eléctrico entre los electrodos de cada elemento accionador. Por lo tanto, todos los electrodos de la figura 18 se pueden implementar como dos capas continuas de material eléctricamente conductor, como silicio o aluminio dopado, dispuestas a ambos lados de los elementos móviles 120, sin necesidad de dividir estas capas en zonas eléctricamente aisladas. Esto permite un proceso de fabricación más simple y más eficaz.

Se describen ahora los algoritmos de control adecuados para la aplicación de los controladores mostrados y descritos en el presente documento tal como el controlador 50 de la figura 1. Generalmente, el controlador normalmente controla la posición de cada elemento móvil en dicho dispositivo accionador como una función de la señal de entrada digital muestreada de acuerdo con un reloj de muestreo. De acuerdo con una realización de la presente invención, el rango de la señal de entrada digital puede ser tal que el número de valores de la señal se puede asumir que es igual al número de elementos de accionamiento en el aparato, y el reloj de muestreo es de la misma frecuencia que el reloj de accionamiento. En este caso, el controlador puede implementar un algoritmo en el que cada palabra de datos de la señal de entrada digital determina directamente el número de elementos móviles en una posición determinada.

Por ejemplo, en un aparato que utiliza elementos accionadores de un solo lado, el algoritmo puede bloquear o liberar elementos móviles individuales, tales que el número de elementos móviles bloqueados en el aparato siempre es igual al número representado por la última palabra de datos (recibida más recientemente) de la señal de entrada digital recibida por el controlador. Alternativamente, el algoritmo puede ser tal que el número de elementos móviles bloqueado es igual a la última palabra de datos recibida. En los ejemplos con elementos accionadores de dos lados, el algoritmo puede ser tal que el número de elementos móviles bloqueado en su primera posición de extremo, o, alternativamente, el número de elementos móviles bloqueados en su segunda posición de extremo, es igual a la última palabra de datos recibida. Alternativamente, el controlador puede implementar un algoritmo donde cada palabra de datos de la señal de entrada digital determina un número de elementos de accionamiento a mover (por ejemplo, subir o bajar) a lo largo de sus ejes respectivos.

Otros algoritmos de control también pueden tener en cuenta la respuesta de impulso de los elementos accionadores con el fin de reproducir con mayor precisión la señal de entrada digital. Los algoritmos de control pueden incluir también funciones de procesamiento de señales adicionales, tales como, pero no limitado a control de volumen y tono tal como se describe en la solicitud en tramitación al mismo tiempo de los solicitantes WO2007/135679, titulada “Control de volumen y tono en altavoces digitales directos”. En general, el número de valores que la señal de entrada digital asume puede diferir del número de elementos de accionamiento en el aparato y, por lo tanto, el controlador puede incluir una función de escala para que coincida con la señal de entrada digital para el número de elementos accionadores disponibles. Del mismo modo, el reloj de muestreo puede diferir del reloj de accionamiento

y, por lo tanto, el controlador puede incluir una función de remuestreo, conversión de frecuencia de muestreo, interpolación o de decimación para que coincida el reloj de muestreo con el reloj de accionamiento.

Cuando el número de elementos de accionamiento en el aparato es menor que el número de valores que la señal de entrada digital puede tomar y la frecuencia de reloj de accionamiento es mayor que la frecuencia de reloj de muestreo, técnicas conocidas tales como sobremuestreo, formación de ruido, y modulación sigma-delta se pueden utilizar para minimizar el efecto del ruido de cuantificación y para aumentar la resolución efectiva del dispositivo accionador. En este respecto se hace referencia a las publicaciones referenciadas anteriormente por M. Hawksford.

Dependiendo de la aplicación, varios criterios diferentes se pueden utilizar en la selección de elementos móviles específicos son bloqueados o liberados en un momento dado. Por ejemplo, el controlador puede seleccionar elementos móviles que ocupan posiciones particulares en el dispositivo accionador, a fin de crear un patrón de directividad deseada como se describe en la solicitud en tramitación al mismo tiempo de los solicitantes WO2007/135678 (“Aparato de altavoz digital directo que tiene un patrón de directividad deseado”). Alternativamente, el controlador puede seleccionar elementos móviles de una manera pseudoaleatoria como para minimizar el efecto de la falta de coincidencia del elemento (término conocido). Sin embargo, otra opción es que el controlador seleccione elementos móviles de tal manera que se simplifique el algoritmo de control. Estos o cualquier otro criterio de selección también se pueden combinar.

El controlador puede incorporar una interfaz estándar de la industria para recibir dicha señal de entrada digital, por ejemplo, pero no limitado a una interfaz I2S, AC'97, HDA, o SLIMbus (todos estos son términos conocidos y pueden ser marcas comerciales).

Los elementos móviles y el electrodo o electrodos se fabrican típicamente a partir de un material eléctricamente conductor, tal como silicio monocristalino dopado, silicio policristalino dopado, o aluminio, o por lo menos contienen una capa eléctricamente conductora. Capas de espaciado entre elementos móviles y los electrodos se fabrican típicamente de un material eléctricamente aislante, tal como dióxido de silicio, o por lo menos contienen una capa eléctricamente aislante. Los soportes se fabrican típicamente a partir de un material capaz de deformación elástica sin deformación plástica, tal como silicio monocristalino, silicio policristalino, o del aliminum, de manera que los soportes no retienen ninguna deformación permanente en ausencia de fuerzas electrostáticas, y elementos móviles siempre vuelven a la exacta misma posición de reposo cuando no se aplica fuerza electrostática.

La producción en masa rentable de los dispositivos de accionamiento aquí descritos pueden por ejemplo ser alcanzados de la siguiente manera: discos tales como discos de silicio o de aluminio o discos SOI (silicio sobre aislante), de dimensiones estándar de la industria, tal como de 6 pulgadas o 8 pulgadas de diámetro, pueden ser utilizados como un sustrato para la fabricación de un gran número de dispositivos de accionamiento en las plantas de microfabricación existentes (conocidas en la técnica como "fabs"). Dependiendo del tamaño deseado del dispositivo accionador y el tamaño del disco, un solo disco puede tener una superficie suficiente para alojar decenas, cientos o más dispositivos de accionamiento. Alternativamente, si se desea un dispositivo de accionamiento grande, entonces el dispositivo accionador puede estar diseñado para llenar toda la superficie de un solo disco. Pueden ser construidos dispositivos accionadores todavía más grandes mediante la combinación de varias matrices de accionamiento grandes, cada una llenado todo un disco, en un único aparato, por ejemplo, como se describe con referencia a las figuras 13 y 14. Los discos pueden ser procesados en la industria en lotes de tamaños estándar, por ejemplo, veinticinco discos a la vez, utilizando el equipo fab existente diseñado para esos tamaños de lote.

El proceso de fabricación de dispositivos de accionamiento comprende típicamente una secuencia de etapas de proceso, resultando en dispositivos de accionamiento completamente formados. Cada uno de las etapas del proceso sigue una técnica conocida en la industria de los semiconductores o MEMS, para lo cual el equipo adecuado está disponible comercialmente, tales como (pero no limitados a): fotolitografía, ataque químico, oxidación térmica, deposición química de vapor, aislamiento de zanja, implantación de iones, y difusión. Típicamente, cada paso del proceso crea una cierta característica para todos los elementos de accionamiento de todos los dispositivos de accionamiento en el mismo disco al mismo tiempo, en un solo paso. Por ejemplo, todos los soportes de todos los elementos de accionamiento sobre el disco se pueden formar en un solo proceso de grabado; todos los electrodos sobre el disco pueden doparse en un único proceso de implantación de iones o difusión para mejorar su conductividad eléctrica; y/o todos los electrodos o todos los elementos móviles del disco pueden ser eléctricamente aislados unos de otros en una sola etapa de aislamiento de zanja.

La producción en masa rentable del controlador descrito en este documento puede lograrse mediante la aplicación del controlador como un circuito integrado de aplicación específica (ASIC - término bien conocido), utilizando la tecnología estándar de la industria tales como, por ejemplo, CMOS. Alternativamente, o además, componentes electrónicos existentes, disponibles en el mercado pueden utilizarse para implementar algunas o todas las partes del controlador. Tales componentes electrónicos pueden incluir (pero no se limitan a): circuitos integrados, tales como (pero no limitados a) los FPGA, CPLD, DSPs o microprocesadores (todos los términos conocidos); componentes discretos, tales como MOSFETs, transistores bipolares, diodos, o pasivos; o cualquier combinación de circuitos integrados y componentes discretos. Ciertas partes del controlador también se pueden implementar en software en lugar de circuitos electrónicos cableados. Estas piezas de software pueden ser ejecutadas por cualquier motor

adecuado, tal como (pero no limitado a) un microprocesador, microcontrolador o DSP, y pueden estar escritas en cualquier lenguaje de programación adecuado, incluyendo: código de máquina nativo, cualquier lenguaje de programación de alto nivel, tales como (pero no limitado a) C, C++, o Perl, cualquier lenguaje de modelado tales como (pero no limitado a) MATLAB, o cualquier lenguaje de descripción de hardware, tales como (pero no limitado a) Verilog o VHDL.

La formación de todo un aparato que incluye un controlador y un dispositivo de accionamiento pueden incluir la fabricación como una sola matriz en el mismo disco. Dependiendo del tamaño deseado del dispositivo accionador, el tamaño del controlador y el tamaño del disco, un único disco puede alojar muchos de estos aparatos o solamente un único aparato. Alternativamente, las partes del controlador pueden ser fabricadas como parte del mismo dado que el dispositivo accionador asociado, con otras piezas fabricadas como un circuito integrado independiente, construido a partir de componentes electrónicos existentes, disponibles en el mercado, o se implementan en software, o cualquier combinación de los mismos. Donde algunas o todas las partes del controlador se fabrican como un circuito integrado separado del dispositivo accionador, los dos procesos de fabricación separados del controlador y el dispositivo accionador respectivamente pueden diferir en flujo de proceso, la geometría proceso, el número de etapas de proceso, número de máscaras o cualquier otra característica. Esto permite que cada proceso de fabricación sea optimizado por separado para lograr, por ejemplo, el costo total más bajo, menor tamaño, mayor rendimiento (término conocido), o cualquier otra propiedad deseada.

