

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 810 929**

51 Int. Cl.:

H02N 1/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2013** E 13194282 (3)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020** EP 2736161

54 Título: **Dispositivo de accionamiento con elemento de arrastre accionado por reptación**

30 Prioridad:

26.11.2012 FR 1261248

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

09.03.2021

73 Titular/es:

**SILMACH (33.0%)
16 Rue Sophie Germain
25000 Besançon, FR;
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) (33.0%) y
UNIVERSITE DE FRANCHE-COMTE (33.0%)**

72 Inventor/es:

**LE MOAL, PATRICE;
BOURBON, GILLES;
MINOTTI, PATRICE y
VESCOVO, PAUL**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 810 929 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

Dispositivo de accionamiento con elemento de arrastre accionado por reptación

5 **Campo técnico**

Se trata en la presente memoria del campo de los dispositivos de accionamiento electrostáticos para la puesta en movimiento de un elemento que debe ser arrastrado. En particular, se trata en la presente memoria del campo de los dispositivos de accionamiento MEMS electrostáticos para la puesta en movimiento de un elemento que debe ser arrastrado, por ejemplo, un elemento microdentado por medio de un mecanismo de engranaje periódico.

Estado de la técnica

Los dispositivos de accionamiento electrostáticos se pueden dividir en dos grupos principales:

- los dispositivos de accionamiento denominados "con electrodos normales"; y
- los dispositivos de accionamiento denominados "con peines interdigitados".

Un dispositivo de accionamiento con peines interdigitados comprende un peine fijo que comprende un portante, al cual está unida una pluralidad de dedos, y un peine móvil que comprende asimismo un portante, al cual está unida una pluralidad de dedos. Los dedos de cada uno de los peines están separados de dos en dos por un espacio regular cuya anchura es superior a la anchura de los dedos. El peine fijo y el peine móvil se interpenetran; es decir que los dedos del peine móvil penetran en los espacios regulares presentes entre los dedos del peine fijo y a la inversa. En el funcionamiento del dispositivo de accionamiento, se aplica una tensión de alimentación entre el peine móvil y el peine fijo; es decir que la tensión de alimentación se aplica entre los portantes y el campo eléctrico principal creado entre estos portantes es colineal a los dedos. La tensión de alimentación fuerza a los dedos del peine móvil a entrar en los espacios que separan los dedos del peine fijo.

El documento FR 2 852 111 describe por ejemplo un dispositivo de reloj que comprende unos accionadores con peines interdigitados que arrastran una rueda dentada. Cada accionador comprende un módulo de accionamiento que comprende un peine fijo y un peine móvil. Cuando se aplica una tensión entre los peines, el peine móvil se desplaza hacia el peine fijo en una dirección paralela a las láminas de los peines.

Las fuerzas que pueden ser generadas por los dispositivos de accionamiento con peines interdigitados son inversamente proporcionales al espacio entre los dedos del peine móvil y los dedos del peine fijo. Estos dispositivos de accionamiento con peines interdigitados generan unos pasos de carrera que pueden ser por lo menos iguales al paso de un elemento que debe ser arrastrado de tipo "cremallera" o "rueda microdentada" con unas fuerzas de accionamiento limitadas, en comparación con los dispositivos de accionamiento con electrodos normales.

Los inconvenientes de estos dispositivos de accionamiento con peines interdigitados son principalmente el nivel limitado de las fuerzas motrices disponibles, mencionadas anteriormente, y la inestabilidad transversal del o de los peines móviles provocada por un desequilibrio de las fuerzas de atracción parásitas entre los dedos de los peines inducidas por la mínima disimetría de los espacios entre un dedo del peine móvil y los dos dedos correspondientes del peine fijo.

Los dispositivos de accionamiento con electrodos normales no están sujetos a la inestabilidad transversal ya que los electrodos no comprenden ningún dedo interdigitado que se extienda colinealmente al campo eléctrico principal aplicado debido a la tensión de alimentación entre los electrodos. Por lo tanto, no hay ningún esfuerzo electrostático parásito lateral.

Un dispositivo de accionamiento con electrodos normales comprende un electrodo fijo y un electrodo móvil al cual está unido un elemento de arrastre. Cada uno de los electrodos presenta habitualmente una forma paralelepípedica recta. Los electrodos están dispuestos de manera que una cara de accionamiento del electrodo fijo esté frente a una cara de accionamiento del electrodo móvil. En el funcionamiento del dispositivo de accionamiento, se aplica una tensión de alimentación entre la cara de accionamiento del electrodo fijo y la cara de accionamiento del electrodo móvil. El campo eléctrico fuerza a las dos caras de accionamiento a acercarse: el electrodo móvil se acerca al electrodo fijo.

Los dispositivos de accionamiento con electrodos normales generan unas fuerzas inversamente proporcionales al cuadrado del espacio, también denominado entrehierro, presente entre los dos electrodos, siendo el espacio generalmente igual al recorrido del electrodo móvil. Así, para un mismo entrehierro, las fuerzas motrices generadas por los dispositivos de accionamiento con electrodos normales son muy superiores a las fuerzas motrices generadas por los dispositivos de accionamiento con peines interdigitados.

En contrapartida, los dispositivos de accionamiento con electrodos normales implican un recorrido del electrodo móvil hacia el electrodo fijo mucho más limitado que los dispositivos de accionamiento con peines interdigitados,

del orden de solamente unos micrones. Este recorrido limitado no permite prever la concepción de un dispositivo de accionamiento con electrodos normales capaz de arrastrar en modo paso a paso un elemento móvil de tipo "cremallera" o "rueda dentada", puesto que el paso más pequeño susceptible de ser realizado tecnológicamente para el elemento móvil sigue siendo muy superior al recorrido del electrodo móvil de los dispositivos de accionamiento con electrodos normales.

Por otro lado, los dispositivos de accionamiento con electrodos normales se presentan según dos configuraciones:

- dispositivos de accionamiento sin contacto entre el electrodo fijo y el electrodo móvil, estando el contacto impedido por la presencia de topes aislados con respecto al potencial del electrodo fijo y necesariamente al mismo potencial que el electrodo móvil;
- dispositivos de accionamiento con contacto entre el electrodo fijo y el electrodo móvil, lo cual exige la presencia de un aislante sobre la cara de accionamiento del electrodo fijo y/o la del electrodo móvil.

La configuración sin contacto complica la realización del dispositivo de accionamiento ya que los topes aislados deben estar encastrados en el sustrato del mismo, generalmente de silicio, y actuando como un bastidor para el dispositivo de accionamiento.

La configuración con contacto conduce a unos problemas de adherencia (denominada "stiction" en inglés) entre los electrodos debido a la presencia de cargas eléctricas residuales. Esta adherencia, incluso temporal (a la espera de la evacuación de las cargas eléctricas), es susceptible de reducir la frecuencia con la que el electrodo móvil se acerca al electrodo fijo. Por lo tanto, limita asimismo la potencia mecánica del dispositivo de accionamiento ya que ésta es proporcional a la frecuencia del accionamiento.

Presentación

Por lo tanto, un objetivo es paliar por lo menos uno de los inconvenientes de la técnica anterior presentada anteriormente.

Para ello, se propone un dispositivo de accionamiento para la puesta en movimiento de un elemento que debe ser arrastrado, que comprende:

- un elemento de arrastre apropiado para ser puesto en contacto con el elemento que debe ser arrastrado; y
- un elemento de accionamiento que comprende una primera parte fija y una segunda parte arrastradora para el elemento de arrastre;

en el que la primera parte fija comprende una superficie de reptación, la segunda parte arrastradora comprende una lámina móvil flexible de una anchura dada dispuesta paralelamente y a distancia de la superficie de reptación, teniendo la lámina móvil un extremo libre y un extremo unido al elemento de arrastre;

caracterizado por que la longitud de la lámina móvil se selecciona de manera que, cuando se aplica una tensión de alimentación entre la lámina móvil y la superficie de reptación, el extremo libre entre en contacto con la superficie de reptación y que un área de contacto, entre la lámina móvil y la superficie de reptación, delimitada longitudinalmente con respecto a la lámina móvil por el extremo libre de la lámina móvil y un frente de reptación, aumente por propagación del frente de reptación a lo largo la lámina móvil, desplazando la propagación del frente de reptación la lámina móvil y la segunda parte arrastradora según una primera dirección colineal a la dirección del acercamiento de la lámina móvil hacia la superficie de reptación, arrastrando así el elemento de arrastre.

Gracias a la generación de un frente de reptación y a su propagación a lo largo de la lámina móvil, es posible generar unas fuerzas sustancialmente más importantes que las generadas por unos dispositivos de accionamiento con electrodos normales y/o con peines interdigitados de la técnica anterior.

