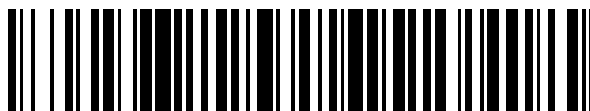


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 798 260**

51 Int. Cl.:

H02N 1/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2006** **PCT/EP2006/060758**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.09.2006** **WO06097491**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2006** **E 06708779 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020** **EP 1878108**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para desplazar un elemento que debe ser accionado que utilizan un elemento accionador formado por grabado en un material semiconductor**

30 Prioridad:

18.03.2005 FR 0502699

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

10.12.2020

73 Titular/es:

**SILMACH (100.0%)
16 Rue Sophie Germain
25000 Besançon , FR**

72 Inventor/es:

**LE MOAL, PATRICE;
BOURBON, GILLES;
MINOTTI, PATRICE y
JOSEPH, ERIC**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 798 260 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

Procedimiento y dispositivo para desplazar un elemento que debe ser accionado que utilizan un elemento accionador formado por grabado en un material semiconductor

La invención se refiere al campo de los microsistemas electromecánicos (MEMS).

Estos microsistemas electromecánicos están formados por grabado en unos bloques o plaquitas de material semiconductor, generalmente de silicio.

El documento FR 2 852 111 (publicado el 10 de septiembre de 2004) describe un dispositivo de reloj que comprende una rueda dentada, un elemento de accionamiento apto para engranarse secuencialmente con la rueda dentada y un accionador apto para desplazar el elemento de accionamiento según un movimiento de histéresis de manera que el elemento de accionamiento engrane con unos dientes sucesivos de la rueda. En un dispositivo de este tipo, el accionador comprende dos módulos electrostáticos de accionamiento. Uno de los módulos es apto para desplazar el elemento de accionamiento según una dirección radial con respecto a la rueda y el otro módulo es apto para desplazar el elemento de accionamiento según una dirección tangencial con respecto a la rueda.

Este dispositivo requiere la utilización de un sistema de direccionamiento para que los módulos electrostáticos de accionamiento sean mandados por unas señales desfasadas de manera que produzcan el movimiento de histéresis del elemento de accionamiento. El movimiento de histéresis del elemento de accionamiento genera la rotación de la rueda dentada.

El documento US 6 313 562 describe un dispositivo MEMS que comprende una rueda dentada, un elemento de accionamiento apto para engranar secuencialmente con la rueda dentada y un accionador apto para desplazar el elemento de accionamiento según un movimiento de histéresis de manera que el elemento de accionamiento engrane con unos dientes sucesivos de la rueda. El conjunto de los elementos del dispositivo está formado a partir de una misma plaquita de silicio.

El documento US 4 579 014 describe un temporizador que comprende una rueda dentada, un elemento de accionamiento apto para engranar secuencialmente con la rueda dentada y un accionador apto para desplazar el elemento de accionamiento según un movimiento de histéresis de manera que el elemento de accionamiento engrane con unos dientes sucesivos de la rueda.

Un objetivo de la invención es proponer un dispositivo más sencillo para desplazar un elemento que debe ser accionado.

Con este fin, la invención propone un dispositivo según la reivindicación 1.

Un dispositivo de este tipo necesita únicamente un elemento accionador y puede funcionar gracias a una sola señal de mando.

Por consiguiente, se simplifica el direccionamiento del dispositivo.

Además, la invención únicamente requiere la alimentación de una sola vía de direccionamiento y permite así reducir la energía consumida por el dispositivo con respecto a un dispositivo de dos módulos.

El dispositivo de la invención puede presentar además las características siguientes:

- el elemento que debe ser accionado es un elemento dentado,
- los dientes del elemento que debe ser accionado son asimétricos,
- cada diente del elemento que debe ser accionado presenta una cara de accionamiento sobre la cual entra en contacto el elemento de accionamiento para tirar del elemento que debe ser accionado durante una primera alternancia y una cara de guiado sobre la cual se desliza el elemento de accionamiento durante una segunda alternancia,
- el dispositivo está dispuesto de manera que:
 - durante la primera alternancia, el elemento de accionamiento se acople entre dos dientes del elemento que debe ser accionado,
 - durante la segunda alternancia, el elemento de accionamiento franquee uno de los dos dientes y pase a acoplarse entre otros dos dientes adyacentes del elemento que debe ser accionado,

- el elemento de accionamiento comprende por lo menos una lámina flexible dispuesta de manera que durante la primera alternancia el elemento de accionamiento se desplace en un primer sentido, lo cual provoca la deformación de la lámina flexible, y durante la segunda alternancia, el elemento de accionamiento se desplace en un segundo sentido, opuesto al primer sentido, por retorno elástico de la lámina flexible,

- el elemento de accionamiento franquea uno de los dos dientes por restitución de energía elástica residual almacenada en la lámina flexible.