Se aprecia que la terminología tal como “obligatorio”, “necesario”, “necesita” y “debe” se refieren a decisiones de implementación tomadas en el contexto de una implementación particular o aplicación descritos aquí para mayor claridad y no se pretende que sean limitativos ya que en una implantación alternativa, los mismos elementos se podrían definir como no obligatorios y no requieren ni siquiera podría ser eliminados por completo.

Se aprecia que ciertas funcionalidades descritas en este documento por ejemplo funcionalidades de control de elemento móvil, puede, si se desea implementarse en software. “Por ejemplo” se utiliza aquí en el sentido de un ejemplo específico que no se pretende que sea limitante.

La escala utilizada para ilustrar diversos elementos en los dibujos es meramente ejemplar y/o apropiada para claridad de la presentación y no se pretende que sea limitativa.

REIVINDICACIONES

1. Aparato accionador de placas paralelas electrostáticas para generar un efecto físico, al menos un atributo del cual corresponde a al menos una característica de una señal de entrada digital muestreada periódicamente, comprendiendo el aparato:

al menos un dispositivo accionador de placas paralelas electrostáticas, incluyendo cada dispositivo accionador de placas paralelas:

una matriz (100) de elementos móviles conductores (120) que define un primer plano, en el que cada elemento móvil individual es operativo para estar limitado a desplazarse alternativamente hacia atrás y adelante a lo largo de un eje respectivo (125) en respuesta a una primera fuerza operativa electrostática individuo sobre el mismo, en el que cada elemento móvil tiene una posición de reposo y es accionado fuera de su posición de reposo solamente mediante dicha primera fuerza electrostática;
al menos un electrodo plano (130, 140, 300) que define un segundo plano generalmente paralelo a dicho primer plano, siendo dicho electrodo plano operativo para aplicar una secuencia temporal controlada de diferencias de potencial con al menos un elemento móvil individual entre dicha matriz de elementos móviles, para generar así selectivamente dicha primera fuerza electrostática; y
un controlador (50) operativo para recibir dicha señal de entrada digital y, en consecuencia, para controlar al menos uno de dicho al menos un electrodo y dicho elemento móvil individual para aplicar dicha secuencia de diferencias de potencial, de manera que dicho efecto físico representa dicha señal,
estando el aparato **caracterizado por que** dicho aparato también comprende al menos un sensor de posición (710, 720) que detecta la posición de al menos un elemento móvil a lo largo de su eje respectivo,
en el que dicho controlador es operativo para detectar un defecto en dicho al menos un elemento móvil basado en la información proporcionada por dicho al menos un sensor de posición.

2. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el movimiento de al menos uno individual uno de dichos elementos móviles a lo largo de su respectivo eje está también limitado por al menos un limitador mecánico (160, 170) dispuesto a lo largo de dicho eje del elemento móvil individual, definiendo dicho limitador mecánico una posición de extremo y evitando que dicho elemento móvil se mueva más allá de dicha posición de extremo.

3. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 2, y que comprende también al menos un pestillo operativo para bloquear al menos uno de dichos elementos móviles mediante la prevención selectiva de que al menos uno de dichos elementos móviles, después de haber alcanzado una de dichas posiciones de extremo, se mueva lejos de dicho limitador mecánico de vuelta hacia su posición anterior.

4. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha matriz de elementos móviles comprende una primera pluralidad de primeros grupos de elementos móviles eléctricamente interconectados dispuestos en un primer patrón geométrico;
en el que dicho al menos un electrodo plano comprende al menos una matriz de electrodos divididos en al menos una segunda pluralidad de segundos grupos de electrodos interconectados eléctricamente dispuestos en al menos un segundo patrón geométrico que difiere de dicho primer patrón geométrico;
en el que cada una de dicha primera y segunda pluralidades de grupos está conectada eléctricamente a dicho controlador, y dichos primer y segundo patrones geométricos están **caracterizados por que** cada área donde un primer grupo se superpone con un segundo grupo contiene sólo un elemento móvil, y en el que dicho controlador es operativo para dirigir cada uno de dichos elementos móviles mediante el control de la fuerza electrostática que actúa sobre cada uno de dichos elementos móviles dentro de dicha matriz mediante la aplicación de tensión entre uno individual de dichos primeros grupos y uno individual de dichos segundos grupos.

5. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dicho dispositivo accionador de placas paralelas electrostáticas incluye una pluralidad de matrices, que tienen cada una filas y columnas que no están conectadas eléctricamente a las filas y a las columnas, respectivamente, de otras matrices dentro de dicho dispositivo accionador de placas paralelas.

6. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dichos primeros grupos comprenden filas y dichos segundos grupos comprenden columnas y dichas filas y columnas se extienden a través de más de un dispositivo accionador de placas paralelas, de manera que dichas filas incluyen elementos móviles situados dentro de más de un dispositivo accionador de placas paralelas y dichas columnas incluyen electrodos situados dentro de más de un dispositivo accionador de placas paralelas.

7. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho controlador incluye un aparato operativo para utilizar información de posición proporcionada por dicho sensor de posición cuando se seleccionan elementos móviles para producir dicho efecto físico.

8. Aparato accionador de placas paralelas electrostáticas para generar un efecto físico, al menos un atributo del cual corresponde a al menos una característica de una señal de entrada digital muestreada periódicamente,

comprendiendo el aparato:

al menos un dispositivo accionador de placas paralelas electrostáticas, incluyendo cada dispositivo accionador:

una matriz (100) de elementos móviles conductores (120) que define un primer plano, en el que cada elemento móvil individual es operativo para estar limitado a desplazarse alternativamente hacia atrás y adelante a lo largo de un eje respectivo (125) en respuesta a una primera fuerza operativa electrostática individual sobre el mismo, en el que cada elemento móvil tiene una posición de reposo y es accionado fuera de su posición de reposo solamente mediante dicha primera fuerza electrostática; y
al menos un electrodo plano (130, 140, 300) que define un segundo plano generalmente paralelo a dicho primer plano, siendo operativo dicho electrodo plano para aplicar una secuencia temporal controlada de diferencias de potencial con al menos un elemento móvil individual entre dicha matriz de elementos móviles, para generar así selectivamente dicha primera fuerza electrostática; y
un controlador (50) operativo para recibir dicha señal de entrada digital y, en consecuencia, para controlar al menos uno de dicho al menos un electrodo y dicho elemento móvil individual para aplicar dicha secuencia de diferencias de potencial, de manera que dicho efecto físico representa dicha señal,
en el que dicha matriz de elementos móviles comprende una primera pluralidad de filas de elementos móviles que se extienden a lo largo de una primera dimensión geométrica y están conectados eléctricamente entre los mismos;
estando el aparato **caracterizado por que** dicho electrodo plano comprende una matriz de electrodos paralelos a dicha matriz de elementos móviles y que comprende una segunda pluralidad de columnas de electrodos que no son paralelas a dichas filas de elementos móviles dispuestos a lo largo de una segunda dimensión geométrica y están conectados eléctricamente entre los mismos; y en el que dicho controlador es operativo para determinar que el movimiento de un elemento l, j-ésimo (350), que comprende el elemento j-ésimo en la fila l-ésima (330) entre dicha pluralidad de filas, está obligado a generar el efecto físico y provocar el movimiento de la l, j-ésimo elemento móvil cambiando la diferencia de tensión entre la j-ésima columna (340) entre dicha pluralidad de columnas y dicha i-ésima fila, y comprendiendo también dicho aparato un sensor de posición (710, 720) que detecta la posición de dicho elemento l, j-ésimo a lo largo de dicho eje, en el que dicho sensor de posición informa a dicho controlador que un elemento móvil tiene un patrón de movimiento aberrante, marcando el controlador el elemento móvil como defectuoso y no utiliza dicho elemento móvil adicional.

9. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicho controlador es operativo para determinar que el movimiento de al menos un a, b-ésimo elemento móvil y un a, c, b-ésimo elemento móvil es obligatorio para generar el efecto físico y para provocar el movimiento de dichos elementos móviles mediante el control de una fuente de tensión para aplicar tensión entre la b-ésima columna entre dicha segunda pluralidad de columnas y dicha a-ésima y c-ésima filas; y desconectar al menos uno de (i) las a-ésima y c-ésima filas y (ii) la b-ésima columna de dicha fuente de tensión después de un período de tiempo predeterminado.

10. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicho controlador es operativo para determinar que el movimiento de al menos un a, b-ésimo elemento móvil, y un a, d-ésimo elemento móvil es obligado para generar el efecto físico y para provocar el movimiento de dichos elementos móviles mediante el control de una fuente de tensión para aplicar tensión entre cada una de las b-ésima y d-ésima columnas entre dicha segunda pluralidad de columnas y dicha a-ésima fila; y desconectar al menos uno de (i) la b-ésima y d-ésima columnas y (ii) la a-ésima fila desde dicha fuente de tensión después de un período de tiempo predeterminado.

11. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho efecto físico comprende sonido y en el que dicho atributo comprende al menos uno de amplitud y frecuencia.

12. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el movimiento de al menos uno individual de dichos elementos móviles conductores a lo largo de su eje respectivo está también limitado por al menos un limitador mecánico (160, 170) dispuesto a lo largo de dicho eje del elemento móvil individual, definiendo dicho limitador mecánico una posición de extremo y evitando que dicho elemento móvil se mueva más allá de dicha posición de extremo, en el que el aparato comprende al menos un pestillo operativo para bloquear al menos uno de dichos elementos móviles evitando selectivamente que al menos uno de dichos elementos móviles, tras haber alcanzado una de dichas posiciones de extremo, se mueva lejos de dicho limitador mecánico de vuelta hacia su posición anterior.

13. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicha matriz de elementos móviles conductores comprende una primera pluralidad de primeros grupos de elementos móviles interconectados eléctricamente dispuestos en un primer patrón geométrico;
en el que dicho al menos un electrodo plano comprende al menos una matriz de electrodos divididos en al menos una segunda pluralidad de segundos grupos de electrodos interconectados eléctricamente dispuestos en al menos un segundo patrón geométrico que difiere de dicho primer patrón geométrico;
en el que cada una de dicha primera y segunda pluralidades de grupos está conectada eléctricamente a dicho controlador, y dichos primer y segundo patrones geométricos se **caracterizan por que** cada área donde un primer

grupo se superpone con un segundo grupo contiene sólo un elemento móvil y en el que dicho controlador es operativo para dirigirse a cada uno de dichos elementos móviles mediante el control de la fuerza electrostática que actúa sobre cada uno de dichos elementos móviles dentro de dicha matriz mediante la aplicación de tensión entre uno individual de dichos primeros grupos y uno individual de dichos segundos grupos.

14. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicho controlador incluye un aparato operativo para utilizar información de posición proporcionada por dicho sensor de posición cuando se seleccionan elementos móviles para producir dicho efecto físico.

15. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 8, y que comprende también una fuente de tensión controlada para ser operativa, para aplicar tensión entre la j-ésima columna entre dicha segunda pluralidad de columnas y dicha l-ésima fila.

16. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicho sensor de posición comprende un sensor de capacitancia.

17. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 16, en el que dicho controlador es operativo para hacer que la tensión se aplique durante un período de tiempo predeterminado, después de lo cual, dicho controlador es operativo para hacer que al menos una de la l-ésima fila y la j-ésima columna se desconecte de la fuente de tensión, y en el que dicho período de tiempo termina mientras que el I, j-ésimo elemento móvil está todavía en movimiento, en el que dicho sensor de capacitancia mide un cambio con el tiempo en la diferencia de tensión entre una I, j-ésimo elemento móvil y un I, j-ésimo electrodo.

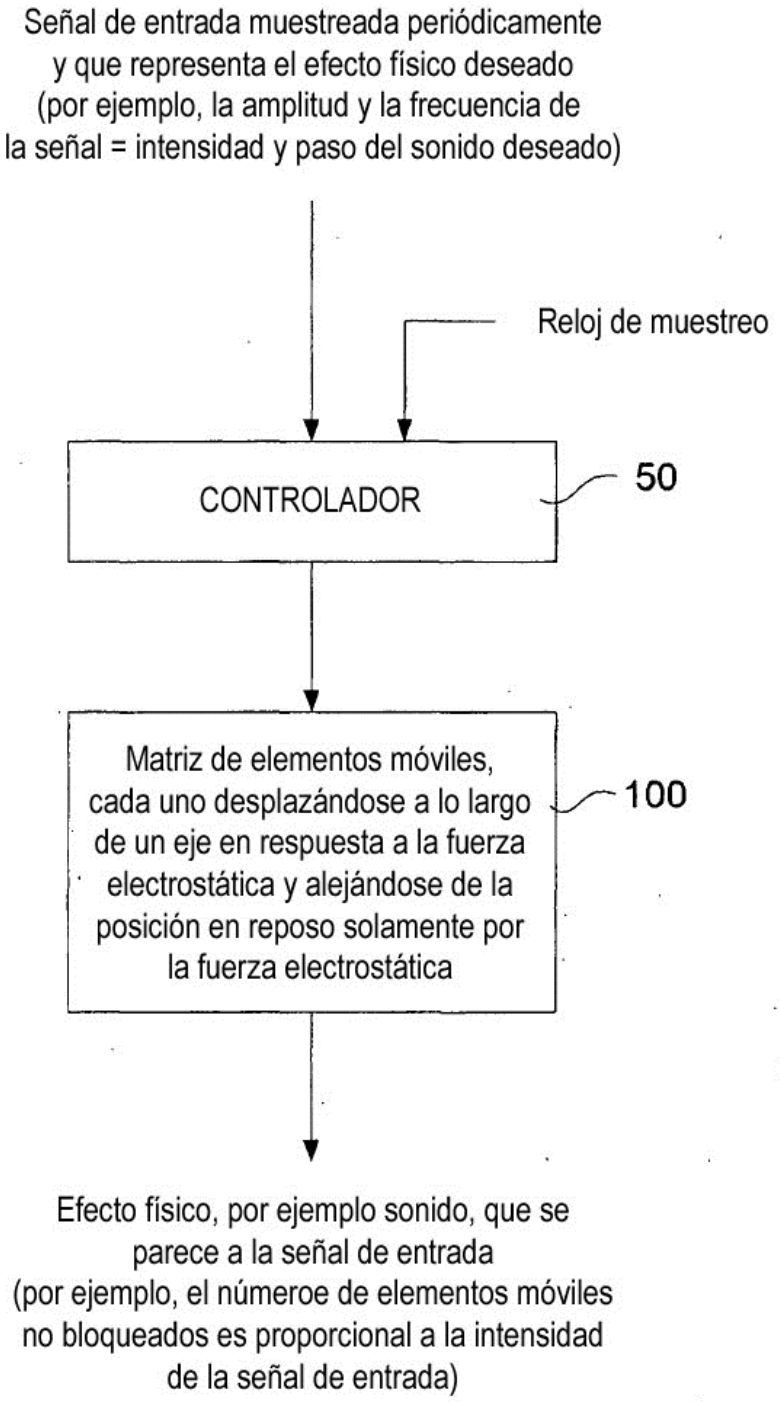

Señal de entrada muestreada periódicamente
y que representa el efecto físico deseado
(por ejemplo, la amplitud y la frecuencia de
la señal = intensidad y paso del sonido deseado)
Reloj de muestreo
CONTROLADOR
50
Matriz de elementos móviles,
cada uno desplazándose a lo largo
de un eje en respuesta a la fuerza
electrostática y alejándose de la
posición en reposo solamente por
la fuerza electrostática
100
Efecto físico, por ejemplo sonido, que se
parece a la señal de entrada
(por ejemplo, el númeroe de elementos móviles
no bloqueados es proporcional a la intensidad
de la señal de entrada)