Se trata asimismo de un dispositivo de accionamiento para la puesta en movimiento de un elemento que debe ser arrastrado que comprende:

- un elemento de arrastre apropiado para ser puesto en contacto con el elemento que debe ser arrastrado; y
- un elemento de accionamiento que comprende una primera parte fija y una segunda parte arrastradora para el elemento de arrastre;

en el que la primera parte fija comprende una superficie de contacto (denominada asimismo superficie de reptación), la segunda parte arrastradora comprende una lámina móvil y un elemento de retorno elástico separado de la lámina móvil y unido a la misma,

estando el elemento de retorno elástico y la lámina móvil dispuestos de manera que la lámina móvil sea apta para ser desplazada según un primer sentido de desplazamiento a lo largo de una primera dirección cuando se aplica una tensión de alimentación entre la lámina móvil y la superficie de contacto, y para ser desplazada según un segundo sentido de desplazamiento a lo largo de la primera dirección y opuesto al primer sentido de desplazamiento cuando se corta la tensión de alimentación,

y de manera que, cuando se aplica la tensión de alimentación, la lámina móvil arrastre el elemento de retorno elástico en su desplazamiento en el primer sentido de desplazamiento, almacenando energía el elemento de retorno elástico,

y que, cuando se corta la tensión de alimentación, gracias a una fuerza de retorno generada a partir de la energía almacenada, el elemento de retorno elástico desplace la lámina móvil en el segundo sentido de desplazamiento.

La realización de dicho movimiento de vaivén comunicado al elemento de arrastre permite la puesta en movimiento paso a paso según una traslación o una rotación de un elemento que debe ser arrastrado de tipo "cremallera" o "rueda dentada".

Otras características opcionales de este dispositivo de accionamiento se describen a continuación en la parte de descripción.

Dibujos

Otros objetivos, características y ventajas aparecerán con la lectura de descripción siguiente con referencia a los dibujos dados a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

- la figura 1 es una representación esquematizada de un dispositivo de accionamiento, cuya parte fija y cuya parte arrastradora comprenden respectivamente un único tablón que lleva una superficie de reptación y una única lámina móvil flexible;
- la figura 2 es una representación esquematizada de un dispositivo de accionamiento, cuya parte fija y cuya parte arrastradora comprenden respectivamente una pluralidad de tablonces, llevando cada tablón una superficie de reptación, y una pluralidad de láminas móviles flexibles, en posición de reposo, en el que el elemento de arrastre es desplazado según la misma dirección que la parte arrastradora;
- la figura 3 es una representación esquematizada del dispositivo de accionamiento, habiendo sufrido las láminas móviles flexibles una reptación sobre las superficies de reptación correspondientes;
- la figura 4 es una representación esquematizada de un dispositivo de accionamiento, cuya parte fija y cuya parte arrastradora comprenden respectivamente una pluralidad de tablonces, llevando cada tablón una superficie de reptación, y una pluralidad de láminas móviles flexibles, en posición de reposo, en el que el elemento de arrastre es desplazado según una dirección perpendicular a la dirección de desplazamiento de la parte arrastradora;
- la figura 5 es una representación esquematizada de un conjunto de arrastre que comprende dos dispositivos de accionamiento, permitiendo uno el desplazamiento del dedo gracias a su elemento de arrastre según una primera dirección y permitiendo el otro el desacoplamiento del elemento de arrastre según una dirección sustancialmente perpendicular a la primera dirección;
- la figura 6 es una representación esquematizada de un conjunto de arrastre que comprende cuatro dispositivos de accionamiento dispuestos por pares, permitiendo uno el desplazamiento del elemento que debe ser arrastrado según un primer sentido de arrastre y permitiendo el segundo el desplazamiento del elemento que debe ser arrastrado según un segundo sentido de arrastre opuesto al primer sentido de arrastre;
- la figura 7 ilustra de manera esquemática el procedimiento de montaje con compensación de juego de grabado;
- la figura 8 ilustra de manera esquemática un dispositivo de accionamiento que corresponde al dispositivo de la figura 1, pero modificado con el fin de permitir la medición de la carga resistiva máxima susceptible de ser arrastrada sobre la totalidad del desplazamiento de la parte arrastradora; y
- la figura 9 ilustra de manera esquemática un dispositivo de accionamiento de la técnica anterior modificado con el fin de permitir una medición de la carga resistiva máxima susceptible de ser arrastrada sobre la totalidad del desplazamiento de la parte arrastradora.

Descripción

Dispositivo de accionamiento

- 5 Se describe a continuación un dispositivo de accionamiento del que se trata en la presente memoria con referencia a las figuras 1 a 4. Este dispositivo de accionamiento está destinado principalmente a ser formado por grabado sobre un sustrato de silicio.
- 10 Este dispositivo de accionamiento 1 permite la puesta en movimiento de un elemento que debe ser arrastrado 9. El elemento que debe ser arrastrado 9 puede ser por ejemplo un dispositivo de cremallera o una rueda dentada que comprende una pluralidad de muescas o de dientes 91.
- 15 El dispositivo de accionamiento 1 comprende un elemento de arrastre 2 apropiado para ser puesto en contacto con el elemento que debe ser arrastrado 9. El dispositivo de accionamiento 1 comprende asimismo un elemento de accionamiento 3. El elemento de accionamiento 3 comprende una parte fija 31 que tiene una superficie de reptación 311, y una parte arrastradora 32 que comprende una lámina móvil 321 y apta para poner en movimiento el elemento de arrastre 2.
- 20 La lámina móvil 321 tiene una anchura dada y está dispuesta paralelamente y a distancia de la superficie de reptación 311. La anchura es la dimensión de la lámina móvil más pequeña sobre el plano de su desplazamiento. La lámina móvil 321 y la superficie de reptación 311 forman un entrehierro E en el que reina un campo eléctrico cuando se aplica entre las mismas una tensión de alimentación, es decir una diferencia de potenciales en el entrehierro E.
- 25 La lámina móvil 321 tiene un extremo libre 3211 y un extremo unido 3212 al elemento de arrastre 2. La longitud de la lámina móvil se selecciona de manera que, cuando se aplica una tensión de alimentación entre la lámina móvil 321 y la superficie de reptación 311, el extremo libre 3211 entra en contacto con la superficie de reptación 311 y un área de contacto entre la lámina móvil 321 y la superficie de reptación 311 aumenta por propagación del frente de reptación a lo largo de la lámina móvil 321. Esta área de contacto está delimitada longitudinalmente, con respecto a la lámina móvil 321, por el extremo libre 3211 de la lámina móvil y el frente de reptación. La propagación del frente de reptación permite el desplazamiento de la parte arrastradora 32 según una primera dirección. La parte arrastradora 32 pone en desplazamiento a su vez el elemento de arrastre 2.
- 30 El frente de reptación se desplaza desde el extremo libre 3211 de la lámina móvil hacia el extremo unido 3212 al elemento de arrastre 2.
- 35 La lámina móvil 321 es flexible y está aislada eléctricamente de la superficie de reptación 311. Por el término "flexible" se entiende en la presente memoria que designa una lámina móvil cuya flexibilidad es suficiente para que aparezca un frente de reptación y se propague sobre la superficie de reptación.
- 40 De manera ventajosa, para una anchura de la lámina móvil 321 dada y una tensión de alimentación dada, la longitud de la lámina móvil 321 es mínima asegurando al mismo tiempo una flexibilidad suficiente para permitir la formación de un frente de reptación.
- 45 Este dimensionamiento es ventajoso en términos de densidad de fuerza ya que el aumento de la longitud de la lámina móvil 321 más allá de este valor mínimo satisface de manera evidente la condición de flexibilidad suficiente, pero no induce ninguna ganancia suplementaria en fuerza motriz. La parte de la lámina móvil 321 más allá del valor mínimo constituye una parte no motriz de la misma.
- 50 El término "fuerza motriz" representa en la presente memoria la fuerza generada en el momento de la formación del frente de reptación antes de su propagación a lo largo de la superficie de reptación 311. Es, en resumen, la fuerza motriz generada inicial.
- 55 Según el mismo criterio que debe ser respetado, es decir asegurar una flexibilidad suficiente para permitir la formación de un frente de reptación, la anchura de la lámina móvil 321 puede ser además máxima para una longitud de la lámina móvil 321 dada y una tensión de alimentación dada.
- 60 Este dimensionamiento es ventajoso en términos de fuerza motriz transmitida al elemento de arrastre 2. En efecto, la reducción de la anchura de la lámina móvil 321 provoca un aumento de la flexibilidad que conduce a una disminución de la fuerza motriz. La flexibilidad de la lámina móvil 321 es entonces demasiado importante para transferir la totalidad de la fuerza motriz disponible al elemento de arrastre 2.
- 65 La relación entre la anchura de la lámina móvil 321 y la fuerza motriz inicial que puede ser transmitida al elemento de arrastre 2 se presenta en la tabla siguiente, para dos tensiones de alimentación diferentes, respectivamente 100 V y 150 V, ambos parámetros iguales por otro lado (longitud de lámina igual a 1000 µm y entrehierro de 10 µm).

Tabla 1

Fuerza motriz generada (μN)		Tensión de alimentación	
		100V	150V
Anchura (μm)	5	1035	1909
	7,5	1404	2574
	10	1740	3197
	12,5	105	3781
	15	92	4324
	17,5	88	221
	20	86	206
	22,5	85	199
	25	85	196

Gracias a esta tabla 1, se pueden observar dos zonas particulares y una transición:

- 5 - una primera zona de flexibilidad de la lámina móvil 321 en la que la fuerza motriz aumenta progresivamente con la anchura de la lámina móvil;
- una transición brutal que revela una caída importante de la fuerza motriz; y
- 10 - una segunda zona de rigidez de la lámina móvil en la que la fuerza motriz es constante y supone una lámina móvil no flexible.

