

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 449**

51 Int. Cl.:

**C25D 1/00** (2006.01)

**C25D 7/12** (2006.01)

**C25D 17/06** (2006.01)

**H01L 21/687** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.07.2011 PCT/EP2011/061993**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.01.2012 WO12007523**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2011 E 11745503 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017 EP 2593585**

54 Título: **Nivelación de un electrodo maestro y un sustrato en ECPR y un mandril adaptado para el mismo**

30 Prioridad:

**16.07.2010 US 364989 P**  
**15.07.2010 SE 1050799**

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

**18.01.2018**

73 Titular/es:

**LUXEMBOURG INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (LIST) (100.0%)**  
**5, avenue des Hauts-Fourneaux**  
**4362 Esch-sur-Alzette, LU**

72 Inventor/es:

**UTTERBÄCK, TOMAS;**  
**SVENSSON, STEFAN;**  
**LINDGREN, LENNART;**  
**MÖLLER, PATRIK;**  
**CHAUVET, JEAN-MICHEL;**  
**SANTOS, ANTONIO y**  
**CAVAZZA, GILBERT**

74 Agente/Representante:

**ÁLVAREZ LÓPEZ, Sonia**

ES 2 650 449 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

Nivelación de un electrodo maestro y un sustrato en ECPR y un mandril adaptado para el mismo.

## 5 CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere en general al campo de la replicación electroquímica de patrones. Más concretamente, la invención se refiere a un procedimiento para nivelar un electrodo maestro y un sustrato en ECPR, y a un mandril adaptado para el mismo.

10

## ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

La electrodeposición/grabado electrolítico se utiliza en microelectrónica para una gran variedad de aplicaciones, tales como interconexiones, componentes, guías de onda, bobinas, placas de contacto, etc.

15

Dentro del campo de la microelectrónica, el proceso de electrodeposición/grabado electrolítico resulta adecuado para aplicaciones en las que se producen micro- y nanoestructuras en una sola capa o en múltiples capas, la fabricación de placas de circuitos impresos (PCI), sistemas microelectromecánicos (SMEM), interconexiones de circuitos integrados (CI), interconexiones sobre CI, sensores, pantallas planas, dispositivos de almacenamiento magnético y óptico, células solares y otros dispositivos electrónicos. También se puede utilizar para diferentes tipos de estructuras en polímeros conductores, estructuras en semiconductores, estructuras en metales, y otras. Se puede aplicar incluso a estructuras tridimensionales en silicio, por ejemplo mediante la formación de silicio poroso.

20

También se pueden utilizar procesos de deposición química de vapor y deposición física de vapor para la metalización, pero a menudo se prefiere el proceso de electrodeposición/grabado electrolítico, ya que, por lo general, es menos caro que otros procesos de metalización y se puede llevar a cabo a temperaturas ambiente y a presiones ambiente.

25

El proceso de electrodeposición/grabado electrolítico de una pieza de trabajo se lleva a cabo en un reactor que contiene un electrolito. Un ánodo, que porta el metal que se va a depositar, está conectado a una tensión positiva. En algunos casos, el ánodo es inerte y el metal que se va a depositar procede de los iones del electrolito. La conductividad de la pieza de trabajo, tal como un sustrato semiconductor, es, por lo general, demasiado baja como para permitir que las estructuras que se van a galvanizar estén conectadas a través del sustrato con los contactos de la cara posterior. Por lo tanto, las estructuras que se van a galvanizar tienen que estar provistas en primer lugar de una capa conductora, tal como una capa de sembrado. Unos cables conectan el patrón con unas patillas de contacto situadas en la cara anterior. A su vez, las patillas de contacto están conectadas a una tensión negativa. La etapa de electrodeposición consiste en un proceso electrolítico en el que el metal se transfiere del ánodo, o de los iones del electrolito, al patrón conductor (cátodo) mediante el electrolito y el campo eléctrico aplicado entre el ánodo y la capa conductora que recubre la pieza de trabajo, que forma el cátodo.

30

35

La creciente demanda de sistemas microelectrónicos y microelectromecánicos más pequeños, más rápidos y menos caros requiere el correspondiente desarrollo de técnicas de fabricación eficientes y adecuadas, lo que ha dado lugar al desarrollo de la replicación electroquímica de patrones (ECPR, por sus siglas en inglés).

