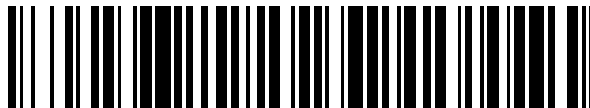


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 752 573**

51 Int. Cl.:

F16C 32/04 (2006.01)

B64G 1/28 (2006.01)

G01C 19/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2009 E 09166254 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 2154387**

54 Título: **Dispositivo de centrador de rodamiento magnético con dos conjuntos de bobinado y de imanes en el estátor y sin imán en el rotor**

30 Prioridad:

29.07.2008 FR 0804322

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

06.04.2020

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade
Nord
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

CHASSOULIER, DAMIEN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 752 573 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 centrador de rodamiento magnético con dos conjuntos de bobinado y de imanes en el estátor y sin imán en el rotor

5 La presente invención se refiere a una estructura de centrador magnético y, más particularmente, a una estructura de rodamiento magnético centrador destinado, en concreto, a aplicaciones espaciales.

De manera más precisa, la presente invención propone un dispositivo de centrador magnético que puede probarse en tierra en todas las posiciones, sin consumo de energía adicional y de diseño simple.

10 Se conocen diferentes estructuras de centradores magnéticos. Generalmente, se basan en el uso de imanes permanentes, de bobinados, de armazones ferromagnéticos y, lo más a menudo, de un circuito eléctrico de excitación que permite controlar los flujos magnéticos generados por los bobinados. El papel de un rodamiento magnético centrador es el de centrar un cuerpo móvil con respecto a un cuerpo de referencia. De este modo, se evitan o se controlan varios movimientos del cuerpo móvil con respecto al cuerpo de referencia. Si se considera una referencia ortogonal constituida por tres ejes X-X, Y-Y y Z-Z, centrada en el centro del dispositivo que comprende el centrador magnético, el cuerpo móvil y el cuerpo de referencia; constituyendo el eje Z-Z un eje de revolución del dispositivo, y definiendo los ejes X-X e Y-Y un plano medio del dispositivo, entonces existen tres traslaciones según los ejes X-X, Y-Y y Z-Z y tres rotaciones alrededor de estos tres mismos ejes.

Diferentes tipos de rodamientos magnéticos centradores permiten controlar las tres traslaciones y las tres rotaciones, de forma pasiva y/o activa.

20 Por otra parte, el cuerpo móvil mantiene al menos un grado de libertad con respecto al cuerpo de referencia, generalmente una rotación alrededor el eje Z-Z; en este caso, el cuerpo móvil se llama rotor y el cuerpo de referencia estátor.

En general, sin embargo, las basculaciones según los otros ejes solo se controlan de forma pasiva. De manera más precisa, con el fin de minimizar el número de ejes activos, ya que esto precisa controles electrónicos, es preferible gestionar las basculaciones de forma pasiva.

25 Algunos rodamientos magnéticos centradores permiten controlar, por tanto, las tres traslaciones del cuerpo móvil con respecto al cuerpo de referencia: según un eje activo y dos ejes pasivos, según dos ejes activos y un eje pasivo, o según tres ejes activos.

30 Actualmente, para que un centrador magnético pueda probarse en tierra, con gravedad, en cualquier posición, sin consumo de energía adicional con vistas a sustentar el rotor, la presencia de imanes es necesaria. En efecto, posibilita la sustentación de este último con gravedad sin aporte de energía adicional. En ausencia de estos imanes, sería necesario que los rodamientos magnéticos del centrador controlaran cinco ejes activos, lo que complicaría enormemente el equipo y su electrónica. Además, el diseño de un subconjunto "centrador magnético - rotor de imanes" es muy delicado debido a tensiones magnéticas, como la necesidad de no poner adhesivos en los polos de los imanes con el fin de minimizar y dominar los entrehierros y las mecánicas, como la resistencia a las tensiones de vibración y a las tensiones centrífugas.

35 Las soluciones actuales que buscan proponer centradores magnéticos que pueden probarse en todas las posiciones con gravedad se enfrentan a las dificultades antes mencionadas. Incluyen o bien imanes en el rotor, como en el ejemplo de la figura 1, o bien imanes en el estátor, pero en este caso, también comprenden un entrehierro adicional no funcional, llamado entrehierro estático. Se pueden mencionar las patentes europeas EP0284 487, EP0724 086 y norteamericana US4043 614. En el primer caso, el subconjunto del rotor es complejo y restrictivo. Comprende una estructura mecánica sobre la que se ensamblan imanes. Con el fin de asegurar la resistencia mecánica, en particular, a las tensiones de vibración, estos equipos generalmente necesitan coronas de protección o espaciadores que vienen a confinar los imanes sometidos a la fuerza centrífuga. Por otra parte, comprenden unos medios de fijación como tornillos o adhesivo. En el segundo caso, los bobinados presentan una eficiencia reducida debido al entrehierro estático descrito anteriormente.