Fig. 1

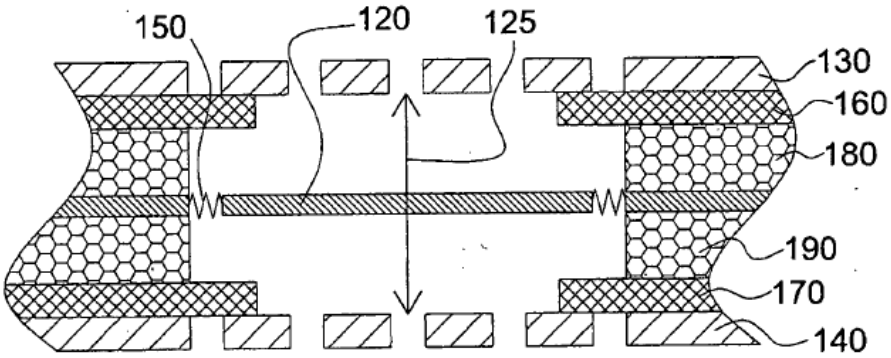


FIG. 2A

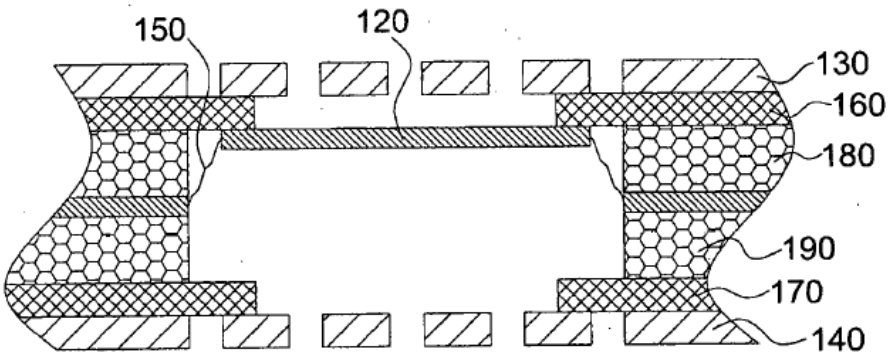


FIG. 2B

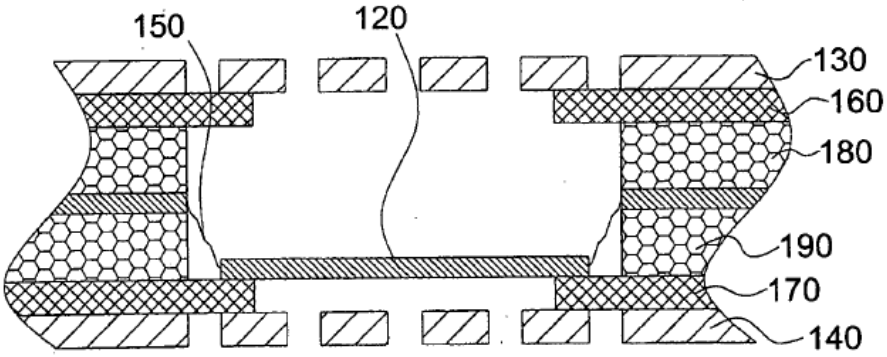


FIG. 2C

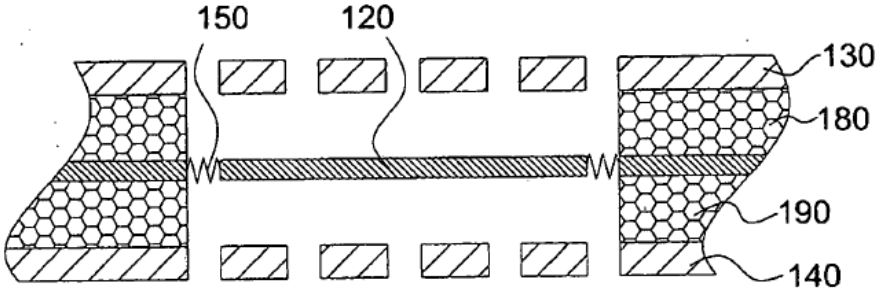


FIG. 3A

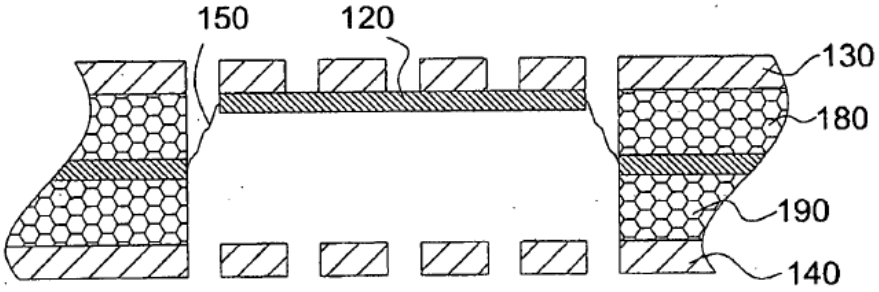


FIG. 3B

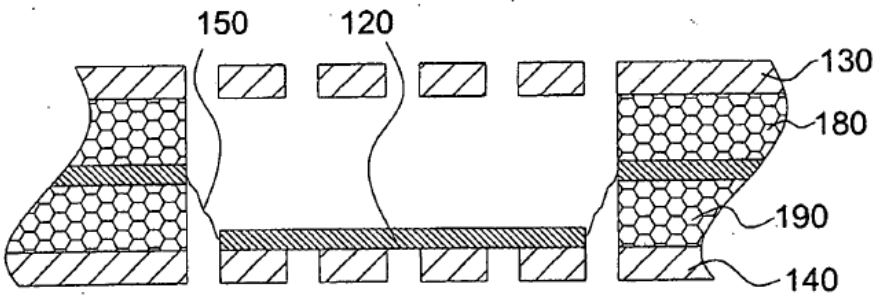


FIG. 3C