40

En el proceso de deposición/grabado ECPR, se forman unas celdas o cavidades entre un electrodo maestro y el sustrato, y dichas cavidades están definidas por una superficie conductora en el electrodo maestro, un material aislante, que define el patrón que se va a depositar/grabar, y la superficie conductora del sustrato. Durante la deposición, se ha preparado un material anódico predepositado, normalmente a través de una deposición electroquímica, en las cavidades. El electrodo maestro y el sustrato se ponen en estrecho contacto entre sí en presencia de un electrolito, adecuado para el fin previsto, de manera que el electrolito queda "atrapado" en las cavidades de deposición/grabado ECPR. En el documento WO 02/103085, a nombre los presentes inventores, se describe un sistema de este tipo.

50

En el documento de patente publicado JP 59 088831 A, se describe un mandril que resulta adecuado para sujetar un sustrato o electrodo maestro en un proceso de ECPR, contando dicho mandril con un extremo proximal y un extremo distal, comprendiendo dicho mandril una superficie de interacción para sujetar el sustrato o electrodo maestro situado en un primer plano; unos medios de sujeción para sujetar el sustrato o electrodo maestro a dicha superficie de interacción; unos dientes que están dispuestos lateral y circunferencialmente con respecto a dicha superficie de interacción y que se extienden distalmente, y los puntos de extremos distales de dichos dientes de nivelación definen un segundo plano; en el que dicho segundo plano es paralelo al primer plano y está situado distalmente con

55

60

respecto al primer plano.

Debido a la estrecha interacción entre el electrodo maestro y el sustrato durante la ECPR, surge la necesidad de alinear/nivelar el electrodo maestro y el sustrato antes de llevar a cabo el transporte de material desde uno hacia el otro, con el fin de garantizar que las superficies de interacción del electrodo maestro y el sustrato se pongan en contacto de forma sustancialmente plena. En caso contrario, el efecto de cola (deposición bajo el material aislante en el electrodo maestro) en el caso de la deposición ECPR; o el grabado lateral del sustrato bajo el material aislante en el electrodo maestro en el caso del grabado ECPR se convierten en un problema en zonas en las que las superficies de interacción del electrodo maestro y el sustrato han estado en una posición demasiado proximal durante la impresión, por lo que se obtienen resultados inferiores

#### RESUMEN DE LA INVENCION

Por consiguiente, la presente invención pretende, preferentemente, mitigar, atenuar o eliminar uno o más de los defectos identificados anteriormente y desventajas de manera individual o en cualquier combinación. Al menos estos problemas se resuelven mediante un mandril para sujetar un sustrato o electrodo maestro en un proceso de ECPR, contando dicho mandril con un extremo proximal y un extremo distal, y comprendiendo dicho mandril una superficie de interacción para sujetar el sustrato o electrodo maestro situado en un primer plano; unos medios de sujeción para sujetar el sustrato o electrodo maestro a dicha superficie de interacción; unos dientes niveladores que están dispuestos lateral y circunferencialmente con respecto a dicha superficie de interacción y que se extienden distalmente más allá de la superficie de interacción, con los puntos de los extremos distales de dichos dientes de nivelación definiendo un segundo plano; en el que dicho segundo plano es paralelo al primer plano y está situado distalmente con respecto al primer plano; y un conjunto de mandril, que comprende un mandril según se describe anteriormente y un mandril opuesto, comprendiendo dicho mandril opuesto una superficie de interacción para sujetar el sustrato o electrodo maestro situado en un tercer plano; unos medios de sujeción para sujetar el sustrato o electrodo maestro a dicha superficie de interacción, correspondiendo dicha zona de nivelación, en su posición lateral, a la posición lateral de los dientes niveladores, siendo paralelas dicha zona de nivelación y dicha superficie de interacción; y un procedimiento para nivelar un conjunto de mandril tal como se describe anteriormente, que comprende el aflojamiento del mandril que se describe anteriormente, la puesta en contacto del mandril que se describe anteriormente y el mandril opuesto, de manera que los dientes niveladores se apoyen sobre la zona de nivelación, la fijación del mandril que se describe anteriormente, de manera que el plano de la superficie de interacción del mandril que se describe anteriormente queda fijado para que sea paralelo al plano de la superficie de interacción.