15 El área de contacto aumenta hasta alcanzar un valor límite para una tensión de alimentación dada. Por lo tanto, es ventajoso elegir la flexibilidad de la lámina móvil 321 de manera que el valor límite se minimice para la tensión de alimentación dada, suponiéndose la parte arrastradora 32 fija (o bloqueada).

20 La minimización del valor límite del área de contacto está directamente relacionada con la elección de la anchura máxima o de la longitud mínima de la lámina móvil 321 para una longitud o, respectivamente, una anchura dada que satisface una flexibilidad suficiente.

25 Así, cuando se aplica una tensión de alimentación, la lámina móvil 321 se deforma y se acerca a la superficie de reptación 311, lo cual provoca un desplazamiento de la parte arrastradora 32 según un primer sentido de desplazamiento a lo largo de la primera dirección.

La parte arrastradora 32 puede comprender un elemento de retorno elástico 323 unido al elemento de arrastre 2 y a un bastidor del dispositivo de accionamiento 1.

30 La lámina móvil 321 es apta por lo tanto para ser desplazada según un primer sentido de desplazamiento cuando se aplica la tensión de alimentación. Durante este desplazamiento según el primer sentido, el elemento de retorno elástico 323 almacena energía.

35 Y después, cuando se corta la tensión de alimentación, el elemento de retorno elástico 323 desplaza la lámina móvil 321 según un segundo sentido de desplazamiento, opuesto al primer sentido, gracias a una fuerza de retorno generada por el elemento de retorno elástico 323 a partir de la energía almacenada anteriormente.

40 El desplazamiento de la lámina móvil 321 sucesivamente y de manera repetitiva según el primer sentido de desplazamiento y después según el segundo sentido de desplazamiento, gracias a la aplicación cíclica de la tensión de alimentación, genera un movimiento de vaivén del elemento de arrastre 2.

45 El elemento de retorno elástico 323 permite transmitir al elemento de arrastre 2 una fuerza suficiente para que éste pueda desplazar el elemento que debe ser arrastrado 9 cuando la parte arrastradora 32 se desplaza según el segundo sentido de desplazamiento. En efecto, sin el elemento de retorno elástico 323, solo la fuerza transmitida al elemento de arrastre 2 en el desplazamiento de la parte arrastradora 32 según el primer sentido de desplazamiento es suficiente para poder desplazar el elemento que debe ser arrastrado 9.

50 Además, el elemento de retorno elástico 323, gracias a la energía almacenada, participa en el retorno a la posición inicial de la lámina flexible 321. La fuerza generada en el segundo sentido de desplazamiento puede ser transmitida, asimismo. Estos dos hechos permiten desplazar el elemento de arrastre 2 en la misma dirección de desplazamiento, pero según el sentido opuesto al primer sentido generando al mismo tiempo una fuerza suficiente para desplazar el elemento que debe ser arrastrado 9 a través del elemento de arrastre 2.

Por otro lado, el elemento de retorno elástico 323, por la generación de dicha fuerza, ayuda asimismo al desprendimiento de la lámina móvil 321 de la superficie de reptación 311. En efecto, cuando se corta la tensión de

5 alimentación, unas cargas residuales permanecen presentes durante un tiempo sobre el área de contacto entre la lámina móvil 321 y la superficie de reptación 311, lo cual retarda el desprendimiento de la lámina móvil 321 y su retorno a su posición de partida. La fuerza de retorno generada por el elemento de retorno elástico 323 actúa según una dirección y un sentido favorable para el desprendimiento de la lámina móvil 321, así se puede aumentar la frecuencia de los desplazamientos de la lámina móvil 321.

10 De manera ventajosa, en presencia del elemento de retorno elástico 323, el dispositivo de accionamiento 1 puede comprender entonces un tope que limita el desplazamiento de la parte arrastradora 32 según el segundo sentido. Esto es ventajoso para un arrastre del elemento que debe ser arrastrado 9 sobre el retorno de la parte arrastradora 32 cuando se corta la tensión de alimentación. En efecto, esto permite asegurarse de que la fuerza motriz es suficiente para desplazar el elemento que debe ser arrastrado 9 a través del elemento de arrastre 2 durante todo el desplazamiento de la lámina móvil 321 según el segundo sentido.

15 La parte arrastradora 32 puede comprender un pórtico 322, 323 con un soporte 322 sobre el cual está fijada la lámina móvil 321 por su extremo unido. El elemento de retorno elástico 323 puede ser un brazo del pórtico que presenta una rigidez. El elemento de arrastre 2 está unido o bien al soporte 322, o bien al brazo. Así, cuando se aplica una tensión de alimentación suficiente, la lámina móvil 321 se acerca a la superficie de reptación 311 deformándose para permitir la creación del área de contacto y del frente de reptación. La lámina móvil 321 arrastra entonces consigo el pórtico 322, 323 y por consiguiente el elemento de arrastre 2 en una dirección de desplazamiento según el primer sentido de desplazamiento. Durante este tiempo, el brazo almacena energía. Cuando la tensión de alimentación se corta o resulta insuficiente, el brazo ejerce una fuerza de retorno sobre la lámina móvil 321 generada a partir de la energía almacenada obligando a la lámina móvil 321 a recuperar su forma y posición iniciales.

25 La parte fija 31 puede comprender un bastidor fijo del cual una cara forma la superficie de reptación 311. Como variante, la parte fija 31 puede comprender un tablón 312, estando la superficie de reptación 311 formada entonces sobre una de las caras longitudinales del tablón 312.

30 La superficie de reptación 311 se selecciona preferentemente más grande que la lámina móvil 311 a nivel de su recubrimiento.

35 En el caso en el que la parte fija 31 comprenda un tablón 312 sobre el cual está formada la superficie de reptación 311, este puede ser flexible de manera que, cuando se aplica una tensión de alimentación entre la lámina móvil 321 y la superficie de reptación 311, el tablón 312 se acerque a la lámina móvil 321.

La flexibilidad del tablón permite reducir entonces la tensión de alimentación mínima necesaria para permitir que la superficie de reptación 311 y la lámina móvil 321 se acerquen y entren en contacto gracias a la reducción espontánea de la distancia que separa la superficie de reptación 311 y la lámina móvil 321.

40 Por otro lado, esto permite reducir el volumen ocupado por la parte fija 31 del elemento de accionamiento 3. En efecto, un tablón 312 flexible es más fino que un bastidor fijo, para un material dado.

45 La parte fija 31 puede comprender una pluralidad de tablonces 312 (que pueden ser flexibles) (véanse las figuras 2 a 5). En este caso, la parte fija 31 comprende asimismo un pórtico 313 sobre el cual están unidos los tablonces 312. Cada uno de los tablonces 312 presenta una superficie de reptación 311. La parte arrastradora 32 comprende asimismo una pluralidad de láminas móviles 321 unidas a un pórtico móvil 322, 323 tal como el descrito anteriormente. La pluralidad de tablonces 312 y la pluralidad de láminas móviles 321 están dispuestas una con respecto a la otra para formar un conjunto de peines interdigitados.

50 Esta multiplicación de tablonces 312 y de láminas móviles 321 permite aumentar la fuerza motriz generada por el dispositivo de accionamiento 1 mientras que el desplazamiento sigue siendo idéntico al caso de un solo tablón 312 y una sola lámina móvil 321.

55 El elemento de arrastre 2 comprende generalmente un dedo 23 que presenta por lo menos una superficie de engranaje 231. La superficie de engranaje 231 está destinada ser puesta en contacto con las muescas 91 del dispositivo de cremallera 9 o con los dientes 91 de la rueda dentada 9 para el engranaje del elemento de arrastre 2 con el elemento que debe ser arrastrado 9. Esta superficie de engranaje 231 presenta una geometría complementaria a una superficie de arrastre 911 de las muescas o de los dientes por la cual las muescas o los dientes son traccionados o empujados.

60 El elemento de arrastre 2 puede comprender una primera viga 21 paralela a la primera dirección de desplazamiento de la parte arrastradora 32, y de la cual un primer extremo 211 está unido a la parte arrastradora 32 (por ejemplo, al pórtico móvil) y un segundo extremo 212 está unido al dedo 23. Así, el desplazamiento de la parte arrastradora 32 según la primera dirección provoca un desplazamiento del elemento de arrastre 2 según la misma primera dirección. El dedo 23 desplaza por lo tanto el elemento que debe ser arrastrado 9 según esta dirección.

65

El elemento de arrastre 2 puede comprender además una segunda viga 22 paralela asimismo a la primera dirección. La segunda viga 22 comprende un primer extremo 221 fijo y un segundo extremo 222 unido al dedo 23. En este caso, el desplazamiento de la lámina móvil 321 conduce a un desplazamiento de la parte arrastradora 32 según la primera dirección, lo cual genera un debilitamiento de las dos vigas 21, 22, y provoca el desplazamiento del dedo 23 según una segunda dirección perpendicular a la primera dirección.

El dedo 23 se puede desplazar así según una u otra de las dos direcciones. Por ejemplo, según la primera dirección, el elemento de arrastre 2 arrastra el elemento que debe ser arrastrado 9 en su movimiento gracias a su acoplamiento con éste. Según la segunda dirección, el elemento de arrastre 2 se libera del elemento que debe ser arrastrado 9, así se desacopla.