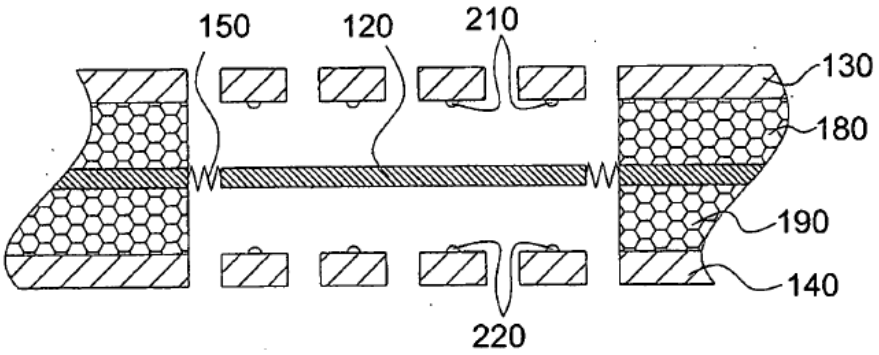


FIG. 4A

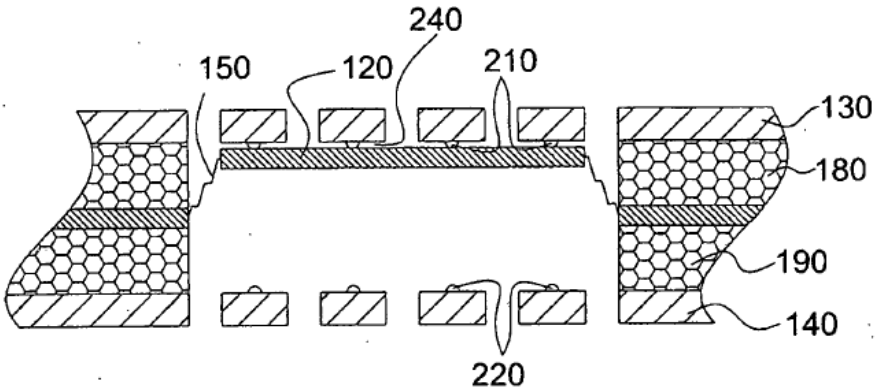


FIG. 4B

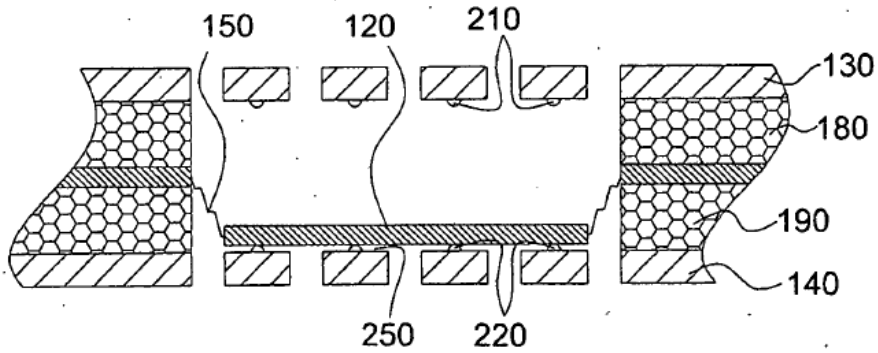


FIG. 4C

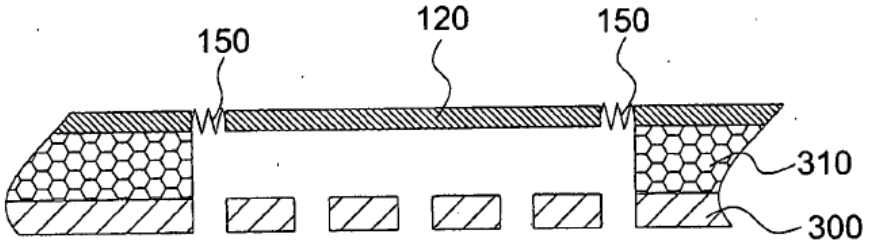


FIG. 5

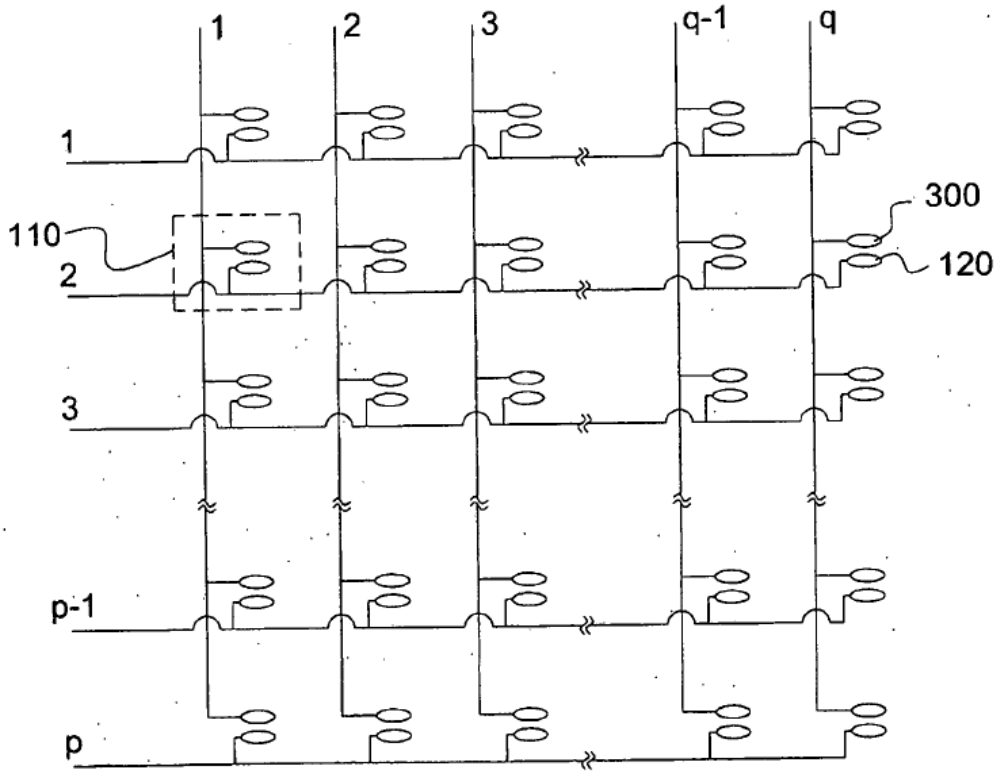


FIG. 6

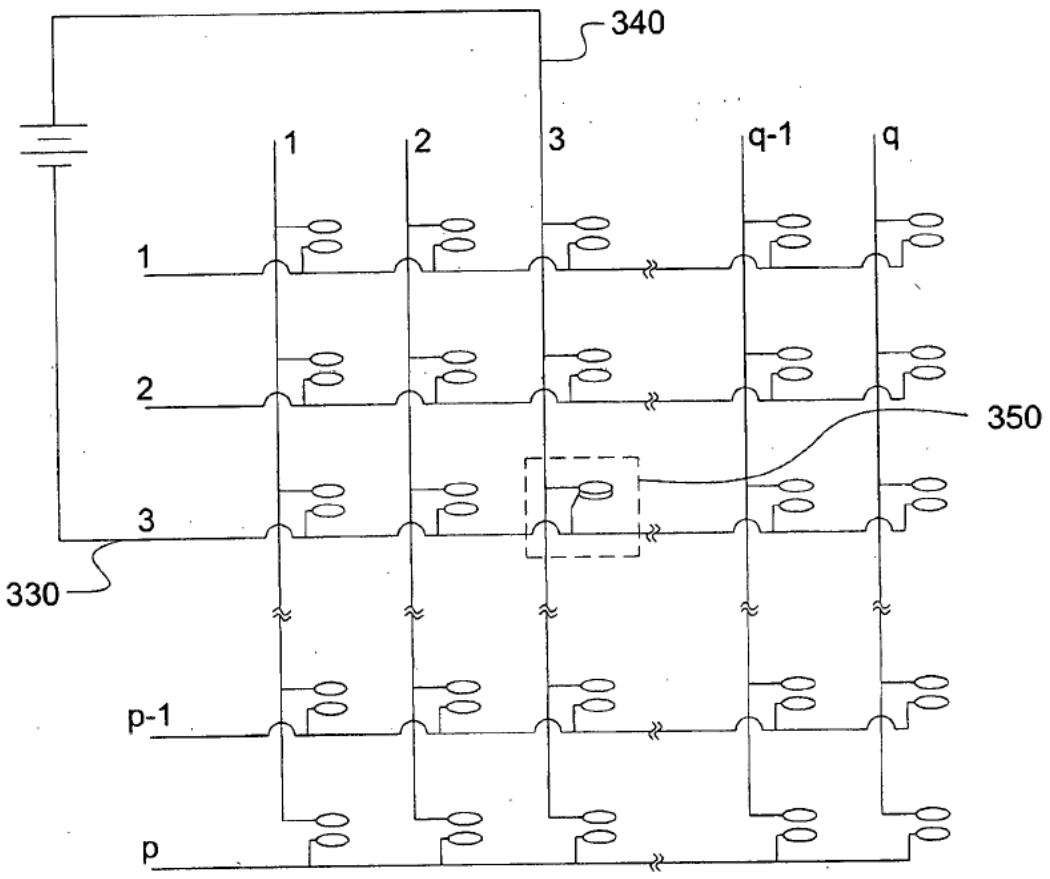


FIG. 7