Entre las tecnologías conocidas del estado de la técnica, el dispositivo descrito en la patente EP0284 487, ya mencionado anteriormente, incluye necesariamente, además de los entrehierros funcionales que participan en la generación de un flujo magnético, entrehierros estáticos, no funcionales. El papel de este entrehierro estático es el de evitar que la integridad del flujo magnético generado por los imanes pase a la bobina, a expensas del rotor.

50 Este entrehierro estático obliga a sobredimensionar la bobina, ya que no participa en la creación del flujo entre el rotor y el estátor. Solo existe por necesidad física. Si el flujo magnético generado por los imanes no pasa al rotor, el centrador no funcionaría. Sin embargo, cuanto más grande es este entrehierro estático, más voluminosa debe ser la bobina porque el flujo magnético de la bobina pasa igualmente por este entrehierro.

55 De la misma manera, el dispositivo descrito en la patente EP0613 594 incluye necesariamente entrehierros estáticos, no funcionales.

La patente US4652 780, por su parte, describe un dispositivo de centrador magnético en el que el circuito magnético seguido por el flujo magnético generado por las bobinas no pasa por el mismo circuito magnético que el de los imanes. Esto implica, en concreto:

- 5 • una masa total mayor porque el dispositivo comprende varios circuitos magnéticos, de los cuales uno "largo" que bordea el otro para volver a cerrar el bucle;
- mayores pérdidas de hierro debido al largo circuito magnético.

Por otra parte, estos rodamientos magnéticos a base de imanes son difícilmente controlables, en parte debido a un fenómeno de retraso inducido por estas pérdidas de hierro.

10 Se han desarrollado otras tecnologías, pero todas presentan la desventaja de resultar en dispositivos centradores magnéticos sobredimensionados, es decir, que presentan un volumen no optimizado.

Es para superar estos inconvenientes que la presente solicitud de patente propone un concepto de centrador magnético sin imán en el rotor.

Para este propósito, la invención tiene por objeto un dispositivo de centrador magnético con las características de la reivindicación 1.

15 En una implementación de la invención, dicho entrehierro presenta una dimensión inferior a aproximadamente dos milímetros.

En una implementación preferida de la invención, cada entrehierro presenta una dimensión inferior a aproximadamente un milímetro.

20 Ventajosamente, el yugo magnético del rotor presenta dos juegos de dientes, que permiten mejorar la eficiencia del centrador magnético.

En un ejemplo de aplicación de la invención, un actuador giroscópico puede comprender un cardán y una rueda, incluyendo dicha rueda un dispositivo de centrador magnético del rotor con respecto al estátor según la invención.

Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto con la ayuda de la descripción que sigue realizada en relación con los dibujos adjuntos que representan:

- 25 • la figura 1: el esquema de un centrador magnético según el estado de la técnica, de acuerdo con un plano de corte ortogonal a dicho centrador;
- la figura 2: el esquema de un centrador magnético según la invención, de acuerdo con un plano de corte ortogonal a dicho centrador;
- 30 • la figura 3: el esquema de un centrador magnético según la invención, de acuerdo con un plano de corte paralelo a dicho centrador.

La figura 1 presenta un esquema de un ejemplo de centrador magnético que puede probarse en todas las posiciones con gravedad, sin consumo de energía adicional, según el estado de la técnica. El estátor S comprende dos yugos magnéticos circulares CS1 y CS2 y los bobinados B1 y B2. La corona de imanes A1 presente en el rotor R hace posible sustentar el rotor de forma pasiva, sin aporte de energía adicional para compensar la gravedad. Es la asociación de los bobinados B1, B2, ensamblados sobre los yugos magnéticos CS1 y CS2 del estátor S y de los imanes A1 ensamblados en los yugos magnéticos CR1 y CR2 del rotor R que constituye el conjunto de "rodamiento magnético centrador". En ausencia de imanes A1 en el rotor R, los rodamientos magnéticos deberían controlar cinco ejes de manera activa, lo que conduciría a una complicación significativa del equipo.