Con el fin de realizar los desplazamientos del dedo 23 según las dos direcciones, son necesarios dos dispositivos de accionamiento 1D, 1E (véase la figura 5), un solo dedo 23 está compartido entre los elementos de arrastre 2D, 2E de los dispositivos de accionamiento: un primer dispositivo de accionamiento 1E que asegura el desplazamiento del dedo 23 según la primera dirección y un segundo dispositivo de accionamiento 1D que asegura el desacoplamiento del dedo 23 según la segunda dirección. Los demás elementos de estos dispositivos de accionamiento 1D, 1E pueden ser los mismos que los del dispositivo de accionamiento 1 descrito anteriormente y más adelante. La letra E se utiliza para identificar en la figura 5 los elementos del dispositivo de accionamiento que actúan como arrastre, y la letra D para los elementos del dispositivo de accionamiento que actúan como desacoplamiento.

En este caso, está previsto un mando 7 para ordenar simultáneamente los dos dispositivos de accionamiento 1D, 1E, de manera que:

- en un primer tiempo, el primer dispositivo de accionamiento 1E desplace el dedo 23 según la primera dirección y según un primer sentido;
- en un segundo tiempo, el segundo dispositivo de accionamiento 1D desplace el dedo 23 según la segunda dirección y según un primer sentido;
- en un tercer tiempo, el primer dispositivo de accionamiento 1E desplace el dedo 23 según la primera dirección y según un segundo sentido;
- en un cuarto tiempo, el segundo dispositivo de accionamiento 1D desplace el dedo 23 según la segunda dirección y según un segundo sentido.

La función de desacoplamiento permite asimismo la realización de un conjunto para arrastrar el elemento que debe ser arrastrado 9 según dos sentidos de arrastre.

En una primera variante (figura 5), el conjunto comprende un primer dispositivo de accionamiento 1E para realizar la función de arrastre del elemento que debe ser arrastrado 9 y un segundo dispositivo de accionamiento 1D para realizar la función de desacoplamiento del dedo 23. Un solo dedo 23 está compartido entre los elementos de arrastre 2E, 2D de los dispositivos de accionamiento.

Un mando 7 está previsto entonces para regular el conjunto en un primer o un segundo modo de funcionamiento.

En el primer modo de funcionamiento, el mando 7 actúa entonces sobre los dos dispositivos de accionamiento 1E, 1D de manera repetitiva para que:

- en un primer tiempo, el segundo dispositivo de accionamiento 1D engrane el elemento que debe ser arrastrado 9 por el dedo 23 gracias a su elemento de arrastre 2D;
- en un segundo tiempo, la parte arrastradora 32E del primer dispositivo de accionamiento 1E arrastre el elemento que debe ser arrastrado 9 en un primer sentido de arrastre cuando se desplaza según el primer sentido de desplazamiento;
- en un tercer tiempo, el dedo 23 se desacople gracias al elemento de arrastre 2D del segundo dispositivo de accionamiento; y
- en un cuarto tiempo, la parte arrastradora 32E del primer dispositivo 1E se desplace según el segundo sentido de desplazamiento gracias a su elemento de retorno elástico 323E.

En el segundo modo de funcionamiento, el mando 7 actúa entonces sobre los dos dispositivos de accionamiento 1E, 1D de manera repetitiva para que:

- en un primer tiempo, el segundo dispositivo de accionamiento 1D engrane el elemento que debe ser

arrastrado 9 por el dedo 23 gracias a su elemento de arrastre 2D;

- 5 - en un segundo tiempo, la parte arrastradora 32E del primer dispositivo de accionamiento 1E arrastre el elemento que debe ser arrastrado 9 en un segundo sentido de desplazamiento cuando ésta se desplaza según el segundo sentido de desplazamiento gracias a su elemento de retorno elástico 323E;
- en un tercer tiempo, el dedo 23 se desacople gracias al elemento de arrastre 2D del segundo dispositivo de accionamiento 1D; y
- 10 - en un cuarto tiempo, la parte arrastradora 32E del primer dispositivo de arrastre 1E se desplace según el primer sentido de desplazamiento.

15 En una segunda variante (figura 6), el conjunto comprende cuatro dispositivos de accionamiento dispuestos por pares: un primer par (cuyos elementos están referenciados por "1.---" en la figura 6) para el arrastre del elemento que debe ser arrastrado 9 según un primer sentido de arrastre y un segundo par (cuyos elementos están referenciados por "2.---" en la figura 6) para el arrastre del elemento que debe ser arrastrado 9 según un segundo sentido de arrastre opuesto al primer sentido de arrastre.

20 Cada par comprende un primer dispositivo de accionamiento (cuyos elementos están referenciados por "---.--- E" en la figura 6) para la función de arrastre y un segundo dispositivo de accionamiento (cuyos elementos están referenciados por "---.--- D" en la figura 6) para la función de desacoplamiento. Un solo dedo 1.23, 2.23 está compartido entre los elementos de arrastre de los dispositivos de accionamiento de un par.

25 Está previsto un mando 7 para regular el conjunto en un primer o un segundo modo de funcionamiento.

30 En un primer modo de funcionamiento, solo el primer par actúa sobre el elemento que debe ser arrastrado. El primer dispositivo de accionamiento que corresponde a este primer par arrastra el elemento que debe ser arrastrado cuando su parte arrastradora se desplaza según el primer sentido de desplazamiento o el segundo sentido de desplazamiento.

35 En un segundo modo de funcionamiento, solo el segundo par actúa sobre el elemento que debe ser arrastrado. El primer dispositivo de accionamiento que corresponde al segundo par arrastra el elemento que debe ser arrastrado cuando su parte arrastradora se desplaza según el primer sentido de desplazamiento o el segundo sentido de desplazamiento.

40 Por otro lado, mientras que la amplitud del desplazamiento según la primera dirección está definida por el entrehierro E entre la lámina móvil 321 y la superficie de reptación 311, la amplitud del desplazamiento según la segunda dirección está definida al mismo tiempo por el entrehierro E entre la lámina móvil 321 y la superficie de reptación 311, y por el espacio que se encuentra entre la primera viga 21 y la segunda viga 22. Para el mismo entrehierro E, cuanto más cerca están la primera viga 21 y la segunda viga 22, mayor será la amplitud del desplazamiento según la segunda dirección. La amplitud según la segunda dirección es fácilmente varias veces más importante que aquélla según la primera dirección. El paso del elemento que debe ser arrastrado 9 puede entonces ser superior a la amplitud del desplazamiento según la primera dirección definida por el entrehierro E entre la lámina móvil 321 y la superficie de reptación 311.

45 Es posible así obtener un desplazamiento del elemento que debe ser arrastrado 9 más importante según esta segunda dirección si el elemento de arrastre 2 está configurado para desplazar el elemento que debe ser arrastrado según la misma.

50 Por ejemplo (véase la figura 3), el elemento de arrastre 2 comprende además una tercera viga 24 sustancialmente perpendicular a la primera dirección, y de la cual un primer extremo 241 está unido a la primera viga 21 y a la segunda viga 22, y un segundo extremo 242 está unido al dedo 23. En este caso, un desplazamiento de la parte arrastradora 32 según la primera dirección provoca una curvatura de la primera viga 21 y de la segunda viga 22, lo cual provoca un desplazamiento del elemento de arrastre 2 según la segunda dirección.

55 Esta última situación está relacionada con la eventual incompatibilidad entre el paso mínimo que se puede realizar mediante las tecnologías de microfabricación (en general, superior a 15 µm, pero dependiendo del espesor del dispositivo y de la forma de los dientes) y el entrehierro máximo admisible para generar una fuerza motriz suficiente (generalmente inferior a 15 µm, pero dependiendo de la necesidad de fuerza motriz y de la tensión de alimentación máxima permitida). Esta incompatibilidad se evita gracias a la utilización del desplazamiento del dedo 22 según la segunda dirección.

60 El dispositivo de accionamiento 1 descrito anteriormente se utiliza ventajosamente en la fabricación de maquinarias de relojes, en particular las maquinarias de cuarzo. La flexibilidad de las láminas móviles 321 y el mecanismo de propagación del frente de reptación resultante permiten generar una fuerza motriz muy superior a la obtenida en la técnica anterior.

Por otro lado, cuando el dispositivo de accionamiento 1 comprende un elemento de retorno elástico 323, es posible transferir la totalidad de esta fuerza motriz disponible. Asimismo, cuando la parte fija 31 presenta una pluralidad de tableros 312 y la parte arrastradora 32 una pluralidad de láminas móviles 321, la fuerza motriz de una lámina 321 se acumula a las de las demás. La fuerza motriz generada y que puede ser transferida al elemento de arrastre 2 es entonces más importante.

La posibilidad de acumular las fuerzas motrices de una pluralidad de láminas móviles 321, todos los parámetros iguales por otro lado, se puede aprovechar para disminuir la tensión de alimentación requerida en una maquinaria de relojería, es decir hasta 30 V por ejemplo; mientras que, para los dispositivos de accionamiento de la técnica anterior, la tensión de alimentación requerida es de aproximadamente 100 V. La reducción de la tensión de alimentación aumenta directamente y muy sustancialmente la autonomía de las maquinarias de relojes de pulsera o de pared.