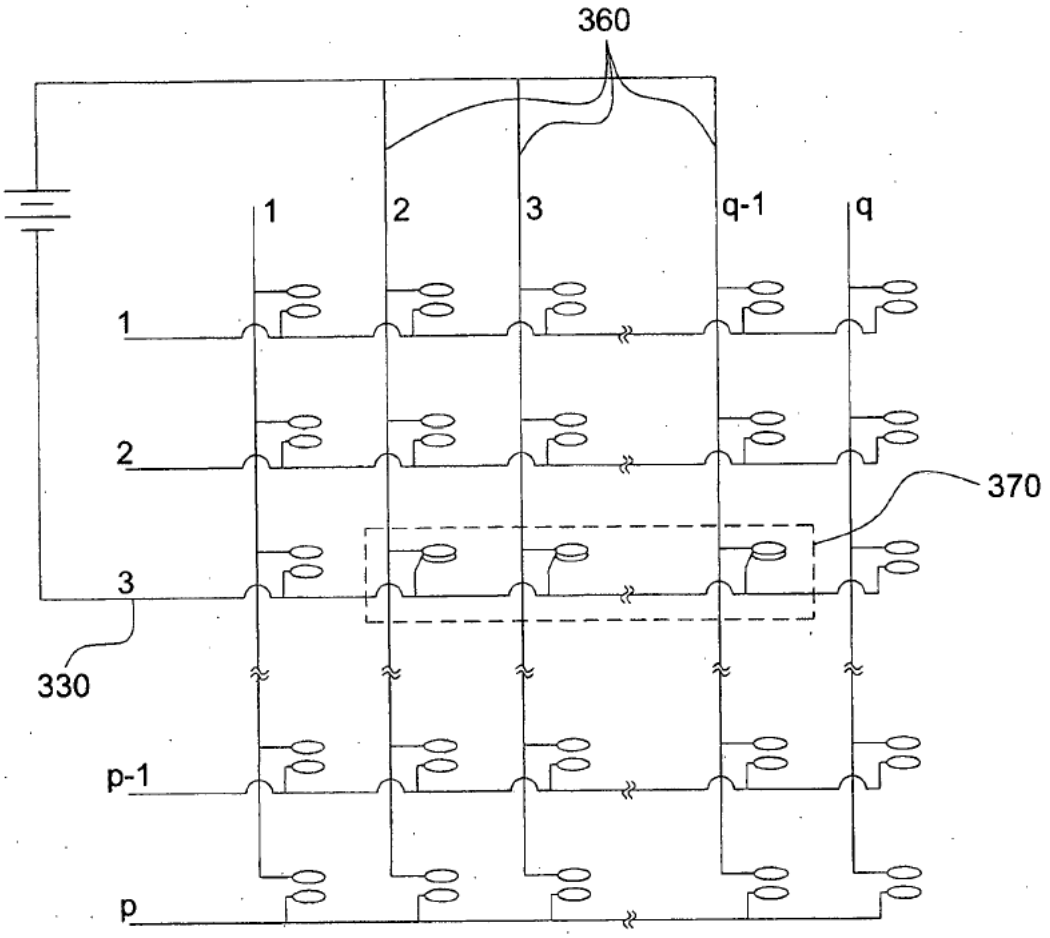


FIG. 8

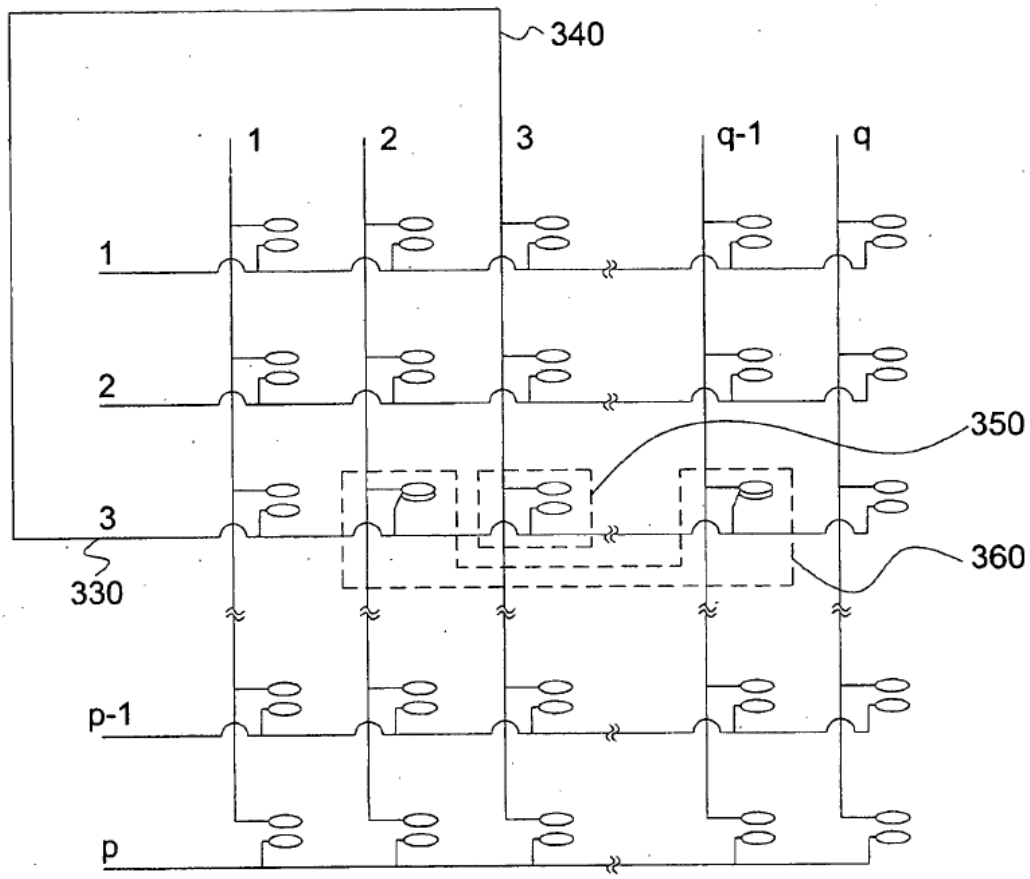


FIG. 9

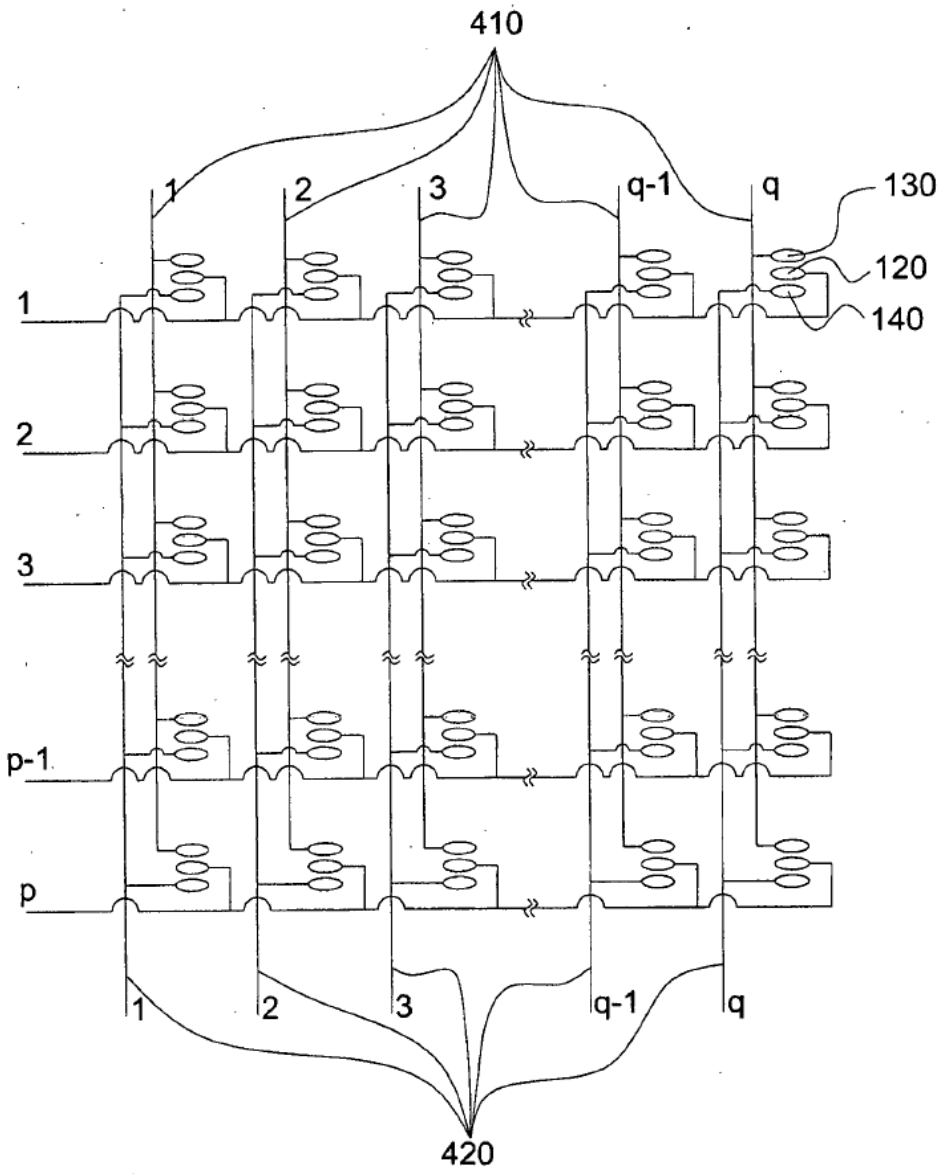


FIG. 10

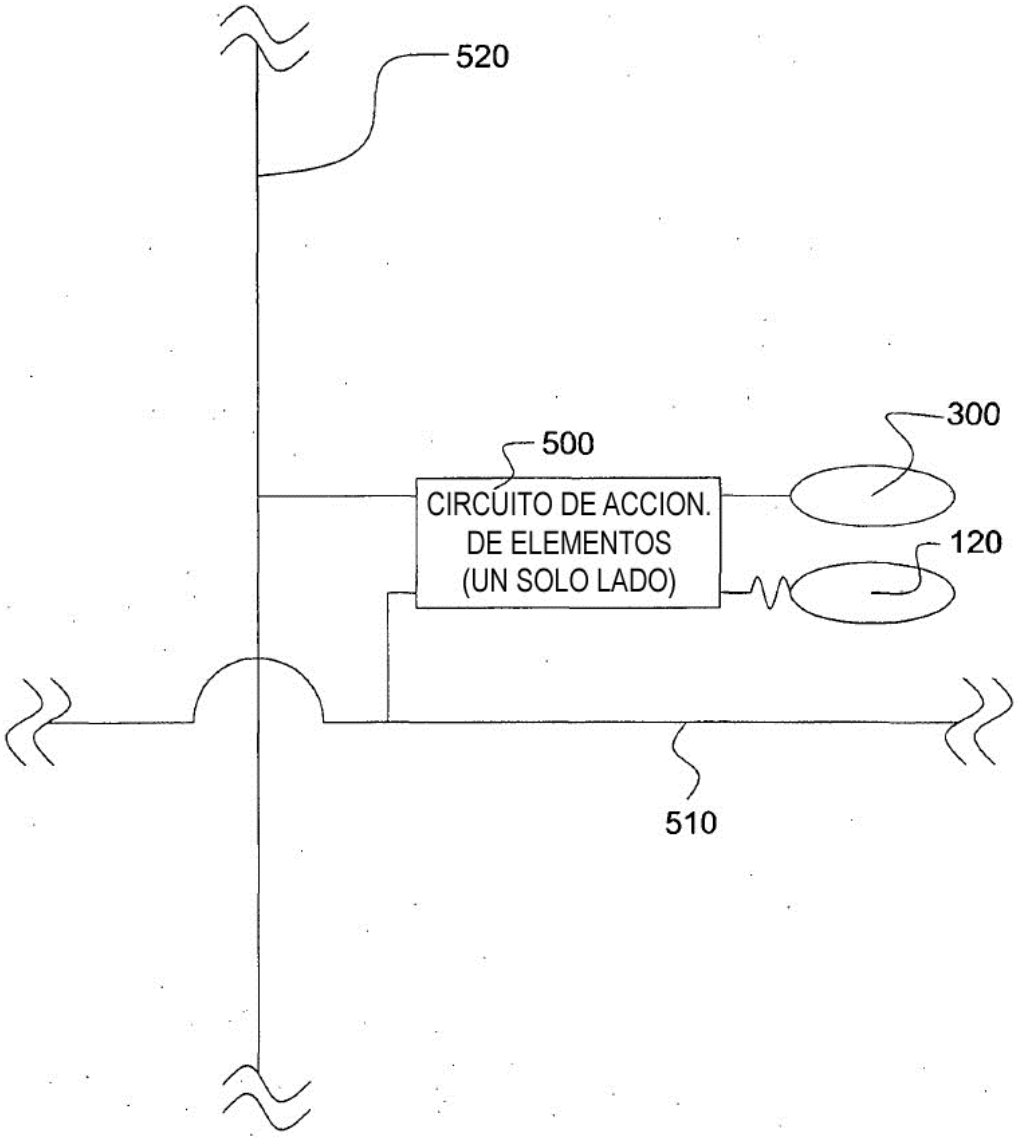

520
500
300
CIRCUITO DE ACCION.
DE ELEMENTOS
(UN SOLO LADO)
120
510

FIG. 11

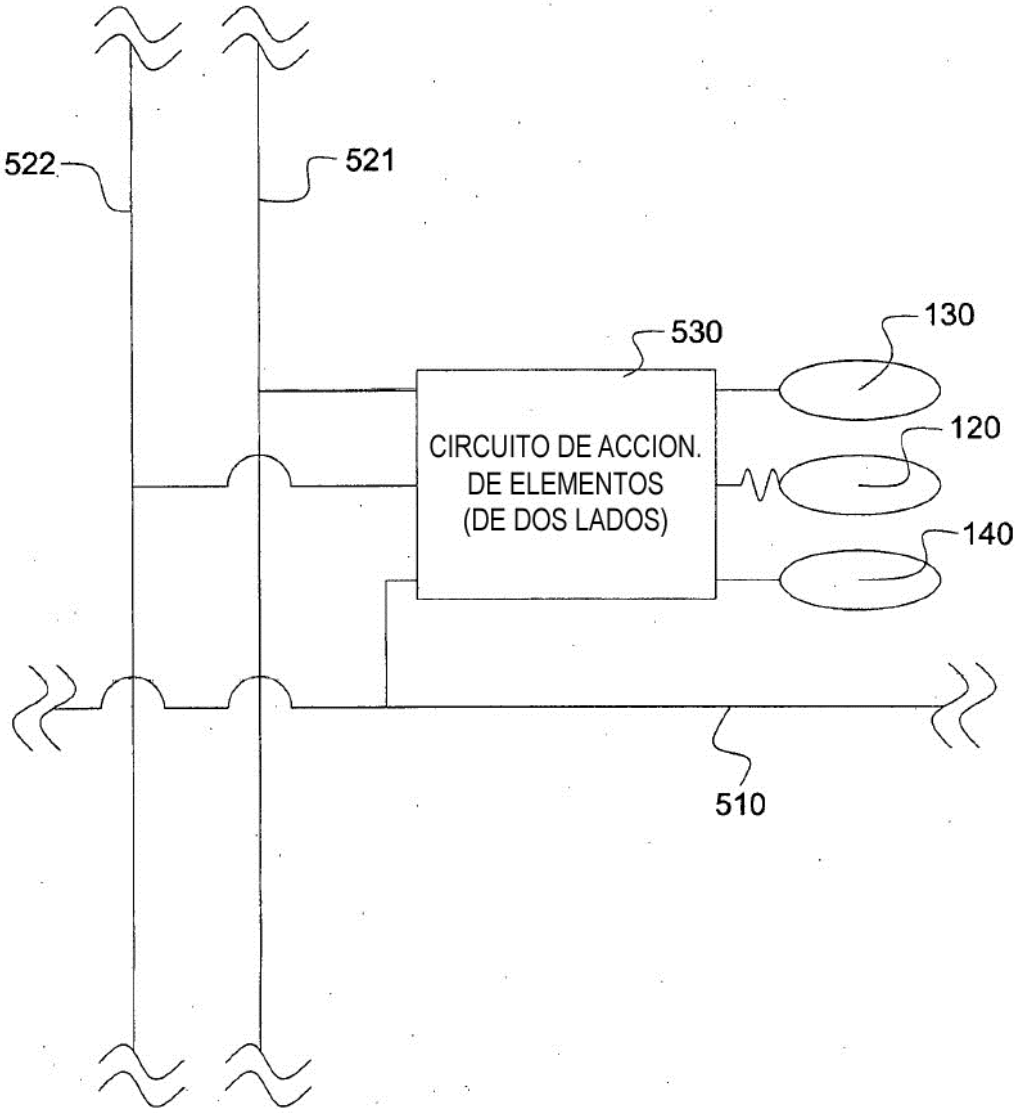

522
521
530
130