40 La presencia de los imanes A1 en el rotor R necesita el uso de protecciones o de espaciadores E1, E2 que confinan los imanes A1 sometidos a la fuerza centrífuga que se aplica al rotor R. Esto es indispensable para asegurar la resistencia a las tensiones mecánicas, en particular, de vibración. En efecto, el rodamiento magnético debe poder soportar dos tipos de esfuerzos: las tensiones de vibración debidas al lanzamiento al espacio, y las tensiones centrífugas en funcionamiento. Esto hace que el diseño de dispositivos de este tipo sea complejo. De este modo, a estos espaciadores E1, E2 se añaden unos medios de fijación necesarios, no representados en la figura 1, como tornillos o adhesivo, por ejemplo. En general, la robustez y, en particular, la resistencia a las pruebas de vibración, es muy difícil de asegurar y complica la puesta a punto del subconjunto en el rotor R. Este tipo de solución, que permite producir centradores magnéticos que pueden probarse con gravedad en todas las posiciones sin aporte de energía adicional conduce a tensiones y a una mayor complejidad del centrador magnético.

50 La figura 2 representa una vista en sección, según un plano ortogonal a su base circular, de un centrador magnético según la invención. Cabe señalar que una sección según un plano ortogonal al plano de corte utilizado daría el mismo resultado. El rotor R' se reduce en este caso a una corona de acero que incluye unos yugos magnéticos CR11 y CR12. No comprende ningún imán. Es el estátor S' el que soporta a la vez el conjunto de bobinados B11, B11', B12, B12' y las coronas de imanes A11, A12. El posicionamiento de los imanes A11, A12 en el estátor S' permite suprimir de facto las tensiones mecánicas relacionadas con el efecto centrífugo para dichos imanes A11, A12. Los flujos magnéticos,

5 FB11 y FB12 creados por los bobinados B11, B11', B12, B12' y FA11, FA12, FA11', FA12' creados por los imanes A11, A12, atraviesan los entrehierros que separan los yugos magnéticos CR11 y CR12 del rotor R' de los yugos magnéticos CS11 y CS12 del estátor S'. Permiten al dispositivo asegurar la función de centrador magnético. Se puede aplicar una corriente de bobinado a los bobinados B11, B11', B12, B12', que permite controlar el centrado relativo del rotor R' y del estátor S'. Esta corriente de bobinado genera una fuerza que viene a desequilibrar los campos magnéticos FA11, FA12, FA11', FA12' en los entrehierros.

10 En posición de "rotor centrado", los flujos magnéticos FA11, FA12, FA11', FA12' generados por los imanes en los entrehierros permiten sustentar el rotor R' de manera pasiva según el eje de rotación del rotor R' y de manera activa alrededor del punto de equilibrio según los otros dos ejes, siendo el control posible gracias al dominio de los flujos magnéticos FB11, FB12.

Cabe señalar que, en el dispositivo según la invención, el entrehierro es reducido, es decir inferior a 2 milímetros, incluso inferior a 1 milímetro. Especialmente, el conjunto de los bobinados B11, B11', B12, B12' es funcional. Todos participan en la creación de los flujos magnéticos FB11, FB12. De hecho, los bobinados B11, B11', B12, B12' pueden ser de dimensiones reducidas en el volumen del conjunto del dispositivo es limitado.

15 Además, esta arquitectura permite reducir el volumen global por otra razón: como se muestra en la figura 2, los flujos magnéticos FB11, FB12 creados por los bobinados B11, B11', B12, B12' toman localmente los mismos circuitos magnéticos que los que usan los flujos magnéticos FA11, FA11', FA12, FA12' generados por los imanes A11, A12. Se evita, de este modo, la formación de dos circuitos magnéticos distintos de los cuales uno bordea el otro, lo que permite reducir significativamente el volumen con respecto a los dispositivos del estado de la técnica.

20 Por otra parte, si la figura 2 representa unos yugos magnéticos CR11 y CR12 en el rotor R' que no tiene ningún juego de dientes, esto no es limitativo. En efecto, Estos yugos CR11, CR12 pueden incluir generalmente dos juegos de dientes, lo que mejora la eficiencia del centrador magnético al facilitar la obtención de un flujo magnético ortogonal a dichos juegos de dientes.

25 La figura 3 aporta otro punto de vista sobre el centrador magnético según la invención con una vista media desde arriba según un plano de corte paralelo a la base circular del centrador situado justo debajo de la parte superior del yugo magnético CS11. Se visualizan bien los yugos magnéticos CR11, CR12 del rotor R', con los bobinados B12, B13 en el medio y los imanes A11, A12, A13, A14 ensamblados entre los yugos magnéticos CS11 y CS12 del estátor S'.