- el dispositivo comprende un trinquete antirretorno apto para bloquear el elemento que debe ser accionado durante la segunda alternancia,

- el trinquete antirretorno comprende un elemento de indexación apto para:

durante la primera alternancia del movimiento generado por el elemento de accionamiento, deslizarse sobre el elemento que debe ser accionado,

durante la segunda alternancia, pasar a acoplarse con el elemento que debe ser accionado para bloquear el elemento que debe ser accionado,

- el trinquete presenta una cara de guiado destinada a deslizarse sobre el elemento que debe ser accionado durante la primera alternancia y una cara de bloqueo con la cual entra en contacto el elemento que debe ser accionado para bloquear el elemento que debe ser accionado durante la segunda alternancia,

- el elemento que debe ser accionado es un elemento dentado que presenta un paso, el elemento de accionamiento comprende una cara de guiado destinada a entrar en contacto con el elemento que debe ser accionado a nivel de un punto de contacto en el deslizamiento del elemento de accionamiento sobre el elemento que debe ser accionado,

y en el que en reposo:

$$\begin{cases} d_2 < p - e + k \cdot p \\ d_2 > k \cdot p \end{cases}$$

en la que:

p es el paso del elemento que debe ser accionado,

e es la distancia entre un punto de contacto de la cara de guiado y la cara de accionamiento del elemento de accionamiento,

d_2 es la distancia entre el punto de contacto de la cara de guiado del elemento de accionamiento y la cara de bloqueo del trinquete,

y k es un número entero positivo

- el dispositivo comprende unos medios de pretensado elástico para mantener el elemento de accionamiento contra el elemento que debe ser accionado.

La invención propone además, según la reivindicación 13, un procedimiento de funcionamiento del dispositivo definido anteriormente, que comprende las etapas según las cuales:

se ordena al elemento accionador que genere un movimiento alternativo para desplazar el elemento de accionamiento.

durante una primera alternancia del movimiento generado por el elemento accionador, el elemento de accionamiento pasa a acoplarse con el elemento que debe ser accionado para tirar del elemento que debe ser accionado,

durante una segunda alternancia en sentido opuesto generada por el elemento accionador, el elemento de accionamiento se desliza sobre el elemento que debe ser accionado,

de manera que el elemento que debe ser accionado sea desplazado según un movimiento paso a paso por el elemento de accionamiento.

Otras características y ventajas se desprenderán asimismo de la descripción siguiente, que es puramente ilustrativa y no limitativa y debe ser leída con referencia a las figuras adjuntas, entre las que:

- 5 - la figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo de acuerdo con un modo de realización de la invención,
- la figura 2 representa esquemáticamente un elemento accionador,
- 10 - la figura 3 representa esquemáticamente las posiciones relativas de un elemento de accionamiento, de un trinquete antirretorno y de un elemento que debe ser accionado durante las diferentes etapas de funcionamiento del dispositivo,
- 15 - la figura 4 representa esquemáticamente la forma de los dientes del elemento que debe ser accionado y la forma del elemento de accionamiento,
- la figura 5 representa esquemáticamente la disposición del elemento de accionamiento y del trinquete antirretorno.

20 En la figura 1, el dispositivo comprende un elemento que debe ser accionado 10, un dispositivo de accionamiento 20 y un dispositivo de indexación 50.

25 El dispositivo de accionamiento 20 y el dispositivo de indexación 50 están formados simultáneamente por micrograbado en un bloque único de material semiconductor, por ejemplo de silicio. El elemento que debe ser accionado 10 puede estar formado asimismo en el mismo bloque o ser aplicado y estar dispuesto frente al dispositivo de accionamiento 20. El bloque forma así un sustrato sobre el cual están dispuestos los elementos grabados.

30 En la continuación de la descripción, la expresión "fijo" califica cualquier elemento encastrado en el sustrato y la expresión "móvil" califica cualquier elemento mantenido a algunas micras de altitud del sustrato, por medio de suspensiones elásticas encastradas asimismo en el sustrato.

El elemento que debe ser accionado 10 comprende una rueda dentada móvil en rotación.

35 La expresión "radial" califica cualquier elemento que se extiende según una dirección radial con respecto a la rueda y la expresión "tangencial" califica cualquier elemento que se extiende según una dirección tangencial con respecto a la rueda, siendo las direcciones radial y tangencial consideradas en el punto de la rueda donde el dispositivo de accionamiento pasa a acoplarse con la rueda.

40 El dispositivo de accionamiento 20 comprende un elemento accionador 202 apto para generar un movimiento alternativo en una dirección general tangencial, una lámina tangencial flexible 212, y un elemento de accionamiento 250 destinado a pasar a acoplarse con la rueda dentada 10. El elemento de accionamiento 250 está unido al elemento accionador 202 por medio de la lámina flexible tangencial 212. El elemento de accionamiento 250 presenta la forma de un diente destinado a ser acoplado entre dos dientes sucesivos de la rueda dentada.

45 El dispositivo de indexación 50 comprende una lámina flexible tangencial 511 y un elemento de indexación 550 destinado a pasar a acoplarse con la rueda dentada 10. El elemento de indexación 550 está unido al sustrato por medio de una lámina flexible tangencial 511. El elemento de indexación 550 presenta la forma de un diente destinado a ser acoplado entre dos dientes sucesivos de la rueda dentada.

50 Como se puede observar en la figura 2, el elemento accionador 202 es un elemento accionador electrostático que presenta una estructura de peines (conocidos por la apelación anglosajona de "*comb drive*"). Este tipo de estructura comprende unos pares de peines interdigitados.

55 El módulo accionador 202 está formado por una parte fija 222 y por una parte móvil 232 a la que está unida la lámina tangencial 212.