Las reivindicaciones dependientes adjuntas pondrán de manifiesto otras realizaciones ventajosas.

#### BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Estos y otros aspectos, características y ventajas que la invención es capaz de ofrecer se pondrán de manifiesto y se aclararán mediante la siguiente descripción de realizaciones de la presente invención, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la fig. 1 es una vista esquemática de una disposición de ECPR;
- la fig. 2 es una vista lateral de un mandril de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la fig. 3 es una vista lateral de un mandril de acuerdo con una realización de la presente invención, apoyado sobre un mandril inferior;
- la fig. 4 es una vista en perspectiva de un mandril de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la fig. 5 es una vista en sección transversal de un mandril de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la fig. 6 es una vista en sección transversal de una parte lateral de un mandril de acuerdo con una realización de la presente invención;

#### DESCRIPCION DE REALIZACIONES

La siguiente descripción se centra en realizaciones de la presente invención aplicables a un procedimiento para nivelar un electrodo maestro y un sustrato durante la ECPR. No obstante, se observará que la invención no se limita a esta aplicación, sino que se puede aplicar a muchos otros procesos de replicación, formación de patrones o adhesión dentro del campo de la microelectrónica y/o micromecánica en los que la nivelación de dos superficies resulta beneficiosa, incluida, por ejemplo, la adhesión de obleas, diversos procesos litográficos, procesos de grabado en seco o húmedo, etc.

En la fig. 1 se describe una vista esquemática de una configuración de ECPR. Un mandril inferior y otro superior 101, 102 portan un electrodo maestro 103 y un sustrato 104, respectivamente. El electrodo maestro 103 comprende un disco conductor, al menos una capa aislante dispuesta sobre el disco conductor, unas cavidades en la capa aislante y/o en el disco conductor, una capa de electrodo sustancialmente inerte dispuesta sobre el fondo de dichas cavidades en el disco conductor y puede comprender un material anódico (como el cobre), soluble en un proceso electroquímico, dispuesto en dichas cavidades en la capa del electrodo. Se proporciona un electrolito entre el electrodo maestro 103 y el sustrato 104, de manera que se creen celdas electroquímicas entre ambos, definidas por el material aislante (al que se ha aplicado un patrón) (que no se muestra), la capa del electrodo (que no se muestra) o material anódico relleno previamente (que no se muestra) en el electrodo maestro 103 y el sustrato. Debido al hecho de que el electrodo maestro 103 y el sustrato 104 se pondrán en estrecho contacto, de manera que el material aislante del electrodo maestro 103 cierre las celdas electroquímicas en todas las posiciones de la interacción, es importante que el electrodo maestro 103 y el sustrato 104, y por tanto los mandriles inferior y superior 101, 102, estén alineados/nivelados en el plano horizontal de manera predecible.