30 En resumen, la invención tiene como principal ventaja que propone un concepto de centrador magnético sin imán en el rotor, reduciéndose el rotor a una corona que incluye unos yugos magnéticos, lo que permite disponer de un equipo que puede probarse en tierra, con gravedad, en todas las posiciones, sin aporte de energía adicional, y sin aumento de la complejidad de dicho dispositivo. Por lo tanto, se optimiza el coste, el volumen y la simplicidad del diseño.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de centrador magnético que incluye:

- un cuerpo móvil, llamado rotor (R'), que incluye una corona de acero que comprende una estructura mecánica y al menos dos yugos magnéticos (CR11, CR12), y que no comprende ningún imán,
- un cuerpo de referencia, llamado estátor (S'), que comprende una estructura mecánica y al menos dos yugos magnéticos (CS11, CS12) dispuestos entre los dos yugos del rotor,

- estando dos coronas de imanes (A11, A12) y dos conjuntos de bobinados (B11, B11', B12, B12'), que pueden ser alimentados por una corriente de bobinado, ensamblados en el estátor, estando los dos conjuntos de bobinado dispuestos en los dos yugos magnéticos del estátor entre las dos coronas de imanes,

- al menos cuatro entrehierros que separan dichos yugos magnéticos (CR11, CR12) del rotor (R') y dichos yugos magnéticos (CS11, CS12) del estátor (S'),

- unos flujos magnéticos (FB11, FB12) generados por dichos bobinados y unos flujos magnéticos (FA11, FA12, FA11', FA12 ') generados por dichos imanes que pasan a través de los entrehierros que separan dichos yugos magnéticos (CR11, CR12) del rotor (R') y dichos yugos magnéticos (CS11, CS12) del estátor (S').

2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dichos entrehierros presentan una dimensión inferior a aproximadamente dos milímetros.

3. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado porque** dichos entrehierros presentan una dimensión inferior a aproximadamente un milímetro.

4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los yugos magnéticos (CR11, CR12) del rotor (R') presentan dos juegos de dientes, que permiten mejorar la eficacia de dicho centrador magnético.

5. Actuador giroscópico que comprende un cardán y una rueda, **caracterizado porque** dicha rueda comprende un dispositivo de centrador magnético del rotor con respecto al estátor según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