60 La parte fija 222 comprende un electrodo tangencial 224 a partir del cual se extiende según una dirección radial un conjunto de peines fijos paralelos 226. Cada peine está formado por una lámina principal y una serie de dedos o pestañas paralelas conectados a la lámina principal y que se extienden perpendicularmente a ésta.

La parte móvil 232 comprende un marco móvil 234 que incluye dos láminas flexibles 233 y 235 conectadas al sustrato por unos bloques de encastrado 238, 240. Las láminas flexibles 233 y 235 forman unas suspensiones elásticas que permiten una movilidad del marco 234 con respecto al sustrato.

65 La parte móvil 232 comprende un conjunto de peines 236 que se extienden a partir del marco móvil 234 en una

dirección general radial. Cada peine está formado por una lámina principal y por una serie de dedos paralelos o pestañas paralelas conectados a la lámina principal y que se extienden perpendicularmente a esta.

5 Los peines 226 de la parte fija 222 y los peines 236 de la parte móvil 232 están dispuestos paralelamente unos a los otros e intercalados unos con los otros. Además, cada peine móvil 236 está dispuesto frente a un peine fijo 226 de manera que los dedos se intercalen unos entre los otros, formando así un par de peines interdigitados.

10 Los dedos intercalados de los peines interdigitados se parecen a unos condensadores planos de los cuales una de las armaduras está unida al electrodo 224 y la otra armadura está unida a la masa a través de las conexiones de encastrado 238, 240.

15 Cuando se aplica una tensión al electrodo 224, esta tensión crea una diferencia de potenciales entre la parte fija 222 y la parte móvil 232 del elemento accionador 202. Se establece un campo eléctrico entre las armaduras de los condensadores formados por los dedos de los peines fijos 226 y los dedos de los peines móviles 236. Este campo eléctrico genera una fuerza electrostática que tiende a atraer los peines móviles 236 hacia los peines fijos 226 en la dirección de los dedos. Esta fuerza electrostática provoca el desplazamiento del marco 234 en la dirección tangencial y por consiguiente, la traslación del diente de accionamiento 250 por la acción de la lámina 212 en una dirección tangencial con respecto a la rueda 10 en un primer sentido (flecha a).

20 El módulo accionador 202 comprende asimismo un tope mecánico fijo 241. El tope mecánico 241 limita la deformación de la parte móvil 232 del elemento accionador 202 y por consiguiente, la carrera del elemento de accionamiento 250.

25 Cuando se anula la tensión aplicada al electrodo 224, el marco 234 vuelve a la posición de reposo mediante la restitución de la energía elástica almacenada en las láminas flexibles 233, 235. Esta fase de retorno elástico tiene por efecto provocar la traslación del diente 250 en una dirección tangencial con respecto a la rueda 10 en un segundo sentido (flecha b), opuesto al primer sentido.

30 Dicho de otra manera, en un primer sentido (flecha a), el movimiento del elemento accionador 202 es generado por las fuerzas electrostáticas generadas entre los peines fijo 226 y móvil 236, mientras que en un segundo sentido (flecha b), el movimiento del elemento accionador 202 es generado por las fuerzas de retorno elásticas debidas a la energía almacenada por las láminas flexibles 233, 235 del marco 234.

35 Cuando se aplica así una señal V_t alternativa al electrodo de direccionamiento 224 del elemento accionador 202, el elemento accionador genera un movimiento alternativo en una dirección tangencial con respecto a la rueda 10.

El tope 241 está dispuesto de manera que el elemento de accionamiento 250 sea desplazado para accionar la rueda 10 en un paso cuando tiene lugar una alternancia (flecha a).

40 Se describirá ahora el procedimiento de funcionamiento del dispositivo.

45 La figura 3 representa esquemáticamente las posiciones relativas del elemento de accionamiento 250, del elemento de indexación 550 y de la rueda 10 durante el desplazamiento de la rueda cuando el elemento accionador genera un movimiento alternativo. El movimiento generado por el accionador se compone de una primera alternancia, durante la cual el elemento de accionamiento 250 es desplazado en el sentido a, y de una segunda alternancia, durante la cual el elemento de accionamiento 250 es desplazado en el sentido b, opuesto al sentido a.

50 En la figura 3, la rueda 10 presenta en su circunferencia unos dientes sucesivos referenciados respectivamente 1, 2, 3 y 4. Los dientes 1, 2, 3 y 4 de la rueda 10 son asimétricos. La configuración representada en la figura 3 privilegia el accionamiento de la rueda 10 en el sentido de las agujas del reloj.

55 Inicialmente (en A), el elemento de indexación 550 está acoplado entre dos dientes 2 y 3 de la rueda 10. El elemento de accionamiento 250 está acoplado entre dos dientes 3 y 4 de la rueda 10.

Durante la primera alternancia (alternancia activa durante la cual el movimiento del elemento de accionamiento 250 es generado por las fuerzas electrostáticas), el dispositivo funciona según las etapas siguientes:

60 Según una primera etapa (B), el elemento de accionamiento 250 es accionado en traslación por el elemento accionador en una dirección tangencial con respecto a la rueda 10 (flecha a). El elemento de accionamiento 250 entra en contacto con el diente 4.

65 Según una segunda etapa (C), el elemento de accionamiento 250 tira de la rueda 10 de manera que la rueda 10 sea desplazada en rotación en el sentido de las agujas del reloj. La rotación de la rueda 10 tiene por efecto que el elemento de indexación 550 entre en contacto con el diente 2 de la rueda 10.