En la fig. 2 se describe un mandril superior 200 según una realización de la presente invención. Por motivos prácticos, a continuación se describirán únicamente realizaciones relativas al mandril superior, aunque se pueden aplicar las mismas disposiciones igualmente para el mandril inferior. El mandril superior 200 cuenta con un extremo proximal y un extremo distal. El mandril superior 200 cuelga de un cojinete semiesférico. En el extremo proximal, el mandril superior 200 puede comprender una cabeza semiesférica 201. La cabeza semiesférica 201 está situada en una cavidad 202 de una pieza de cámara superior 203. La pieza de cámara superior 203 comprende una superficie semiesférica cóncava central 204, con un radio correspondiente al radio de la cabeza semiesférica 201, de manera que la cabeza semiesférica 201 puede rotar en dicha en dicha superficie cóncava 204 a modo de rótula. La cabeza 201 puede estar montada sobre resortes en la pieza de cámara superior 203, de manera que la cabeza 201 queda bloqueada en su posición durante una primera presión en la cavidad 202. La fuerza de precarga entre las dos superficies, que actúa bloqueándolas en su posición, se puede aumentar aún más disponiendo un vacío o presión reducida en partes de las superficies entre la cabeza esférica 201 y la pieza de cámara superior 203. Cuando se aplica en la cavidad 202 una presión mayor que la primera presión, se libera la cabeza, que flotará contra la superficie cóncava 204. De este modo, el mandril superior 200 y una superficie de interacción 205, para sujetar un sustrato 206 o un electrodo maestro, flotarán en tres dimensiones, con un centro de rotación situado en un punto central 207 y determinado por el radio de las superficies semiesféricas de la cabeza semiesférica. El sustrato 206 o el electrodo maestro se pueden sujetar a la superficie de interacción mediante unos medios de sujeción adecuados, como por ejemplo un vacío aplicado en una zona sellada entre el mandril 200 y el sustrato o electrodo maestro, u otros medios de sujeción mecánica, como por ejemplo unas pinzas dispuestas circunferencialmente, etc. El punto central 207 puede estar situado preferentemente en el centro de la superficie de interacción 205. La superficie de interacción 205 presenta una configuración plana dadas las circunstancias. Esto significa que la variación próximo-distal cuando la superficie de interacción 205 está alineada horizontalmente es menor de 3 micrómetros. Entonces, la superficie de interacción 205 flotará mientras mantiene este punto central 207 en la misma posición vertical y horizontal. De forma lateral con respecto a la cabeza, una segunda superficie convexa con forma de segmento esférico 208 en el mandril superior 200 puede interactuar de la misma manera con una superficie cóncava con forma de segmento esférico 209, y las superficies con forma de segmento esférico tienen un radio  $r_2$  tal que su punto de rotación también quedará situado en el punto central 207. De este modo, se puede obtener un cojinete más firme, lo que garantiza el mínimo movimiento lateral posible y el mínimo movimiento posible del punto central de la superficie de interacción 205.

También son posibles otras disposiciones distintas a las disposiciones de rótula flotante, como por ejemplo aflojando un vástago de mandril (que no se muestra) partiendo de una disposición de apriete en una pieza superior que permite el alineamiento de planos, y después apretando la disposición de apriete, una vez que se ha llevado a cabo la nivelación. No obstante, es preferible utilizar la disposición de rótula flotante descrita anteriormente, ya que permite una nivelación rápida y fiable, lo que reviste especial importancia en la búsqueda de mejores procedimientos de fabricación de obleas impresas, para satisfacer la gran demanda de la sociedad.

Unos dientes niveladores 210 están dispuestos lateralmente con respecto a la superficie de interacción 205. Al disponer los dientes niveladores lateralmente con respecto a la superficie de interacción 205, se crea una larga palanca para el movimiento de rotación con el fin de garantizar que se pueda establecer el paralelismo entre los dos mandriles sin aplicar una fuerza excesiva. Además, se puede reducir el margen de error. Los dientes niveladores 210 están distribuidos de manera uniforme y circunferencial con respecto a la superficie de interacción 205. Los dientes niveladores 210 pueden estar distribuidos, por ejemplo, circunferencialmente con respecto a la superficie de interacción con una separación de 120 grados, calculados desde el eje central. Para garantizar que los dientes niveladores 210 definan un plano entre sus puntos extremos distales, hay al menos tres dientes niveladores 210 dispuestos circunferencialmente con respecto a la superficie de interacción 205. Los dientes niveladores 210 se