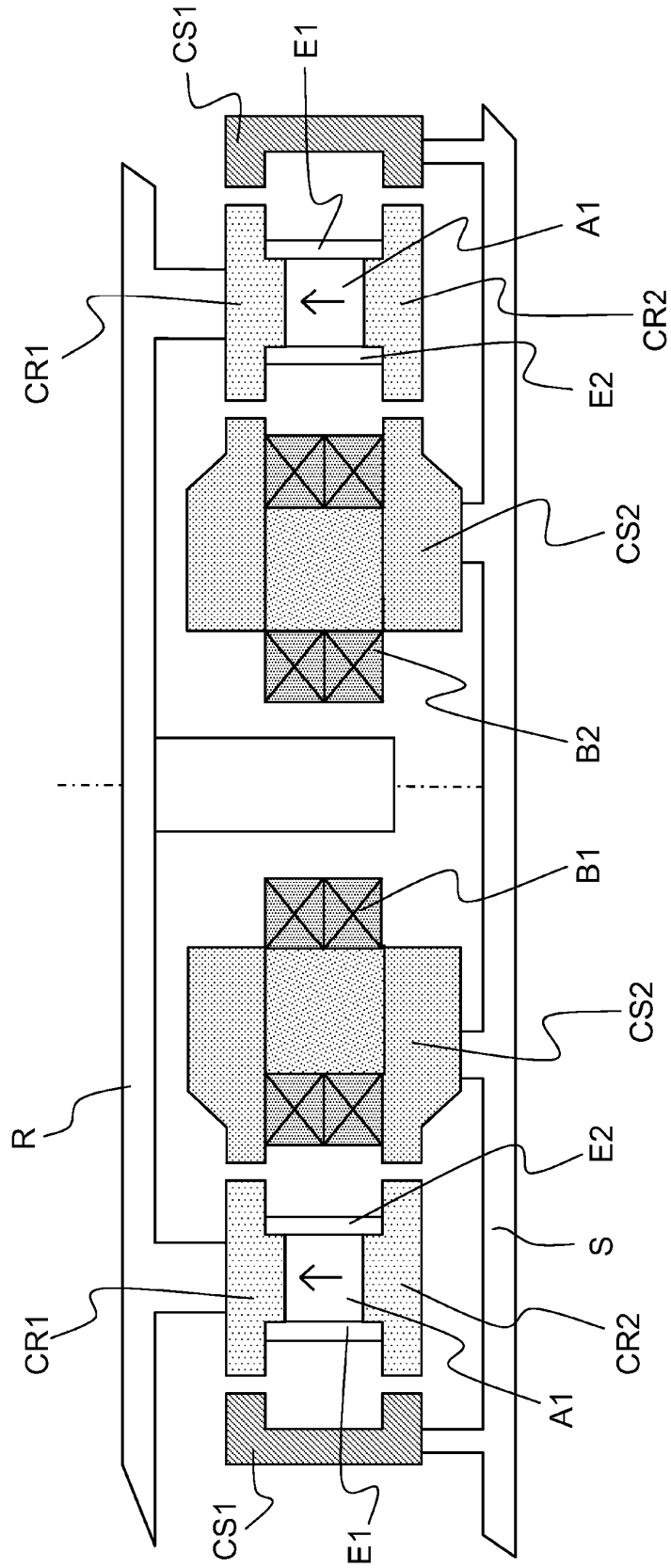


FIG. 1

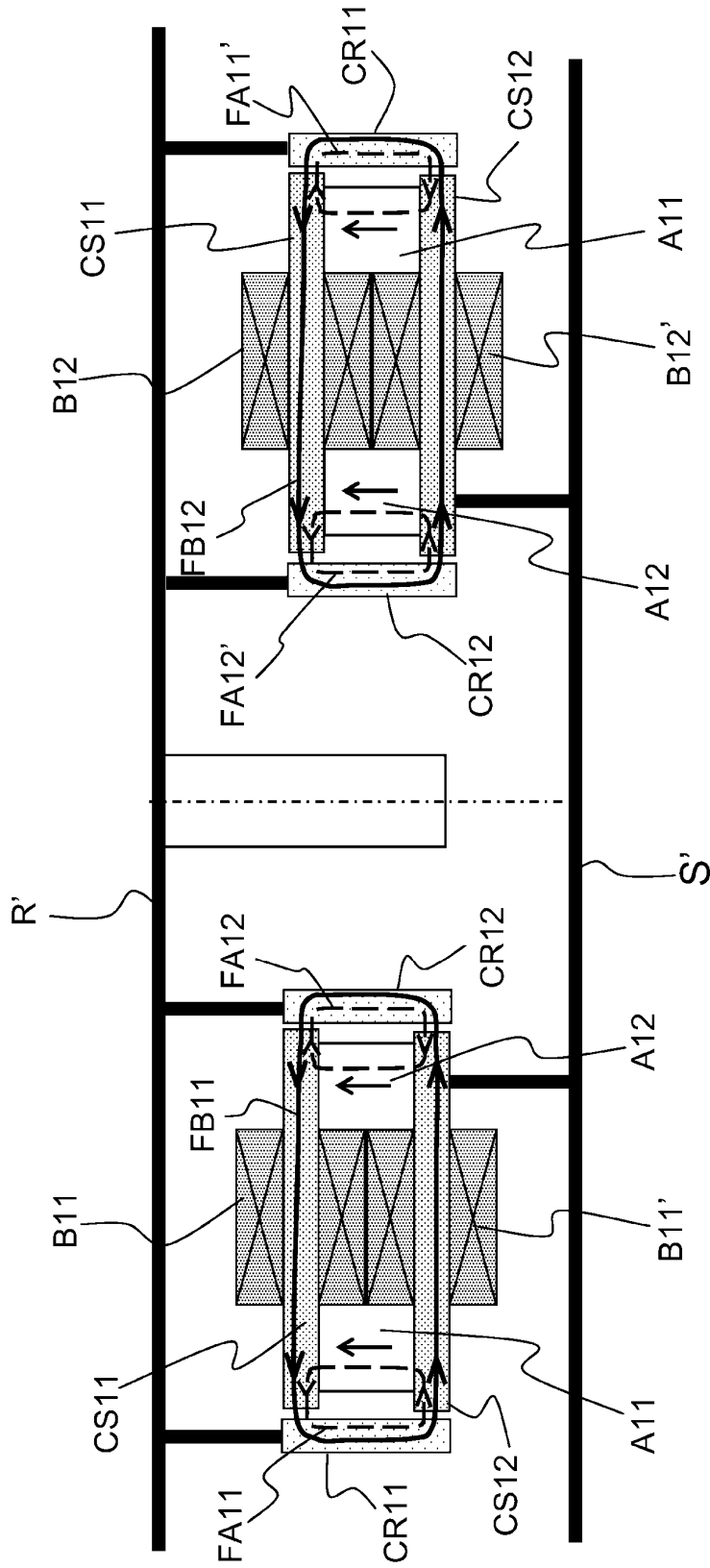