Según una tercera etapa (D), la rotación de la rueda 10 tiene por efecto que el elemento de indexación 550 se deslice sobre el diente 2 de la rueda 10. Esto es posible debido a que la lámina 511 es flexible y permite un movimiento del elemento de indexación 550 en una dirección radial con respecto a la rueda 10.

5 Según una cuarta etapa (E), el elemento de indexación 550 franquea el diente 2. Debido a su elasticidad, la lámina 511 devuelve el elemento de indexación hacia la rueda 10 de manera que el elemento de indexación 550 se encuentre ahora acoplado entre los dientes 1 y 2. El diente de accionamiento 250 se encuentra en final de carrera.

10 Durante la segunda alternancia (alternancia pasiva durante la cual el movimiento del elemento de accionamiento 250 es generado por las fuerzas de retorno elásticas debido a la energía almacenada en las láminas elásticas 233, 235), el dispositivo funciona según las etapas siguientes:

15 Según una quinta etapa (F), el elemento de accionamiento 250 es accionado en traslación por el elemento accionador en una dirección tangencial con respecto a la rueda 10 (flecha b). El elemento de accionamiento 250 entra en contacto con el diente 3.

20 Según una sexta etapa (G), el elemento de accionamiento 250 tira de la rueda 10 de manera que la rueda 10 sea desplazada en sentido contrario a las agujas del reloj. La rotación de la rueda 10 tiene por efecto que el elemento de indexación 550 entre en contacto con el diente 2 de la rueda 10.

Según una séptima etapa (H), el elemento de indexación 550 bloquea la rotación de la rueda 10. El bloqueo de la rueda 10 tiene por efecto que el elemento de accionamiento 250 se deslice sobre el diente 3.

25 Según una octava etapa (I), el elemento de accionamiento 250 franquea el diente 3. Debido a su elasticidad, la lámina 212 devuelve el elemento de accionamiento 250 hacia la rueda 10 de manera que el elemento de accionamiento 250 se encuentre ahora acoplado entre los dientes 2 y 3.

Según una novena etapa (J), el elemento de accionamiento 250 ha vuelto a la posición inicial de reposo (en A).

30 Desde la primera hasta la novena etapa, la rueda 10 ha sido accionada en rotación en el sentido de las agujas del reloj y ha sido desplazada en un ángulo que corresponde a un diente de la rueda.

35 Así, las etapas anteriores se repiten y el elemento de accionamiento 250 desplaza la rueda 10 según un movimiento paso a paso, correspondiendo cada paso a un diente de la rueda.

El dispositivo de indexación 50 bloquea la rueda en rotación cuando el elemento de accionamiento 250 vuelve a la posición de reposo. El dispositivo de indexación constituye un trinquete que permite la rotación de la rueda en un único sentido.

40 La figura 4 representa esquemáticamente la forma de un diente 1 de la rueda 10 y la forma del diente de accionamiento 250.

45 Como se puede apreciar en esta figura, el diente 1 de la rueda 10 comprende una cara de accionamiento 11 con la que el diente de accionamiento 250 entra en contacto para tirar de la rueda 10 durante la primera alternancia (a) y una cara de guiado 12 sobre la cual se desliza el diente de accionamiento 250 durante la segunda alternancia (b) del ciclo de accionamiento.

50 La cara de accionamiento 11 está orientada de manera que forme un ángulo de despulla D1 con respecto a la dirección radial de la rueda 10, estando el ángulo de despulla D1 comprendido preferentemente entre 5 y 15 grados aproximadamente.

55 La cara de guiado 12 del diente 1 está orientada de manera que forme un ángulo α tan pequeño como sea posible con respecto a la dirección tangencial de la rueda. El ángulo α está comprendido preferentemente entre 20 y 60 grados aproximadamente.

60 El diente de accionamiento 250 comprende una cara de accionamiento 251 destinada a entrar en contacto con la rueda 10 para tirar de la rueda 10 durante la primera alternancia (a), una cara de guiado 252 destinada a deslizar sobre la rueda 10 durante la segunda alternancia (b) y una cara de apoyo 253 destinada a pasar a apoyarse sobre la rueda 10 para limitar el acoplamiento del diente de accionamiento 250 entre los dientes de la rueda 10.

La cara de accionamiento 251 está orientada de manera que forme un ángulo nulo con respecto a la dirección radial de la rueda 10.

65 La cara de guiado 252 está orientada de manera que forme un ángulo D2 con respecto a la dirección tangencial de la rueda 10, estando el ángulo D2 comprendido preferentemente entre 0 y 30 grados aproximadamente.

La cara de rodamiento 253 está orientada de manera que forme un ángulo nulo con respecto a la dirección tangencial de la rueda 10. La cara de apoyo 253 y la cara de guiado 251 forman así un hombro que limita el acoplamiento del diente de accionamiento 250 entre los dientes de la rueda 10.

5 Las caras de accionamiento 11 y 251 no son paralelas entre sí, sino que forman un ángulo D1. Esta característica tiene por efecto limitar la superficie de contacto entre las caras de accionamiento 11 y 251 que podría conducir a una adhesión irreversible entre el diente de accionamiento 250 y el diente 1 de la rueda 10 cuando el diente de accionamiento 250 tira de la rueda 10.