- extienden distalmente más allá de la superficie de interacción 205 cuando la superficie de interacción 205 se encuentra en el plano horizontal. Los puntos extremos distales de los dientes niveladores 210 definen un plano que está situado en posición paralela y distal con respecto al plano de la superficie de interacción 205. La diferencia en la posición distal entre el plano de la superficie de interacción 205 y el plano definido por los dientes niveladores 210 puede ser un poco más pequeña que la suma del grosor del electrodo maestro y el grosor del sustrato. De este modo, se puede llevar a cabo la nivelación sin que el electrodo maestro y el sustrato estén en su lugar en las piezas de mandril superior e inferior, respectivamente, mientras que la impresión se lleva a cabo posteriormente con mandriles nivelados sin que haya que retirar los dientes niveladores.
- 10 En la fig. 3, se describe el modo en que se ha puesto en contacto un mandril superior 200 de este tipo con un mandril inferior 300, de manera que los dientes niveladores 210 quedan apoyados sobre una zona de nivelación 301 en el mandril inferior 300. La zona de nivelación 301 está situada circunferencialmente con respecto a una superficie de interacción 302 para sujetar un electrodo maestro. La zona de nivelación 301 y la superficie de interacción 302 son paralelas y pueden estar situadas en el mismo plano, para que la fabricación sea más sencilla, debido a que se facilita la etapa de pulimentado en un solo paso tanto de la zona de nivelación 301 como de la superficie de interacción 302, y para simplificar la posterior inyección de electrolito, etc. La zona de nivelación 301 cuenta con un apoyo mecánico total bajo la superficie de la zona de nivelación 301, de manera que la zona de nivelación se vuelve rígida.
- 20 Cuando se lleva a cabo la nivelación, se afloja el mandril superior 200 de la pieza de cámara superior 203, aplicando una presión adecuada en la cavidad 202, de manera que el mandril superior comience a flotar y el plano de la superficie de interacción 205 y los dientes niveladores 210 se pueda ajustar en el espacio. Entonces, se baja el mandril superior 200 para hacer contacto con el mandril inferior 300 y los dientes niveladores 210 quedarán apoyados sobre una zona de nivelación 301, como se describe en la fig. 3. Cuando los dientes niveladores 210 se apoyan sobre la zona de nivelación 301, la superficie de interacción 205 y la superficie de interacción 302 serán paralelas. En esta posición, el mandril superior 200 se fija a la pieza de cámara superior 203 liberando la presión en la cavidad 202.
- Los dientes niveladores 210 pueden comprender unos elementos separadores 211, tal como se describe en la fig. 3.
- 30 Cuando los dientes niveladores 210 comprenden elementos separadores 211, la base de los dientes niveladores 212 se puede fabricar pulimentando al mismo tiempo que la superficie de interacción 205, tal como se describe en las figs. 4 a 6. Por lo tanto, la base de los dientes 212 cuenta con unos orificios 213 perforados con precisión para recibir los elementos separadores 211, tal como se describe en las figs. 4 y 6. Luego, los elementos separadores 211 se fabrican con la misma altura, de manera que proporcionen la misma extensión distal desde la base de los dientes 212. De este modo, se puede garantizar que los puntos extremos distales de los dientes niveladores 210, en esta realización los puntos extremos distales de los elementos separadores 211, definen un plano que es paralelo a la superficie de interacción 205. Los elementos separadores 211 pueden estar fabricados en un material magnético. Cuando los elementos separadores 211 están fabricados en material magnético, no hay necesidad de añadir más material, como por ejemplo pegamento u otro adhesivo, que haría difícil controlar que el plano definido por los puntos extremos distales de los dientes niveladores 210 y el plano de la superficie de interacción 205 sean paralelos. Además, dichos elementos separadores se pueden utilizar de forma segura en mandriles superiores sin que se caigan de los orificios 213 de la base de los dientes 212.
- 45 Se entiende fácilmente que todas las referencias a elementos inferiores/superiores tienen fines meramente ilustrativos, sin ningún efecto restrictivo sobre el alcance de la protección. Además, debería entenderse que algunas configuraciones equivalentes a las descritas pueden incluir configuraciones con un sustrato dispuesto en un mandril inferior mientras que el electrodo maestro está montado en un mandril superior, así como configuraciones en las que se intercambian las posiciones del mandril inferior y el mandril superior.