En efecto, las baterías disponibles actualmente proporcionan generalmente una tensión comprendida entre 1,5 V y 3 V. Estas tensiones son inferiores a la tensión de alimentación requerida por los dispositivos de accionamiento electrostáticos que necesitan entonces un sistema intermedio de elevación de la tensión proporcionada por las baterías hasta el nivel de la tensión de alimentación. Cuanto más importante es el factor de elevación requerido, mayor será el consumo de energía del sistema de elevación, lo cual reduce por consiguiente la autonomía de las maquinarias de relojes. Reducir la tensión de alimentación de los dispositivos de accionamiento electrostáticos permite aumentar entonces la autonomía de las maquinarias de relojes de pulsera o de pared en los que están integrados.

Procedimiento de montaje con compensación de un juego de grabado

Un procedimiento de montaje de un dispositivo de accionamiento tal como el mencionado anteriormente se describe en este caso con referencia a la figura 7.

Este procedimiento comprende una etapa de grabado de la parte arrastradora 32, de la parte fija 31 y de un elemento de sujeción 4. La parte arrastradora 32 es grabada tal como debe presentarse en posición de funcionamiento del dispositivo de accionamiento 1. La parte fija 31 es grabada en posición denominada inicial de tal manera que la superficie de reptación 311 se sitúe a una distancia de grabado G_0 de la lámina móvil 321 enfrentada. La parte fija 31 comprende asimismo un tope 314 y un elemento de unión elástica 315 de rigidez k al bastidor 6.

El elemento de sujeción 4 está formado por lo menos por un tope 41 apto para ser acoplado para desplazar la parte fija 31 desde su posición inicial a su posición de funcionamiento y bloquearla en esta última posición. La amplitud de este desplazamiento está determinada por un tope de posicionamiento 5 situado a una distancia de desplazamiento B de la parte fija 31. La diferencia entre la distancia de grabado y la distancia de desplazamiento ($G_0 - B$) define el entrehierro E que separa en funcionamiento la lámina móvil 321 y la superficie de reptación 311. El elemento de sujeción 4 comprende asimismo un elemento de unión elástica 42 al bastidor de rigidez K superior a la rigidez k del elemento de unión elástica 315 de la parte fija. La rigidez K del elemento de unión elástica 42 del elemento de sujeción se elige de manera que permita la sujeción de la parte fija 31 en la posición de funcionamiento e impida el retorno de ésta hacia su posición inicial.

La condición de sujeción de la parte fija 31 contra el tope de posicionamiento 5 se puede escribir de la manera siguiente: $K \times (P - B) > k \times B$. El diferencial de fuerza $K \times (P - B) - k \times B$ determina entonces la fuerza de sujeción de la parte fija contra el tope de posicionamiento, designando P la distancia entre el tope 314 de la parte fija y el tope 41 del elemento de sujeción en la posición inicial de la parte fija.

El procedimiento comprende asimismo el desplazamiento del elemento de sujeción 4 hasta el acoplamiento de su tope 41 con el tope 314 de la parte fija provocando así el desplazamiento de la parte fija 31 contra el tope de posicionamiento 5.

Este procedimiento permite superar los límites tecnológicos inherentes al grabado sobre sustrato de silicio. En efecto, puede ser interesante concebir un dispositivo de accionamiento 1 cuya parte arrastradora 32 y cuya parte fija 31 estén separadas por un entrehierro E inferior a la resolución del grabado. Para ello, la parte arrastradora 32 y la parte fija 31 son grabadas en primer lugar de manera que presenten un entrehierro G_0 inferior o igual a la resolución del grabado. A continuación, por desplazamiento de la parte fija 31 hacia el tope de posicionamiento 5 y su bloqueo gracias al elemento de sujeción 4, el entrehierro E final obtenido en posición de funcionamiento es inferior a la resolución del grabado.

Por ejemplo, una distancia inicial de G_0 de 30 μm facilita el grabado de los diferentes elementos constitutivos. El procedimiento de montaje permite mediante un tope de posicionamiento 5 colocado a una distancia B de 25 μm , reducir la distancia de funcionamiento a 5 μm ; distancia que sería inaccesible mediante un grabado directo.

Ejemplo 1

En este ejemplo 1, el dispositivo de accionamiento comprende un elemento de arrastre apropiado para ser puesto en contacto con el elemento que debe ser arrastrado, y un elemento de accionamiento formados en silicio monocristalino. El elemento de accionamiento comprende una parte fija que comprende un tablón del cual un lado constituye una superficie de reptación de una anchura de 50 µm, y una parte arrastradora que comprende una lámina móvil flexible de una longitud de 1500 µm, dispuesta de manera paralela y frente a la superficie de reptación que forma con la misma un entrehierro de 15 µm. Con el fin de permitir la formación de un frente de reptación, la anchura de la lámina móvil es de 7 µm. El dispositivo de accionamiento tiene una anchura de 90 µm.

En funcionamiento, se aplica una tensión de alimentación de 50 V.

La fuerza motriz disponible generada es entonces de 170 µN. La fuerza motriz se obtuvo mediante simulación gracias al programa ANSYS™.

Ejemplo comparativo 1

En este ejemplo comparativo 1, se evalúa un dispositivo de accionamiento según la técnica anterior con respecto al ejemplo 1.

Este dispositivo de accionamiento comprende un elemento de accionamiento apropiado para ser puesto en contacto con el elemento que debe ser arrastrado, y un elemento de accionamiento formados en silicio monocristalino. El elemento de accionamiento comprende una parte fija que comprende un tablón del cual una cara constituye una superficie de contacto de una anchura de 50 µm, y una parte arrastradora que comprende una lámina móvil rígida de una longitud de 1500 µm, dispuesta de manera paralela y frente a la superficie de contacto que forma con la misma un entrehierro de 15 µm. Como la lámina móvil es rígida, su anchura no es un parámetro importante. Generalmente se elige del mismo orden que la anchura del tablón. El dispositivo de accionamiento tiene una anchura de 190 µm.

En funcionamiento, se aplica una tensión de alimentación de 50 V.

La fuerza motriz disponible generada es entonces de 14 µN. La fuerza motriz se determinó gracias a la fórmula siguiente:

$$F_{motriz} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_1^2 \cdot S}{((g - \Delta) \cdot \epsilon_1 + h_1 \cdot \epsilon_0)^2} \cdot V^2 ;$$

en la que ϵ_0 y ϵ_1 son las permisividades respectivas del aire y de la capa de material aislante depositado sobre la superficie de contacto y la superficie de la lámina móvil rígida; S es el área frente a la lámina móvil y a la superficie de contacto, es decir el área de su recubrimiento; V es la diferencia de potencial entre la superficie de contacto y la lámina móvil rígida, g es la distancia inicial entre la lámina móvil rígida y la superficie de contacto, h_1 es el espesor total de las capas de material aislante enfrentadas y Δ es el desplazamiento corriente de la parte móvil.

Así, la fuerza motriz disponible generada por el ejemplo 1 es 12 veces mayor a la generada por el ejemplo comparativo 1.

Por otro lado, para que este ejemplo comparativo 1 genere la misma fuerza motriz (es decir, 170 µN), sería preciso aplicar una tensión de alimentación de 174 V. En efecto, la fuerza motriz es directamente proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación. Así, la fórmula que proporciona la tensión de alimentación requerida para obtener una fuerza motriz unitaria de 170 µN es:

$$\text{Tensión requerida} = 50 \text{ V} \cdot (170/14)^{1/2} = 174 \text{ V}.$$

La ganancia en tensión del ejemplo 1 con respecto al ejemplo comparativo 1 es entonces del orden de 3,5.

Por último, la anchura del dispositivo de accionamiento del ejemplo 1 es casi 2 veces inferior a la del dispositivo de accionamiento del ejemplo comparativo 1.

En definitiva, la ganancia en fuerza motriz por unidad de superficie es entonces de $2 \times 12 = 24$.

Ejemplo 2

En este ejemplo 2, el dispositivo de accionamiento 1 comprende un elemento de accionamiento 3 formado en silicio monocristalino. El elemento de accionamiento comprende una parte fija 31 que comprende una superficie de

reptación 311, y una parte arrastradora 32 que comprende una lámina móvil 321 flexible dispuesta de manera paralela y frente a la superficie de reptación 311 que forma con la misma un entrehierro E. La parte arrastradora 32 comprende además un pórtico compuesto por un soporte 322 al cual está fijada la lámina móvil 321 flexible por uno de sus extremos 3212, y dos brazos 323 de los cuales un extremo está unido al soporte y el otro al bastidor 6.

5 El dimensionamiento de la superficie de reptación 311, de la lámina móvil 321 y del entrehierro E es idéntico al ejemplo 1.

10 Para las necesidades de este ejemplo (véase la figura 8), un peso 8 (carga resistiva) está fijado al soporte del pórtico. El peso ejerce entonces una fuerza F_{ext} colineal al desplazamiento de la parte arrastradora 32 y en el sentido contrario al sentido de acercamiento de la lámina móvil 321 hacia la superficie de reptación 311. Un tope 7 está dispuesto en contacto con el pórtico 322 para que éste no se pliegue a causa del peso 8.

15 La tensión de alimentación se fija a 50 V.

La carga resistiva máxima susceptible de ser arrastrada sobre la totalidad del desplazamiento es entonces de 170 μ N.

20 **Ejemplo comparativo 2**

En este ejemplo comparativo 2, se evalúa un dispositivo de accionamiento 01 según la técnica anterior con respecto al ejemplo 2.