FIG.2

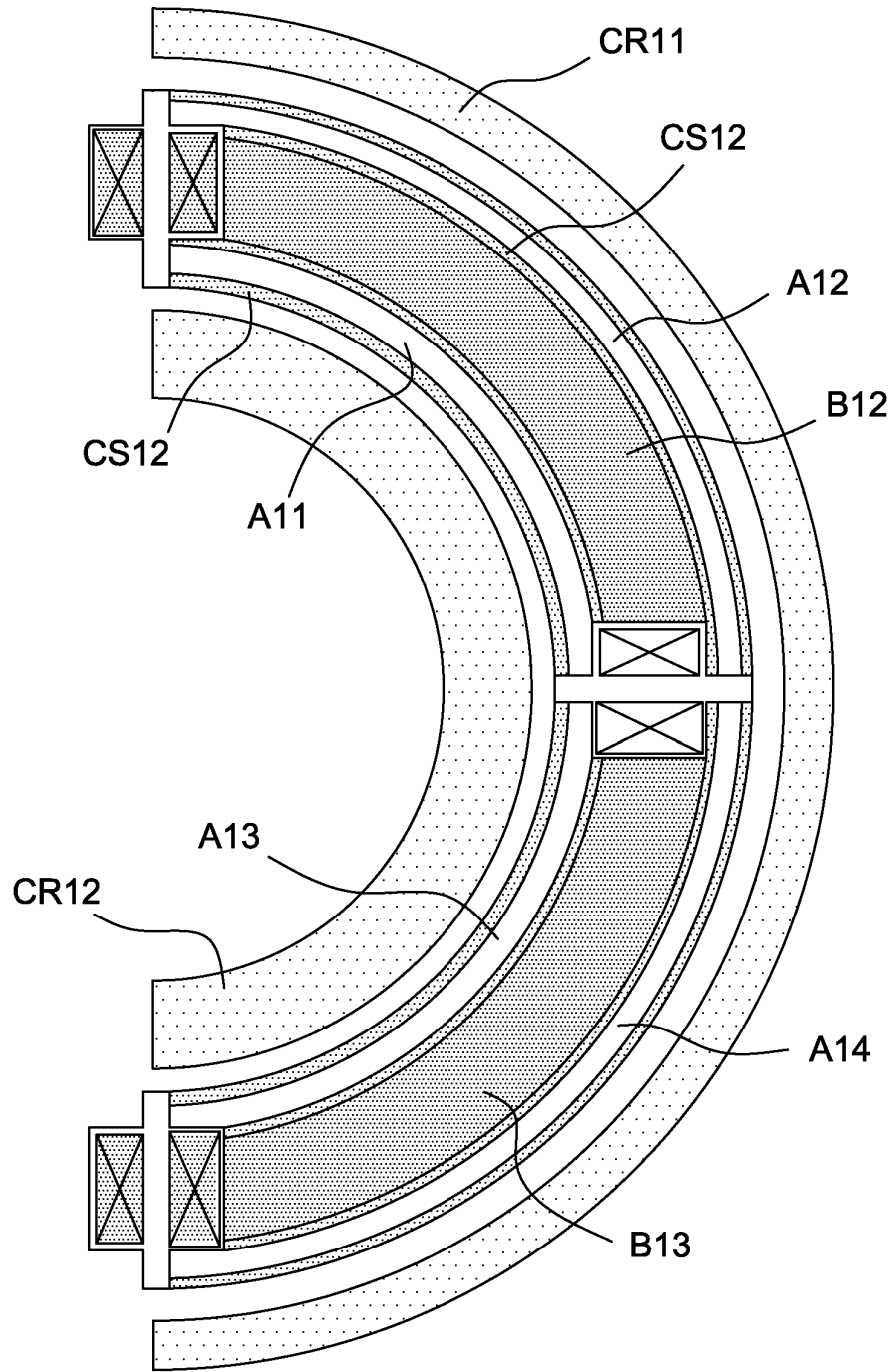


FIG.3