## REIVINDICACIONES

1. Un mandril para sujetar un sustrato o electrodo maestro en un proceso de replicación electroquímica de patrones (ECPR), contando dicho mandril con un extremo proximal y un extremo distal, y comprendiendo dicho  
5 mandril
- una superficie de interacción (205) para sujetar el sustrato o electrodo maestro situado en un primer plano;  
unos medios de sujeción para sujetar el sustrato o electrodo maestro a dicha superficie de interacción (205);  
unos dientes niveladores (210) dispuestos de manera lateral y circunferencial con respecto a dicha superficie de  
10 interacción, extendiéndose distalmente más allá de la superficie de interacción (205), con los puntos extremos  
distales de dichos dientes niveladores (210) definiendo un segundo plano;  
en el que dicho segundo plano es paralelo al primer plano y está situado distalmente con respecto al primer plano.
2. El mandril según la reivindicación 1, en el que los dientes niveladores (210) están distribuidos de  
15 manera uniforme alrededor de la superficie de interacción (205).
3. El mandril según la reivindicación 1 o 2, en el que los dientes niveladores (210) están distribuidos  
circunferencialmente con respecto a la superficie de interacción con una separación de 120 grados, calculados  
desde un eje central del mandril.  
20
4. El mandril según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el número de dientes  
niveladores (210) es de al menos tres.
5. El mandril según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos dientes niveladores  
25 (210) comprenden unas bases de los dientes (212), respectivamente, con dichas bases de los dientes (212) situadas  
en el primer plano, y unos elementos separadores (211) que se extienden distalmente desde dichas bases de los  
dientes (212), de manera que los puntos extremos distales de los dientes niveladores sean los puntos extremos  
distales de los elementos separadores (211).
- 30 6. El mandril según la reivindicación 5, en el que los elementos separadores (211) se insertan en unos  
orificios (213) en las bases de los dientes (212).
7. El mandril según la reivindicación 5 o 6, en el que los elementos separadores son magnéticos.
- 35 8. El mandril según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el extremo proximal del  
mandril comprende una cabeza semiesférica (201), estando dicha cabeza semiesférica (201) situada en una cavidad  
(202) en una pieza de cámara (203), comprendiendo dicha pieza de cámara (203) una superficie semiesférica  
cóncava (204), con un primer radio ( $r_1$ ) correspondiente al radio de la cabeza semiesférica (201), de manera que la  
cabeza semiesférica (201) puede rotar en dicha superficie cóncava (204) a modo de rótula, y se proporciona una  
40 abertura de entrada de gases a dicha cavidad (202).
9. El mandril según la reivindicación 8, en el que la cabeza semiesférica (201) está montada sobre  
resortes en la pieza de cámara (203).
- 45 10. El mandril según la reivindicación 9, en el que la cabeza semiesférica (201) está montada sobre  
resortes y partes de la superficie están precargadas con vacío en la pieza de cámara (203).
11. El mandril según la reivindicación 8 o 10, que comprende una segunda superficie convexa con forma  
de segmento esférico (208) que interactúa con una superficie cóncava con forma de segmento esférico (209) en la  
50 pieza de cámara (203), y dichas superficies con forma de segmento esférico tienen un segundo radio ( $r_2$ ).
12. El mandril según la reivindicación 8 a 11, en el que el primer radio ( $r_1$ ) y el segundo radio ( $r_2$ ) tienen el  
mismo centro de rotación situado en un punto central (207) de la superficie de interacción (205).
- 55 13. Un conjunto de mandril, que comprende un mandril según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, y  
un mandril opuesto, comprendiendo dicho mandril opuesto una superficie de interacción (302) para sujetar el  
sustrato o electrodo maestro situado en un tercer plano; unos medios de sujeción para sujetar el sustrato o electrodo  
maestro a dicha superficie de interacción (302); una zona de nivelación rígida (301) dispuesta de manera lateral y  
circunferencial con respecto a dicha superficie de interacción (302), correspondiendo dicha zona de nivelación (301)  
60 en su posición lateral a la posición lateral de los dientes niveladores (210), y siendo dicha zona de nivelación (301) y

dicha superficie de interacción (302) paralelas.

14. Un procedimiento de nivelación de un conjunto de mandril según la reivindicación 13, que comprende el aflojamiento del mandril según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11,

5

la puesta en contacto del mandril según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 y el mandril opuesto, de manera que los dientes niveladores (210) queden apoyados sobre la zona de nivelación (301), la fijación del mandril según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, de manera que el plano de la superficie de interacción (205) del mandril según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 quede fijado en una posición paralela al plano de la superficie de

10 interacción (302).