25 Este dispositivo de accionamiento 01 comprende un elemento de accionamiento 03 formados en silicio monocristalino. El elemento de accionamiento 03 comprende una parte fija 031 que comprende una superficie de contacto 0311 y una parte arrastradora 032 que comprende una lámina móvil 0321 dispuesta de manera paralela y frente a la superficie de contacto 0311 que forma con la misma un entrehierro 0E. La lámina móvil 0321 comprende un extremo libre 03211 y un extremo encastrado 03212 al bastidor, es decir fijado al bastidor.

30 El dimensionamiento de la superficie de contacto 0311, de la lámina móvil 0321 y del entrehierro 0E es idéntico al ejemplo comparativo 1.

35 Para las necesidades de este ejemplo comparativo 2 (véase la figura 9), un peso 08 (carga resistiva) está fijado al extremo libre 03211 de la lámina móvil 0321. El peso 08 ejerce entonces una fuerza F_{ext} colineal al desplazamiento de la parte arrastradora 032 y en el sentido contrario al sentido de acercamiento de la lámina móvil 0321 hacia la superficie de contacto 0311. Un tope 07 está dispuesto en contacto con la lámina móvil 0321 cerca de su extremo libre 03211 para que no se pliegue a causa del peso 08.

40 La tensión de alimentación se fija a 50 V.

La carga resistiva máxima susceptible de ser arrastrada sobre la totalidad del desplazamiento es entonces de 4 μ N.

45 Por otro lado, para que este ejemplo comparativo 2 genere la misma fuerza motriz (es decir, 170 μ N), sería preciso aplicar una tensión de alimentación de 175 V.

50 La ganancia en tensión del ejemplo 2 con respecto al ejemplo comparativo 2 es entonces del orden de 3,5. Teniendo en cuenta el hecho de que la fuerza motriz es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación, la ganancia en fuerza motriz es del orden de 12.

50 **Ejemplo comparativo 3**

En este ejemplo comparativo 3, el dispositivo de accionamiento es el mismo que el del ejemplo comparativo 2, con la excepción siguiente.

55 La superficie de contacto está configurada de manera que no sea paralela a la lámina móvil. La superficie de contacto está lo más cerca posible de la lámina móvil por el lado de su extremo encastrado. La distancia entre la superficie de contacto y la lámina móvil a nivel del extremo libre de esta es la misma que el entrehierro del ejemplo comparativo 2.

60 La tensión de alimentación se fija a 50 V.

La carga resistiva máxima susceptible de ser arrastrada sobre la totalidad del desplazamiento es entonces de 12 μ N.

65 Por otro lado, para que este ejemplo comparativo 3 genere la misma fuerza motriz (es decir, 170 μ N), sería preciso

aplicar una tensión de alimentación de 80 V.

La ganancia en tensión del ejemplo 2 con respecto al ejemplo comparativo 3 es entonces del orden de 1,6.

5 **Ejemplo 3**

En este ejemplo 3, se proporcionan unas dimensiones de la lámina móvil flexible en la Tabla 2 siguiente:

Tabla 2

10

Anchura (μm)/fuerza motriz generada (μN)		Tensión de alimentación (V)			
		40	60	80	100
Longitud (μm)/entrehierro (μm)	1000/5	11/660	15/1540	18/2720	21/4270
	1500/5	20/1040	26/2330	32/4190	37/6540
	1000/15	4/180	5/390	6/690	7/1090
	1500/15	7/280	9/610	11/1090	13/1730

Estas láminas móviles presentan una flexibilidad suficiente para que se forme un frente de reptación y se propague sobre la superficie de reptación.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de accionamiento (1) para la puesta en movimiento de un elemento que debe ser arrastrado (9), que comprende:

- un elemento de arrastre (2) apropiado para ser puesto en contacto con el elemento que debe ser arrastrado (9); y
- un elemento de accionamiento (3) que comprende una primera parte fija (31) y una segunda parte arrastradora (32) para el elemento de arrastre (2);

en el que la primera parte fija (31) comprende una superficie de reptación (311), la segunda parte arrastradora (32) comprende una lámina móvil (321) flexible de una anchura dada dispuesta paralelamente y a distancia de la superficie de reptación (311), presentando la lámina móvil (321) un extremo libre (3211) y un extremo unido (3212) al elemento de arrastre;

caracterizado por que la longitud de la lámina móvil (321) se selecciona de manera que, cuando se aplica una tensión de alimentación entre la lámina móvil (321) y la superficie de reptación (311), el extremo libre (3211) entre en contacto con la superficie de reptación (311) y un área de contacto, entre la lámina móvil (321) y la superficie de reptación (311), delimitada longitudinalmente con respecto a la lámina móvil (321) por el extremo libre (3211) de la lámina móvil y un frente de reptación (3213), aumente por propagación del frente de reptación (3213) a lo largo de la lámina móvil (321), desplazando la propagación del frente de reptación la lámina móvil (321) y la segunda parte arrastradora (32) según una primera dirección colineal al sentido del acercamiento de la lámina móvil (321) hacia la superficie de reptación (311), arrastrando así el elemento de arrastre (2).

2. Dispositivo de accionamiento (1) según la reivindicación 1, en el que la primera parte fija (31) comprende un tablón (312) flexible que presenta la superficie de reptación (311), de manera que cuando se aplica una tensión de alimentación entre la lámina móvil (321) y la superficie de reptación (311), el tablón (312) se acerque a la lámina móvil (321).

3. Dispositivo de accionamiento (1) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la segunda parte arrastradora (32) comprende además un elemento de retorno elástico (323) unido a la lámina móvil (321) y a un bastidor (6) del dispositivo de accionamiento (1),

siendo la lámina móvil (321) apta para ser desplazada según un primer sentido de desplazamiento a lo largo de la primera dirección por la propagación del frente de reptación bajo el efecto de la tensión de alimentación, y

según un segundo sentido de desplazamiento a lo largo de la primera dirección, opuesto al primer sentido, bajo el efecto de una fuerza de retorno generada por el elemento de retorno elástico (323), de manera que se genere un movimiento de vaivén del elemento de arrastre (2).

4. Dispositivo de accionamiento (1) según la reivindicación 3, que comprende además un tope que limita el desplazamiento de la segunda parte arrastradora (32) según el segundo sentido.

5. Dispositivo de accionamiento (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la primera parte fija (31) comprende un pórtico fijo (313) y un tablón (312) fijado al pórtico fijo (313), presentando el tablón (312) la superficie de reptación (311),

en el que la segunda parte arrastradora (32) comprende un pórtico móvil (322, 323) y una lámina móvil (321) fijada al pórtico móvil (322, 323) por uno de sus extremos.

6. Dispositivo de accionamiento (1) según la reivindicación 5, en el que la primera parte fija (31) comprende una pluralidad de tablonces (312) fijados al pórtico fijo (313), presentando cada uno de los tablonces (312) una superficie de reptación (311),

en el que la segunda parte arrastradora (32) comprende una pluralidad de láminas móviles (321) fijadas al pórtico móvil (322, 323), y

en el que la pluralidad de tablonces (312) y la pluralidad de láminas móviles (321) están dispuestas una con respecto a la otra de manera que formen un conjunto de peines interdigitados.

7. Dispositivo de accionamiento (1) según la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en el que el pórtico móvil (32) comprende un soporte (322) al que están fijadas las láminas móviles (321) y por lo menos un brazo que une el soporte (322) a un bastidor (6) del dispositivo de accionamiento (1).

8. Dispositivo de accionamiento (1) según la reivindicación 7 en combinación con la reivindicación 3, en el que el

brazo del pórtico móvil constituye el elemento de retorno elástico (323).

9. Dispositivo de accionamiento (1) según una de las reivindicaciones 5 a 8, en el que el elemento de arrastre (2) comprende además una primera y una segunda vigas (21, 22),

5 comprendiendo la primera viga (21) un primer extremo (211) unido al pórtico móvil (322, 323) y un segundo extremo (212) unido al elemento de arrastre (2); y

10 comprendiendo la segunda viga (22) un primer extremo (221) fijo y un segundo extremo (222) unido al elemento de arrastre (2);

15 de manera que el desplazamiento de las láminas móviles (321) genere una flexión de las dos vigas (21, 22) provocando el desplazamiento del elemento de arrastre (2) según una segunda dirección perpendicular a la primera dirección.

20 10. Dispositivo de accionamiento (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el área de contacto aumenta hasta alcanzar un valor límite para una tensión de alimentación dada, y en el que, suponiendo que la segunda parte arrastradora (32) sea fija (o esté bloqueada), la flexibilidad de la lámina móvil (321) se selecciona de manera que el valor límite se minimice para la tensión de alimentación dada.

25 11. Dispositivo de accionamiento (1) según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que, para una anchura de la lámina móvil (321) dada y una tensión de alimentación dada, la longitud de la lámina móvil (321) es mínima.

30 12. Dispositivo de accionamiento (1) según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que, para una longitud de la lámina móvil (321) dada y una tensión de alimentación dada, la anchura de la lámina móvil (321) es máxima.