10 Asimismo, las caras de guiado 12 y 252 no son paralelas entre sí, sino que forman un ángulo. Esta característica tiene por efecto limitar la superficie de contacto entre las caras de guiado 12 y 252 que podría conducir a una adhesión irreversible entre el diente de accionamiento 250 y el diente 1 de la rueda 10 cuando el diente de accionamiento 250 se desliza sobre la rueda 10. Las caras de guiado 12 y 252 están así en contacto a nivel de un punto 254 de la cara de guiado 252 del elemento de accionamiento 250.

15 Por otro lado, el hombro formado por la cara de apoyo 253 y la cara de guiado 251 del diente de accionamiento 250 evita que el diente de accionamiento 250 se encuentre bloqueado entre los dientes de la rueda 10. En efecto, la penetración del diente de accionamiento 250 en el fondo del dentado de la rueda 10 podría conducir eventualmente a un bloqueo irreversible del dispositivo de accionamiento.

20 La figura 5 representa esquemáticamente la disposición del elemento de accionamiento 250 y del elemento de indexación 550 en posición de reposo (es decir cuando el elemento accionador 202 no está alimentado).

El elemento de accionamiento 250 y el elemento de indexación 550 presentan unas formas similares.

25 El elemento de indexación 550 comprende una cara de bloqueo 551 destinada a entrar en contacto con la rueda 10 para bloquear la rueda 10 durante la segunda alternancia (b), una cara de guiado 552 destinada a deslizarse sobre la rueda 10 durante la primera alternancia (a) y una cara de apoyo 553 destinada a pasar a apoyarse sobre la rueda 10 para limitar el acoplamiento del diente de indexación 550 entre los dientes de la rueda 10.

30 Se considera que el elemento accionador 202 genera un movimiento alternativo cuya amplitud es Δ . Dicho de otra manera, Δ es la carrera del elemento accionador.

35 Para que el elemento de accionamiento 250 franquee un diente de la rueda 10 durante la segunda alternancia (alternancia b), es preciso que la deformación elástica residual del elemento accionador 202 sea suficiente para permitir el deslizamiento del elemento de accionamiento 250 sobre la rueda 10 cuando el elemento de accionamiento 250 se encuentra en el pico del diente que debe ser franqueado (como se ilustra en la figura 3, en la configuración I).

40 Cuando el elemento de accionamiento 250 se encuentra en el pico del diente que debe ser franqueado, la deformación elástica residual se define geométricamente de la siguiente manera:

$$\Delta_{residual} = p - e - d_2 + k \cdot p \quad [1]$$

45 en la que:

$\Delta_{residual}$ es la deformación elástica residual del elemento accionador,

50 p es el paso de la rueda 10,

e es la distancia entre el punto de contacto 254 de la cara de guiado 252 y la cara de accionamiento 251 del elemento de accionamiento 250,

d_2 es la distancia entre el punto de contacto 254 y la cara de bloqueo 551 del elemento de indexación 550,

55 y k es un número entero positivo.

El funcionamiento del dispositivo impone que la deformación elástica residual definida por la relación [1] sea positiva y que en la disposición relativa del elemento de accionamiento 250 y del elemento de indexación 550 ilustrada en la figura 5, la distancia d_2 sea positiva. Dicho de otra manera, la distancia d_2 debe ser generalmente superior a un múltiplo k del paso de rueda 10 si $k+1$ dientes de la rueda 10 están intercalados entre el elemento de accionamiento 250 y el elemento de indexación 550. Es decir:

$$\begin{cases} p - e - d_2 + k \cdot p > 0 \\ d_2 > k \cdot p \end{cases} \quad [2]$$

de donde:

$$k \cdot p < d_2 < p - e + k \cdot p \quad [3]$$

Si se elige por ejemplo $k=0$ (como se representa en la figura 5), se obtiene:

$$0 < d_2 < p - e \quad [4]$$

Por ejemplo, si se consideran los siguientes parámetros:

$$\begin{aligned} p &= 15 \mu\text{m} \\ e &= 5 \mu\text{m} \end{aligned}$$

se debe obtener:

$$0 < d_2 < 10 \mu\text{m} \quad [5]$$

Si se elige $k=1$, se debe obtener:

$$15 \mu\text{m} < d_2 < 25 \mu\text{m} \quad [6]$$

Si se elige $k=2$, se debe obtener:

$$30 \mu\text{m} < d_2 < 40 \mu\text{m} \quad [7]$$

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo MEMS que comprende un elemento que debe ser accionado (10), un elemento de accionamiento (250) destinado a pasar a acoplarse con el elemento que debe ser accionado (10) y un elemento accionador (202) apto para generar un movimiento alternativo para desplazar el elemento de accionamiento (250), estando el elemento de accionamiento (250) y el elemento accionador (202) formados por grabado en un bloque de material semiconductor, presentando el elemento de accionamiento (250):
 - una cara de accionamiento (251) apropiada para entrar en contacto con el elemento que debe ser accionado (10) para tirar del elemento que debe ser accionado (10) durante una primera alternancia (a) del movimiento generado por el elemento accionador (202), y
 - una cara de guiado (252) apropiada para deslizarse sobre el elemento que debe ser accionado (10) durante una segunda alternancia (b) en sentido opuesto al movimiento generado por el elemento accionador (202), de manera que el elemento que debe ser accionado (10) pueda ser desplazado según un movimiento paso a paso por el elemento de accionamiento (250),caracterizado por que el elemento de accionamiento (250) presenta una cara de apoyo (253) que forma un hombro con la cara de accionamiento (251) y es apropiada para limitar el acoplamiento del elemento de accionamiento (250) con el elemento que debe ser accionado (10) durante la primera alternancia (a).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el elemento que debe ser accionado (10) es un elemento dentado.
3. Dispositivo según la reivindicación 2, en el que los dientes (1, 2, 3, 4) del elemento que debe ser accionado (10) son asimétricos.
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 o 3, en el que cada diente (1, 2, 3, 4) del elemento que debe ser accionado (10) presenta una cara de accionamiento (11) con la cual entra en contacto el elemento de accionamiento (250) para tirar del elemento que debe ser accionado (10) durante una primera alternancia (a) y una cara de guiado (12) sobre la cual se desliza el elemento de accionamiento (250) durante una segunda alternancia (b).
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 4, estando el dispositivo dispuesto de manera que:
 - durante la primera alternancia (a), el elemento de accionamiento (250) esté acoplado entre dos dientes (3, 4) del elemento que debe ser accionado (10),
 - durante la segunda alternancia (b), el elemento de accionamiento (250) franquee uno de los dos dientes (3) y pase a acoplarse entre otros dos dientes (2, 3) adyacentes del elemento que debe ser accionado (10).
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de accionamiento (202) comprende por lo menos una lámina flexible (233, 235) dispuesta de manera que durante la primera alternancia (a) el elemento de accionamiento (250) se desplace en un primer sentido, lo cual provoca la deformación de la lámina flexible (233, 235), y durante la segunda alternancia (b), el elemento de accionamiento se desplace en un segundo sentido, opuesto al primer sentido, por retorno elástico de la lámina flexible (233, 235).
7. Dispositivo según las reivindicaciones 5 y 6 en combinación, en el que el elemento de accionamiento (250) franquea uno de los dos dientes (3) por restitución de energía elástica residual almacenada en la lámina flexible (233, 235).
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende un trinquete antirretorno (50) apto para bloquear el elemento que debe ser accionado (10) durante la segunda alternancia (b).
9. Dispositivo según la reivindicación 8, en el que el trinquete antirretorno (50) comprende un elemento de indexación (550) apto para:
 - durante la primera alternancia (a) del movimiento generado por el elemento accionador (202), deslizarse sobre el elemento que debe ser accionado (10),
 - durante la segunda alternancia (b), pasar a acoplarse con el elemento que debe ser accionado (10) para bloquear el elemento que debe ser accionado (10).
10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 o 9, en el que el trinquete (50) presenta una cara de guiado (552) destinada a deslizarse sobre el elemento que debe ser accionado (10) durante la primera alternancia (a) y una cara de bloqueo (551) sobre la cual entra en contacto el elemento que debe ser accionado (10) para bloquear

el elemento que debe ser accionado (10) durante la segunda alternancia (b).

11. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento que debe ser accionado (10) es un elemento dentado que presenta un paso, el elemento de accionamiento (250) comprende una cara de guiado (252) destinada a entrar en contacto con el elemento que debe ser accionado (10) a nivel de un punto de contacto (254) en el deslizamiento del elemento de accionamiento (250) sobre el elemento que debe ser accionado (10),

y en el que en reposo:

$$\begin{cases} d_2 < p - e + k \cdot p \\ d_2 > k \cdot p \end{cases}$$

en la que:

p es el paso del elemento que debe ser accionado (10),

e es la distancia entre el punto de contacto (254) de la cara de guiado (252) y la cara de accionamiento (251) del elemento de accionamiento (250),

d_2 es la distancia entre el punto de contacto (254) de la cara de guiado (252) del elemento de accionamiento (250) y la cara de bloqueo (551) del trinquete (50),

y k es un número entero positivo.

12. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende unos medios de pretensado elástico (212) para mantener el elemento de accionamiento (250) contra el elemento que debe ser accionado (10).

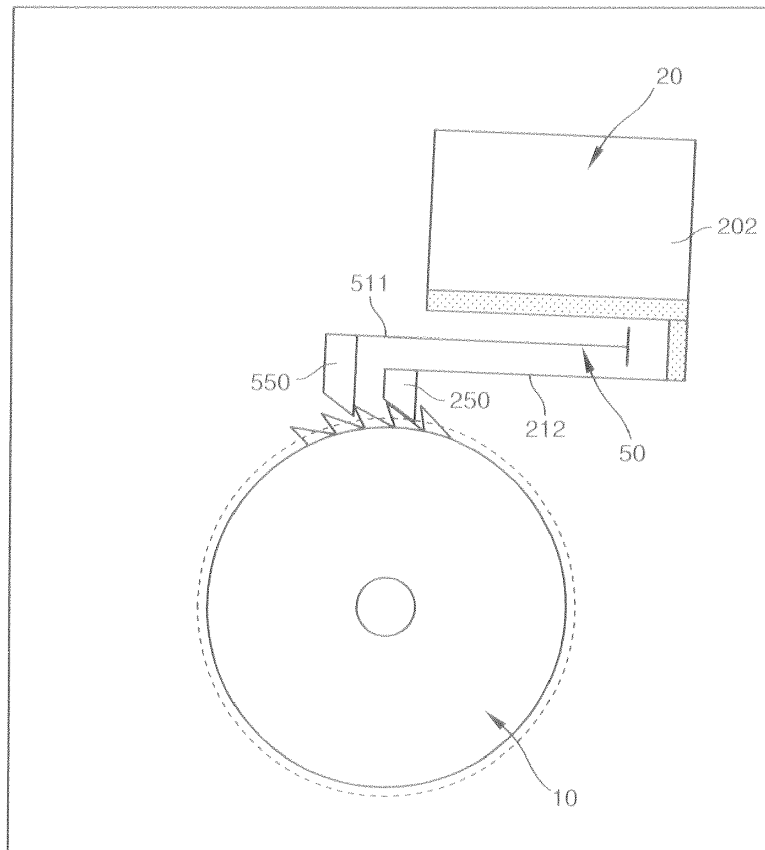
13. Procedimiento de funcionamiento de un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende un elemento que debe ser accionado (10), un elemento de accionamiento (250) y un elemento accionador (202), estando el elemento de accionamiento (250) y el elemento accionador (202) formados por grabado en un bloque de material semiconductor, comprendiendo el procedimiento las etapas según las cuales:

- se ordena al elemento accionador (202) que genere un movimiento alternativo para desplazar el elemento de accionamiento (250),
- durante una primera alternancia (a) del movimiento generado por el elemento accionador (202), el elemento de accionamiento (250) pasa a acoplarse con el elemento que debe ser accionado (10) para tirar del elemento que debe ser accionado (10) a través de una cara de accionamiento (251) que entra en contacto con el elemento que debe ser accionado (10),
- durante una segunda alternancia (b) en sentido opuesto generada por el elemento accionador (202), el elemento de accionamiento (250) se desliza sobre el elemento que debe ser accionado (10),

de manera que el elemento que debe ser accionado (10) sea desplazado según un movimiento paso a paso por el elemento de accionamiento (202), y en el que:

durante la primera alternancia (a), el acoplamiento del elemento de accionamiento (250) con el elemento que debe ser accionado (10) está limitado por una cara de apoyo (253) del elemento de accionamiento (250), formando la cara de apoyo (253) un hombro con la cara de accionamiento (251).

FIG. 1



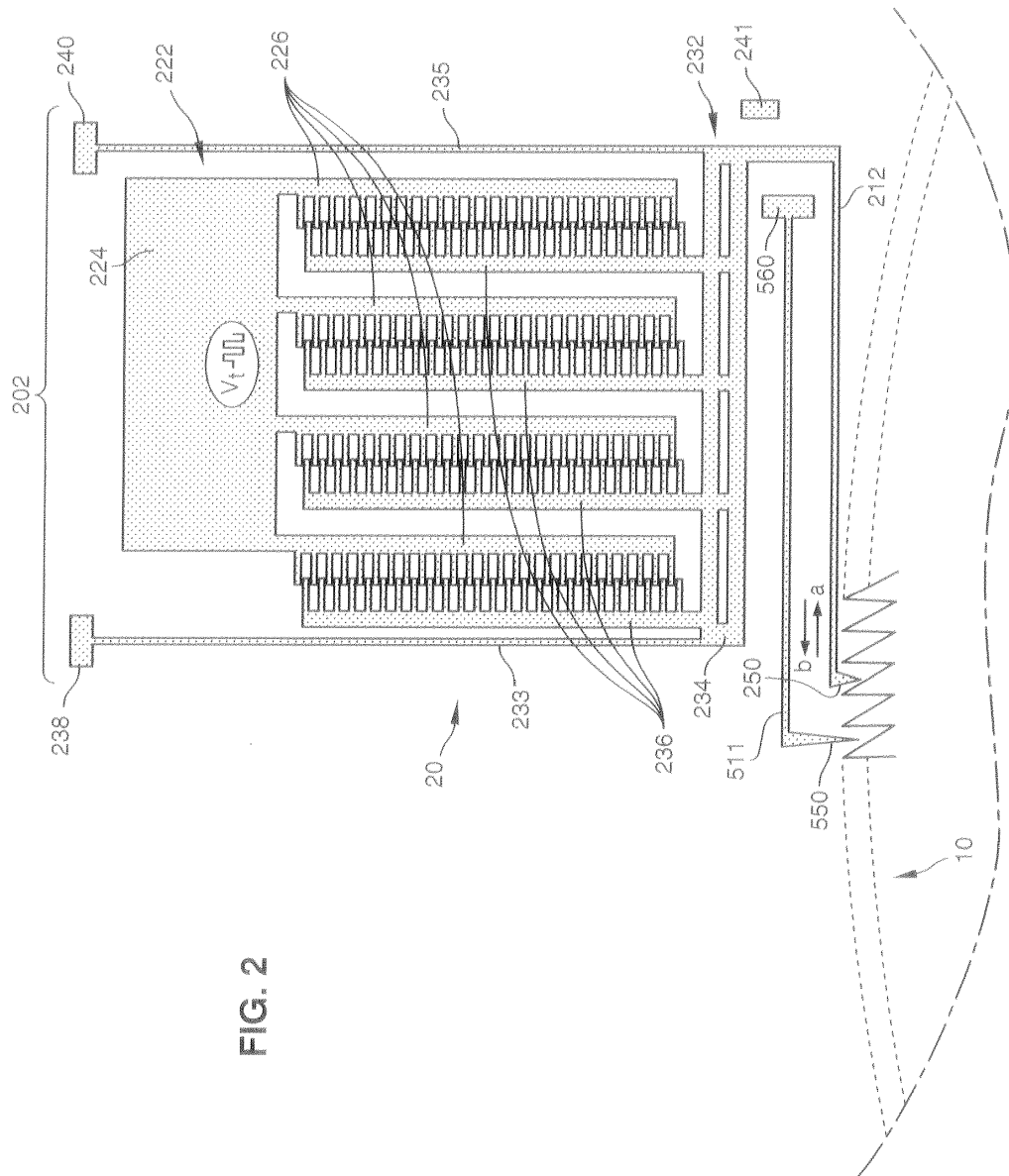


FIG. 3

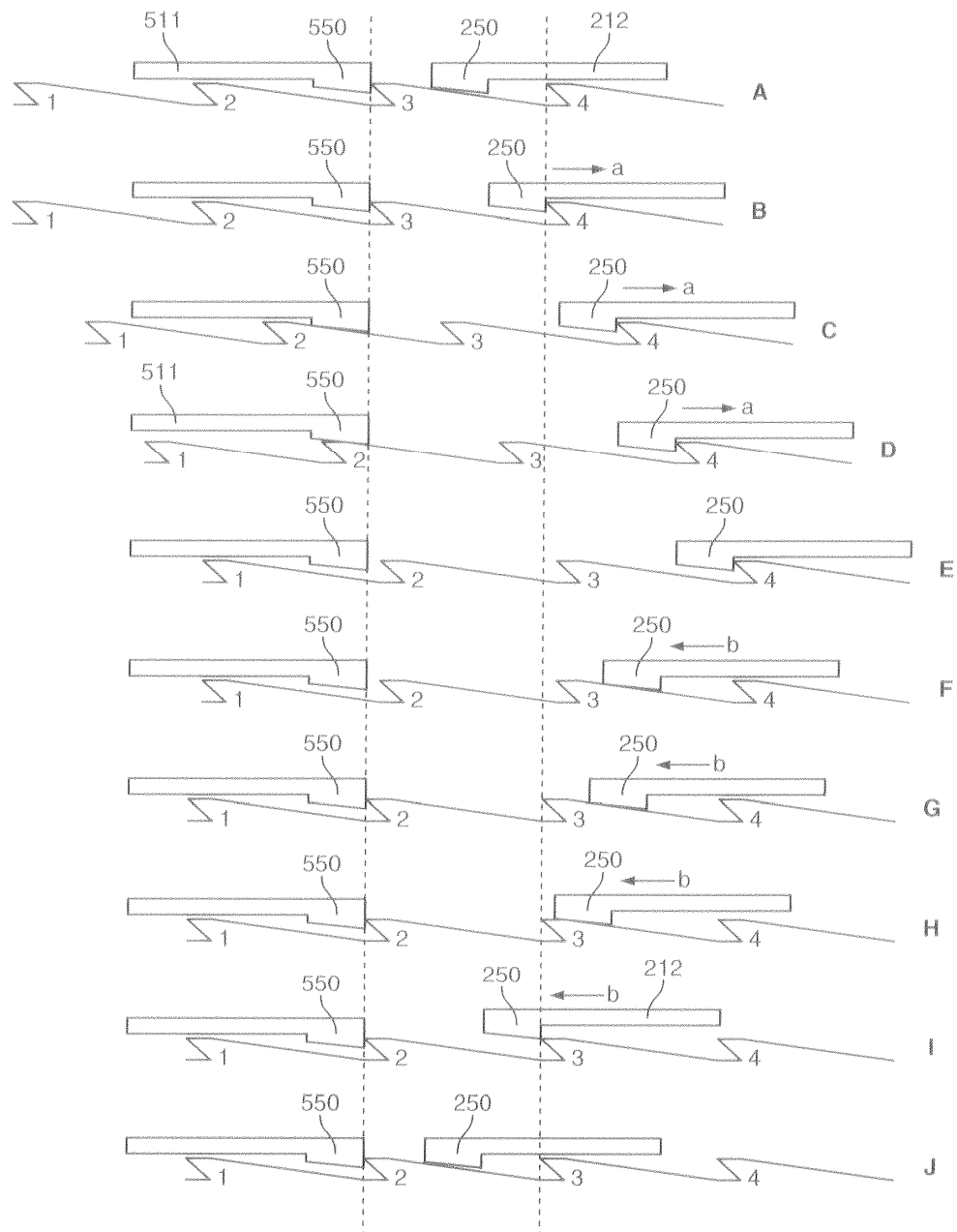


FIG. 4

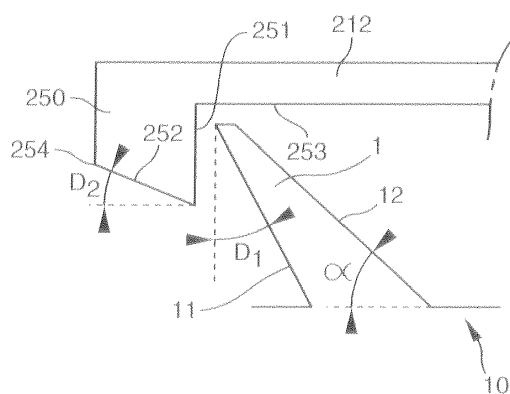


FIG. 5