Fig. 1

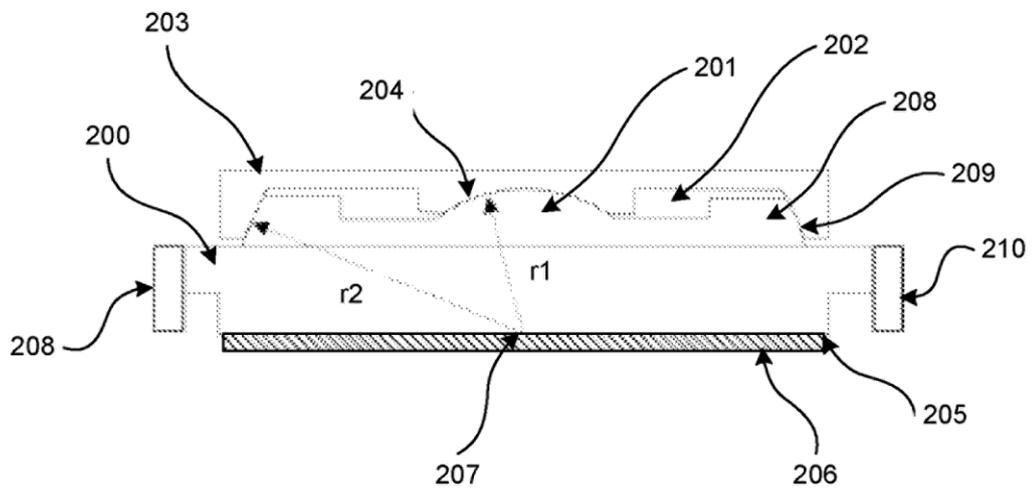


Fig. 2

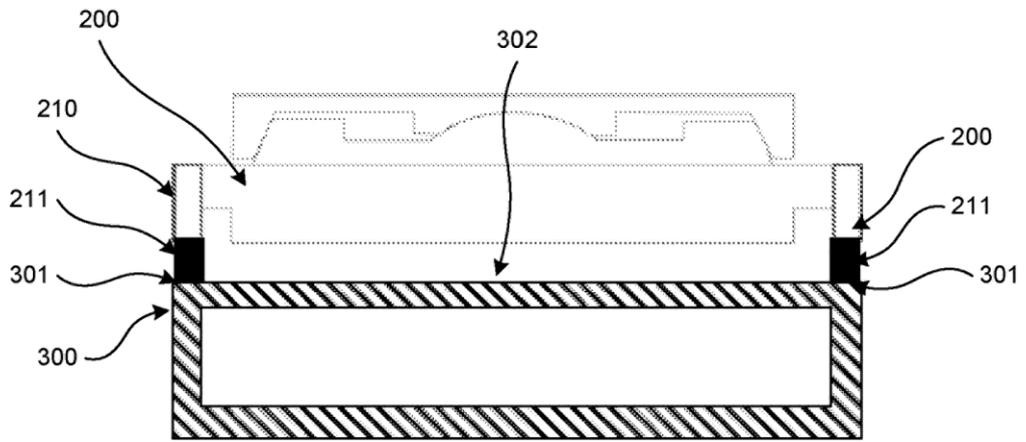


Fig. 3