35 13. Conjunto de accionamiento que comprende un primer dispositivo de accionamiento (1E) según una de las reivindicaciones 1 a 12, y un segundo dispositivo de accionamiento (1D) según una de las reivindicaciones 1 a 12,

40 compartiendo el primer dispositivo de accionamiento (1E) y el segundo dispositivo de accionamiento (1D) un único y mismo dedo (23),

45 siendo el primer dispositivo de accionamiento (1E) apto para desplazar el dedo (23) según una primera dirección y siendo el segundo dispositivo de accionamiento (1D) apto para desplazar el dedo (23) según una segunda dirección; y

50 comprendiendo además el conjunto un mando (7) que pilota simultáneamente los dos dispositivos de accionamiento (1D, 1E), de manera que:

40 - en un primer tiempo, el primer dispositivo de accionamiento (1E) desplace el dedo (23) según la primera dirección y según un primer sentido;

45 - en un segundo tiempo, el segundo dispositivo de accionamiento (1D) desplace el dedo (23) según la segunda dirección y según un primer sentido;

50 - en un tercer tiempo, el primer dispositivo de accionamiento (1E) desplace el dedo (23) según la primera dirección y según un segundo sentido;

55 - en un cuarto tiempo, el segundo dispositivo de accionamiento (1D) desplace el dedo (23) según la segunda dirección y según un segundo sentido.

14. Procedimiento de montaje de un dispositivo de accionamiento (1) según una de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende las etapas siguientes:

55 - grabar, en un bloque de material semiconductor, la segunda parte arrastradora (32) en posición de funcionamiento, la primera parte fija (31) del elemento de accionamiento (3) en posición denominada inicial, un elemento de sujeción (4) que comprende por lo menos un tope (41) apto para ser acoplado para desplazar y bloquear la primera parte fija (31) en su posición de funcionamiento y un tope de posicionamiento (5);

60 - desplazar el elemento de sujeción (4) hasta el acoplamiento de su tope (41) con la primera parte fija (31) provocando así el desplazamiento de la primera parte fija (31) contra el tope de posicionamiento (5).

65 15. Utilización de un dispositivo de accionamiento (1) según una de las reivindicaciones 1 a 12, o de un conjunto de accionamiento según la reivindicación 13 para la fabricación de maquinarias de relojes de pulsera o de pared.