120
140
CIRCUITO DE ACCION.
DE ELEMENTOS
(DE DOS LADOS)
510

FIG. 12

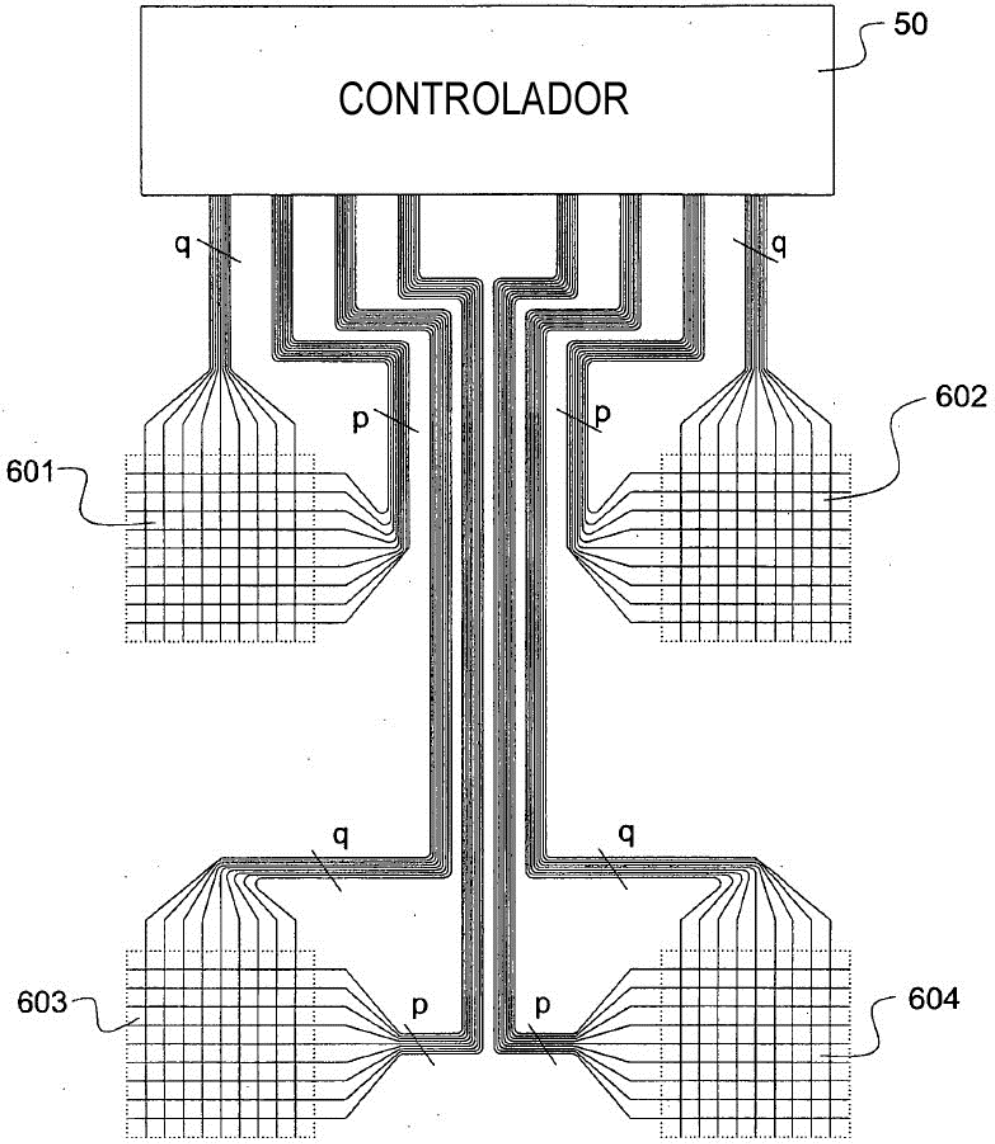


FIG. 13

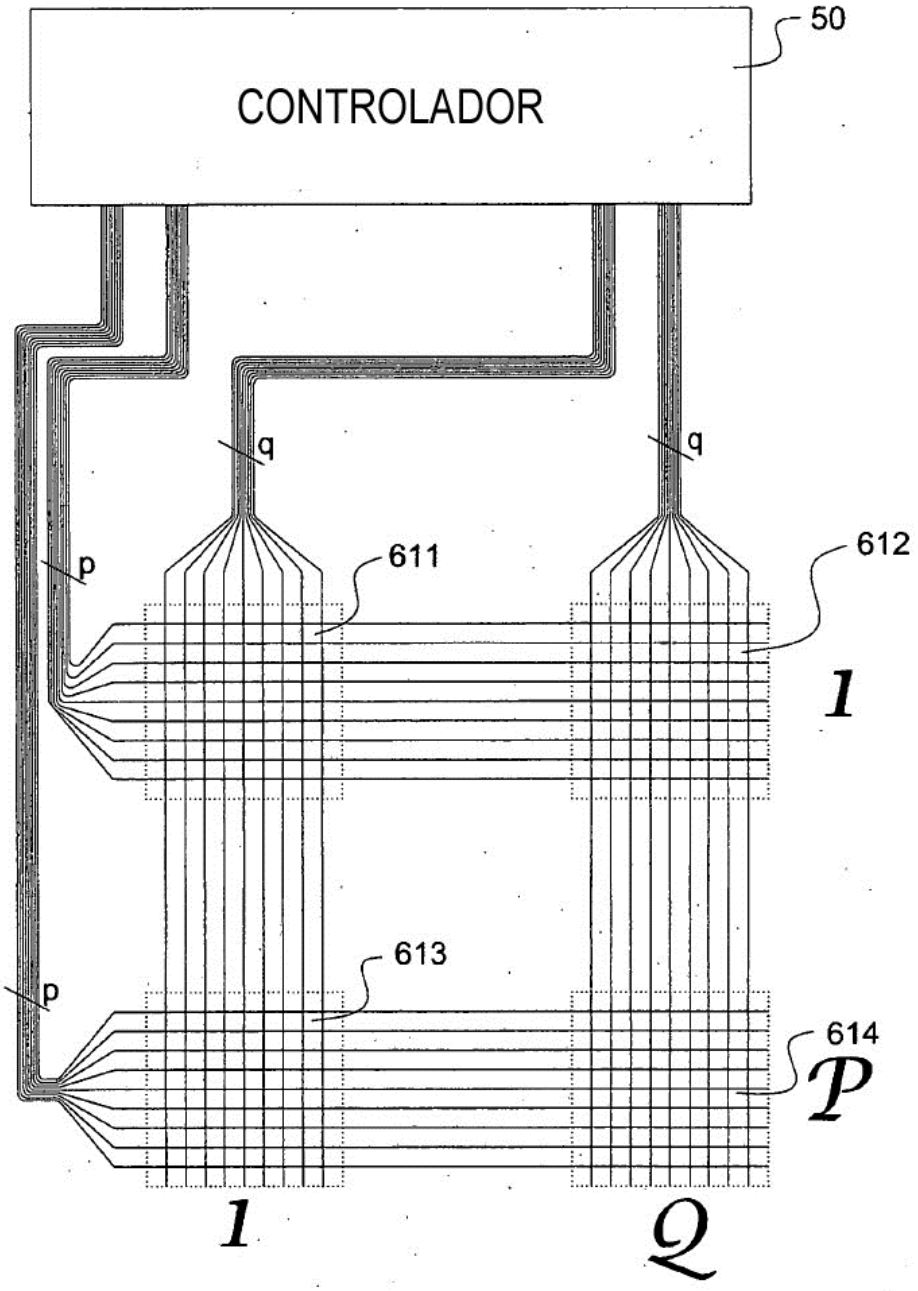


FIG. 14

Fig. 15A

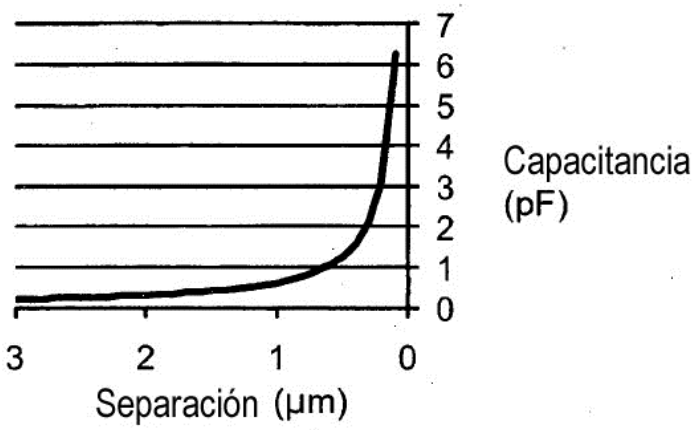


Fig. 15B

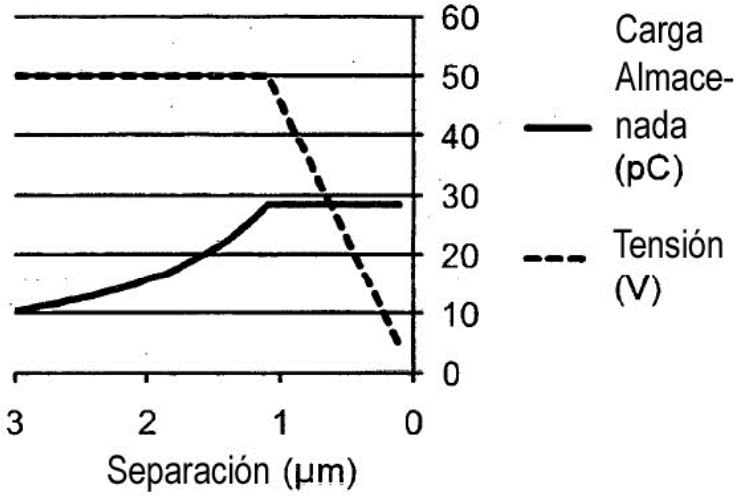
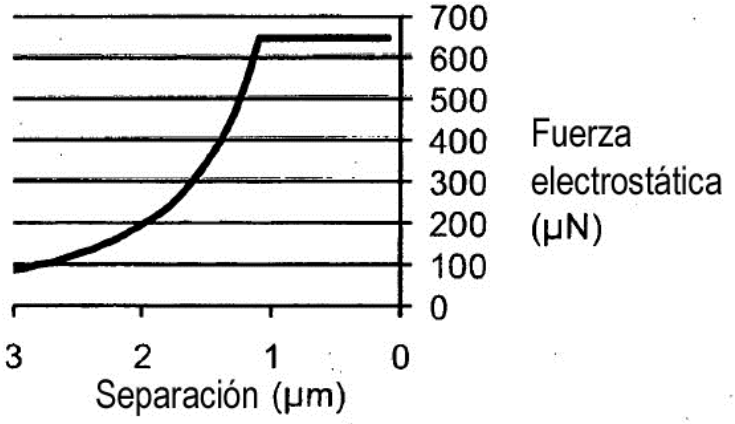