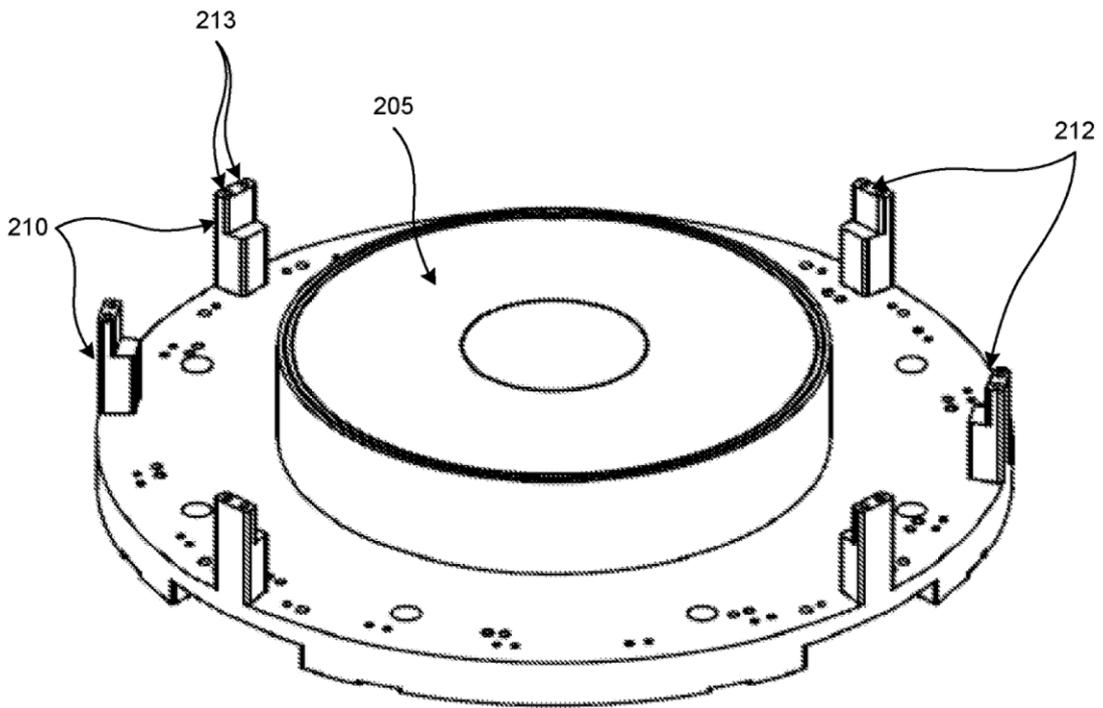


Fig. 4

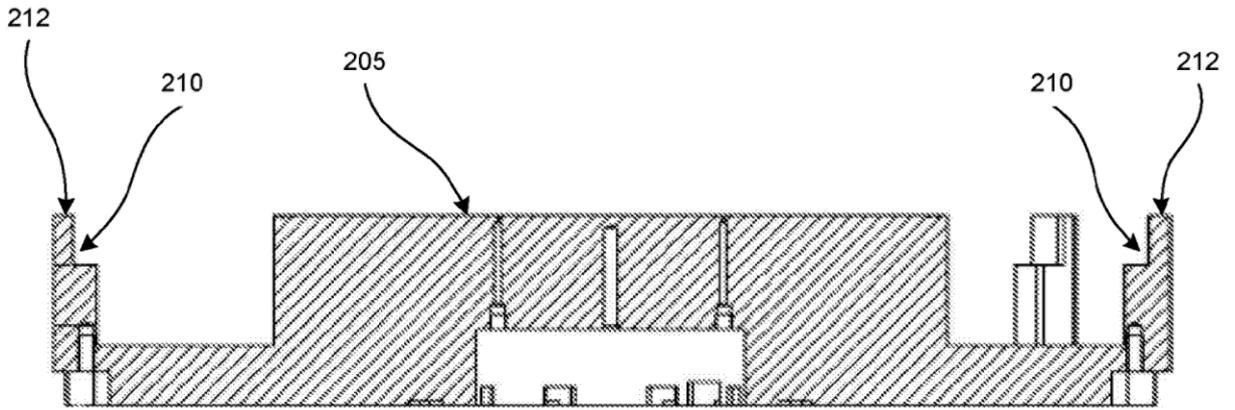


Fig. 5

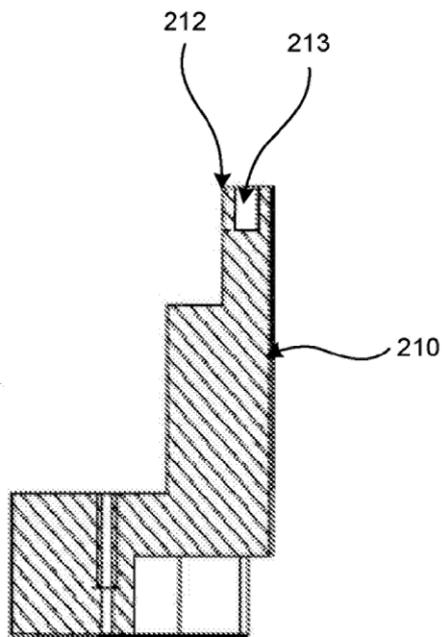


Fig. 6