FIG. 1

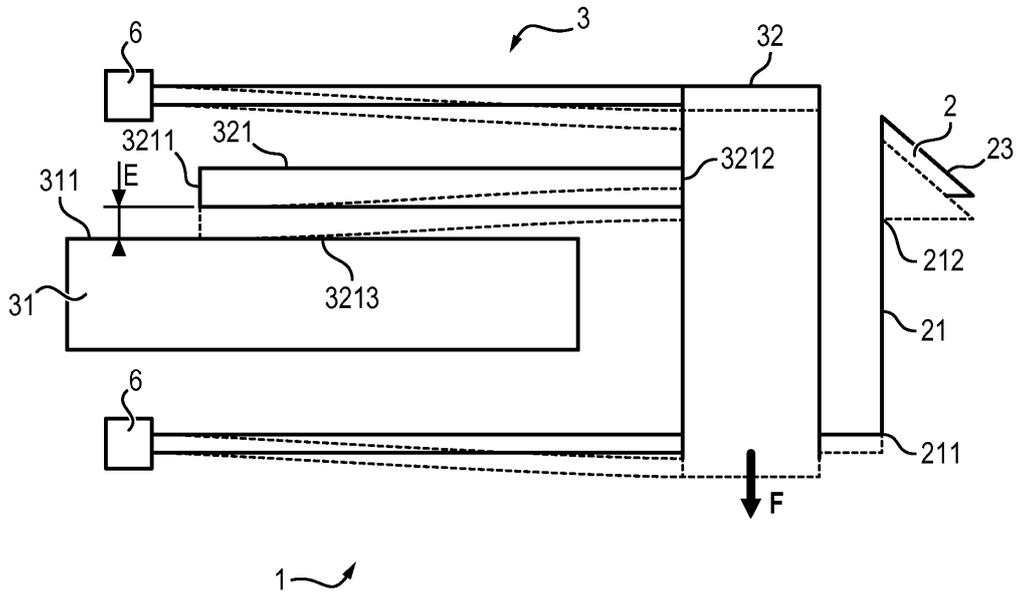


FIG. 2

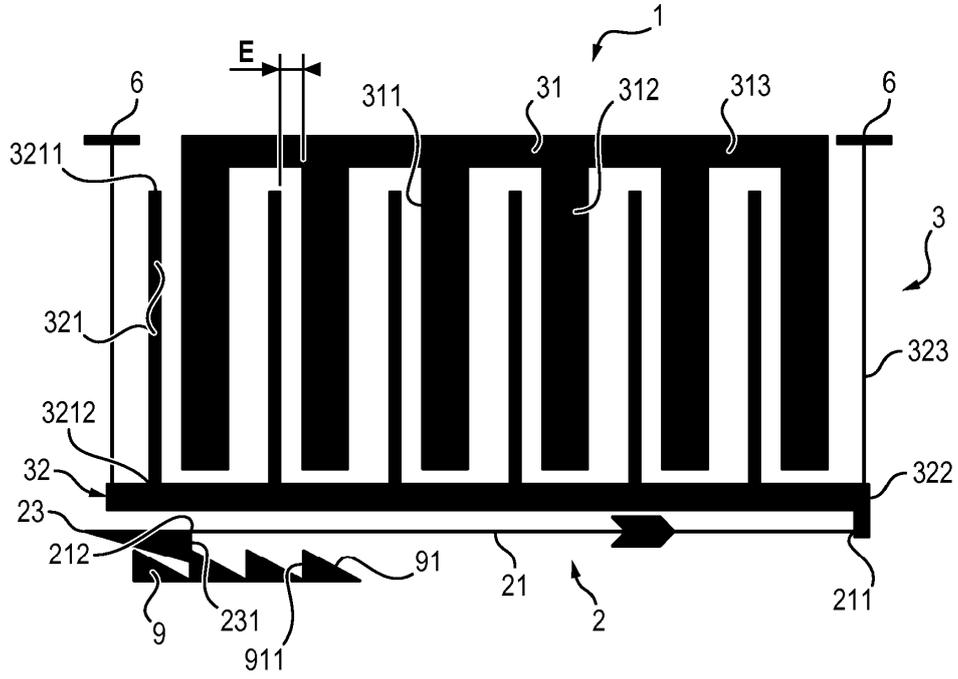


FIG. 3

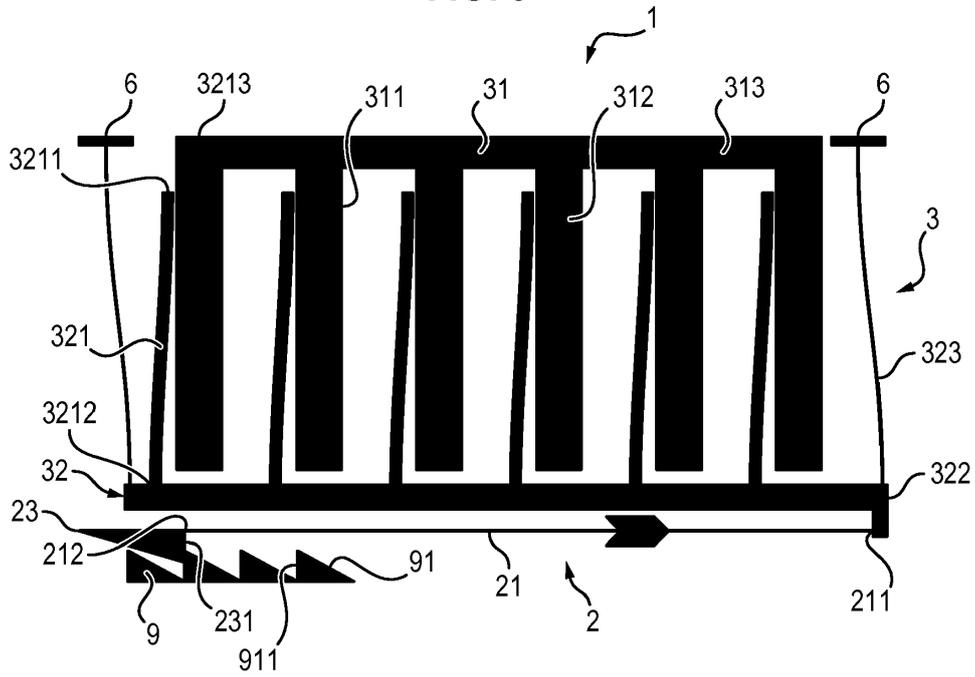


FIG. 4

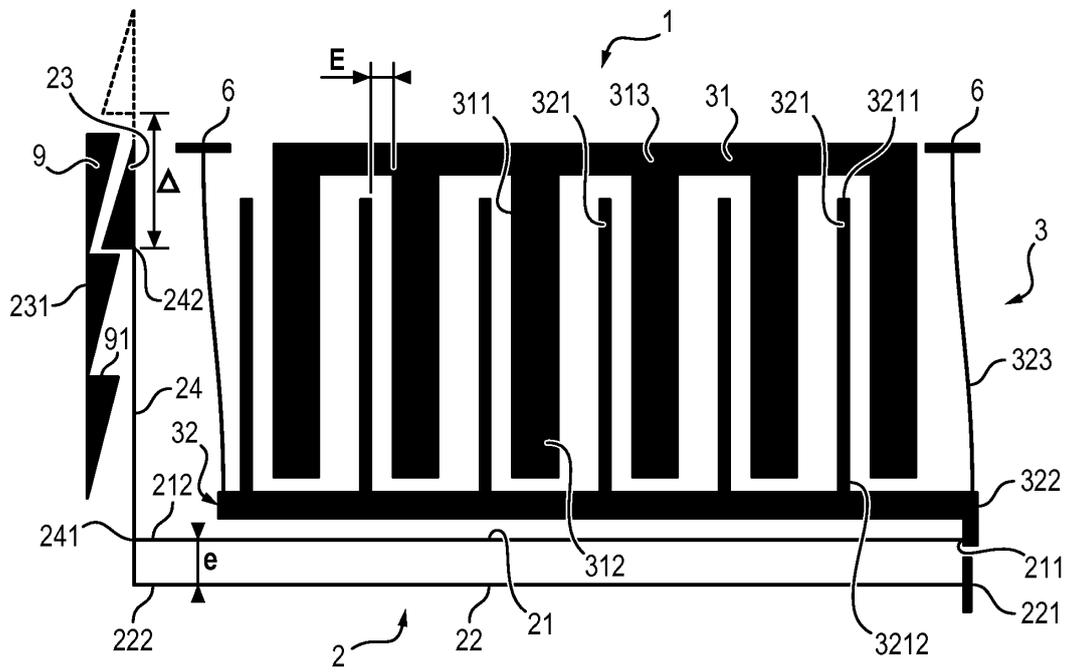
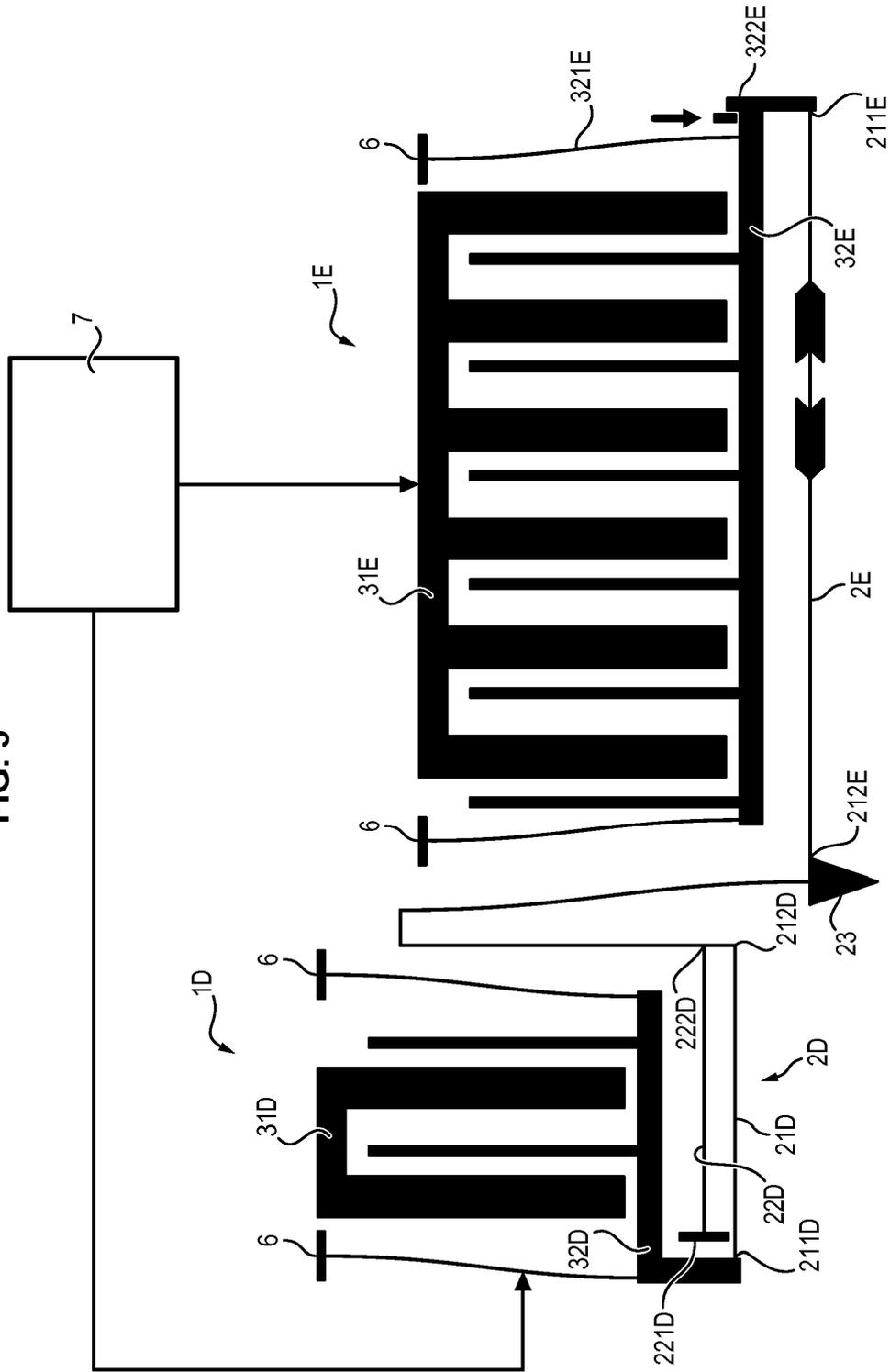


FIG. 5



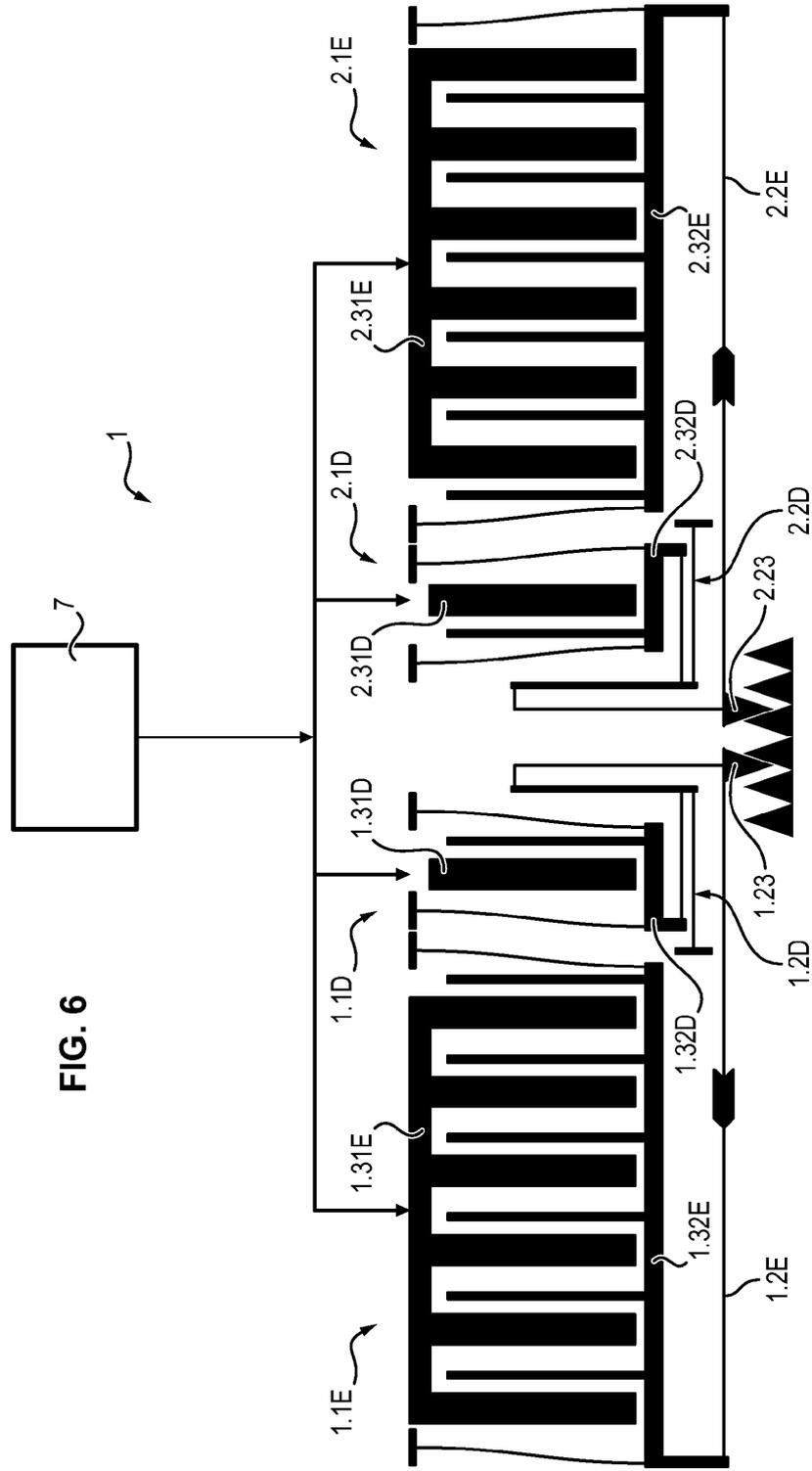


FIG. 6

FIG. 7