Fig. 15C



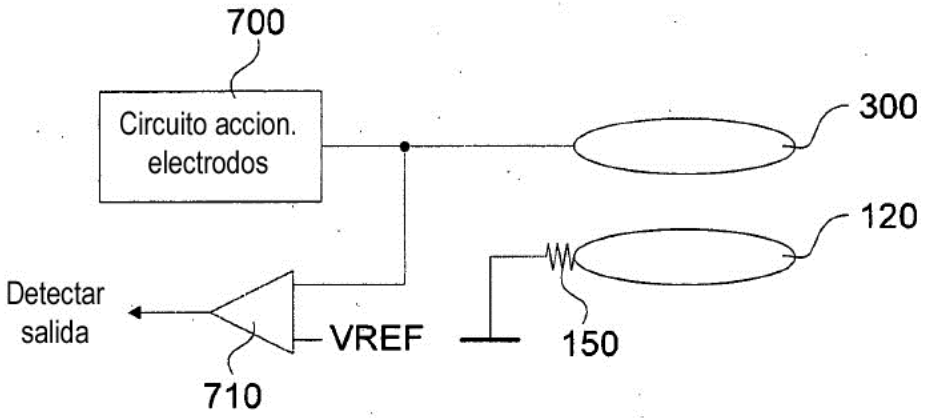


Fig. 16A

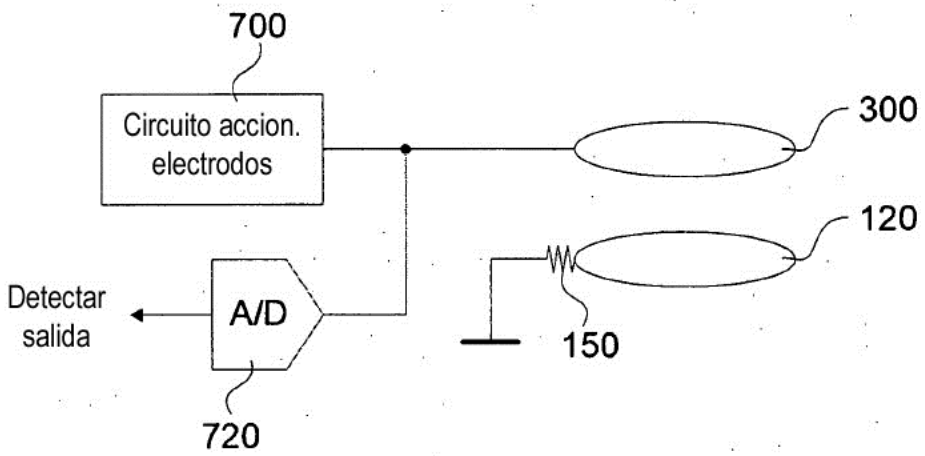


Fig. 16B

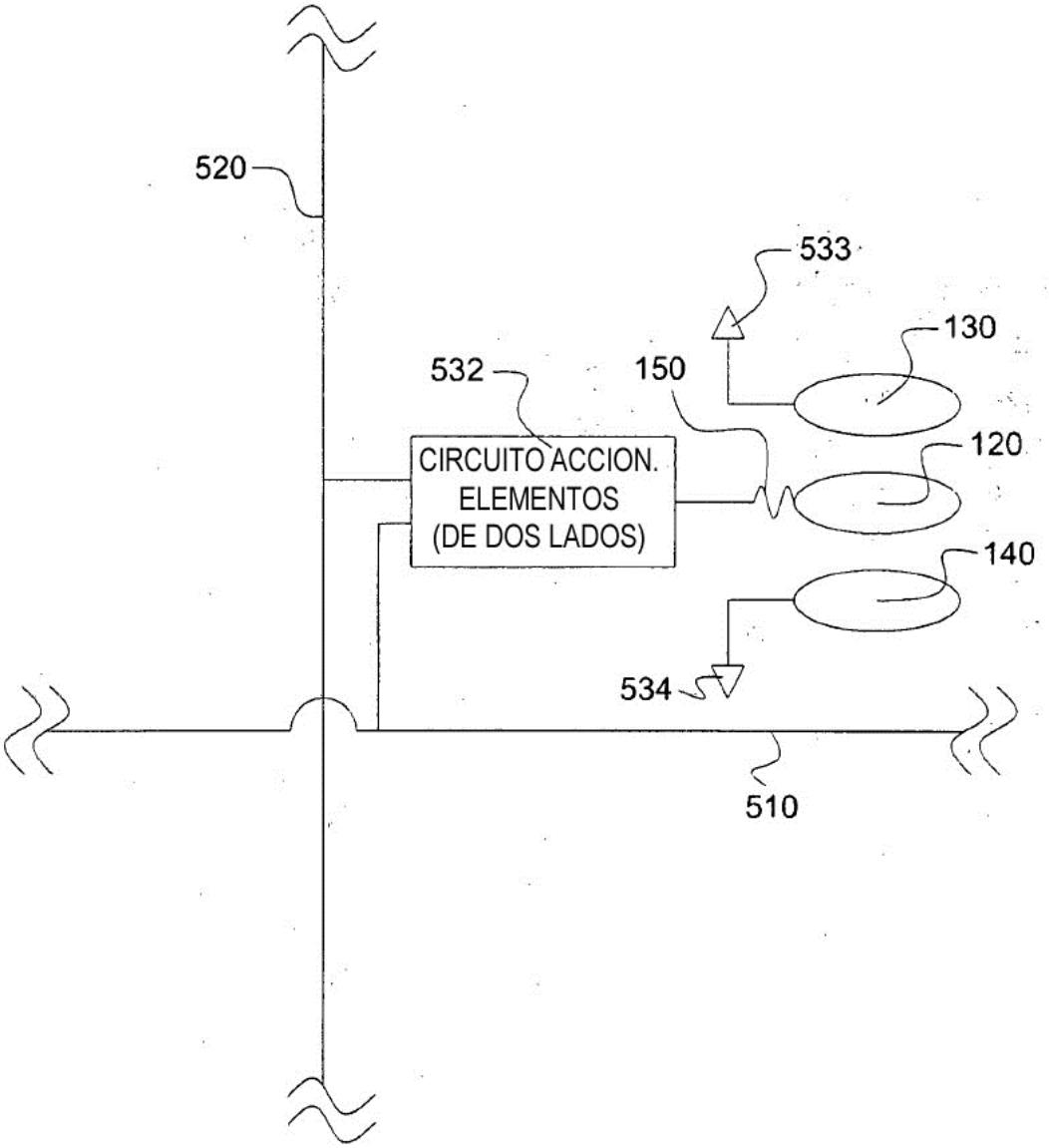

520
533
130
532
150
120
CIRCUITO ACCION.
ELEMENTOS
(DE DOS LADOS)
140
534
510

FIG. 17

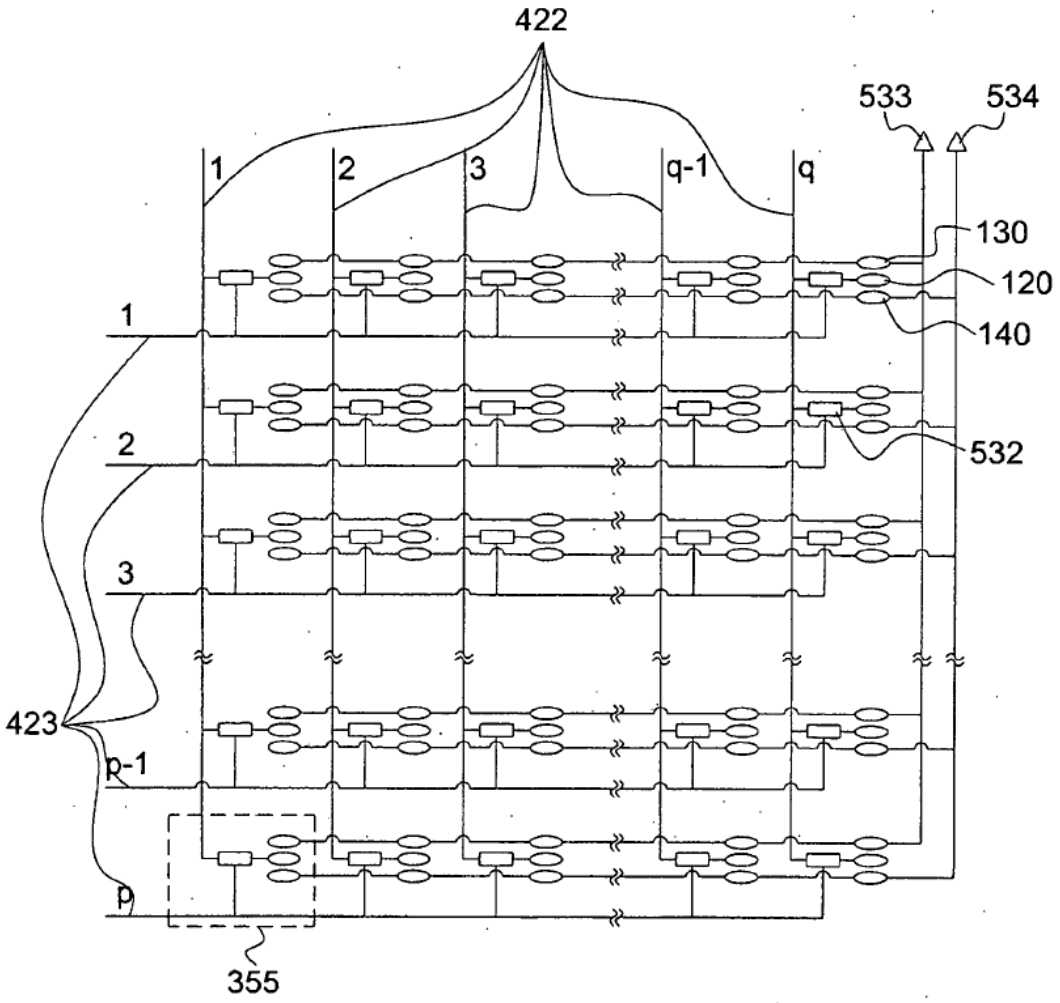


FIG. 18