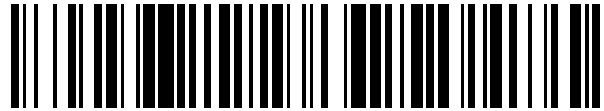


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 634**

51 Int. Cl.:

**G01D 5/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.09.2015 PCT/EP2015/070053**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2016 WO16034625**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2015 E 15759744 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2019 EP 3189308**

54 Título: **Dispositivo de detección de ángulo integrado en eje**

30 Prioridad:

**02.09.2014 US 201414474638**

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

**01.04.2020**

73 Titular/es:

**INFINEON TECHNOLOGIES AG (100.0%)  
Am Campeon 1-15  
85579 Neubiberg, DE**

72 Inventor/es:

**AICHRIEDLER, LEO;  
AUSERLECHNER, UDO y  
SLAMA, PETER**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 751 634 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 detección de ángulo integrado en eje

5 SOLICITUDES RELACIONADAS

La presente solicitud está relacionada y reivindica la prioridad de la solicitud de patente de EE. UU. 14 / 474.638 presentada ante la USPTO el 2 de septiembre de 2014

10 ANTECEDENTES

Los sensores se utilizan en los sistemas de detección para detectar propiedades, tales como la luz, la temperatura, el movimiento y similares. Un tipo de sensor utilizado comúnmente es un sensor de ángulo basado en campos magnéticos. El sensor de ángulo mide la dirección de un campo magnético y calcula un ángulo en base a la dirección del campo. Otros sensores magneto-sensibles miden la densidad de flujo magnético.

15 Sin embargo, tales sensores basados en magnetismo son vulnerables a las perturbaciones en el campo magnético. Muchos sistemas operan en entornos hostiles, tales como los sistemas de automoción, y tienen componentes que pueden perturbar el campo magnético y dar como resultado mediciones de sensores defectuosas.

20 Lo que se necesita son técnicas para mitigar o prevenir perturbaciones para mejorar el funcionamiento, la exactitud y la robustez del sensor magnético frente a las tolerancias de posicionamiento.

El documento DE1020060335 describe una disposición de sensor según la técnica anterior.

25 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- 25 La Figura 1 es un diagrama de un sistema de sensor integrado que opera utilizando campos magnéticos.
- La Figura 2 es un diagrama en sección transversal de un sistema de sensor integrado en el eje que tiene un eje hueco y un módulo de imán con forma de anillo.
- La Figura 3 es un diagrama en sección transversal de un sistema de sensor integrado en el eje que tiene un eje hueco y un imán con forma de botón.
- 30 La Figura 4 es un diagrama en sección transversal de un sistema de sensor integrado que tiene un eje sólido y un módulo de imán con forma de anillo.
- La Figura 5 es un diagrama en sección transversal de un sistema de sensor integrado que tiene un eje sólido y un imán con forma de botón.
- La Figura 6 es un diagrama que muestra un sistema de módulo sensor.
- 35 La Figura 7 es un diagrama en sección transversal que ilustra un imán con forma de anillo que puede utilizarse en un módulo de imán, tal como los módulos de imán descritos anteriormente.
- La Figura 8 es una vista en sección transversal que ilustra un imán con forma de botón o cilíndrica que se puede utilizar en un módulo de imán, tal como los módulos de imán descritos anteriormente.
- La Figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra un método para operar un dispositivo sensor.
- 40 La Figura 10 es una vista en sección transversal de una parte de un eje utilizable en combinación con sistemas sensores según se describe en la presente memoria.
- La Figura 11A ilustra un escenario utilizado en simulaciones numéricas. La Figura 11B ilustra algunos resultados de las simulaciones calculadas en base al escenario ilustrado en la Figura 11A.
- La Figura 12 ilustra una disposición de un sensor insertado en un eje en una vista en sección transversal.
- 45 La Figura 12A ilustra una realización adicional de un sensor integrado en un taladro de un eje.
- La Figura 12B ilustra otra realización de un sensor integrado en una parte final de pared delgada de un eje con un manguito.
- La Figura 12C ilustra la saturación de una parte final de pared delgada magnetizable de un eje según las realizaciones de las Figuras 10, 12A y 12B.
- 50 La Figura 12D ilustra otra realización de un sensor integrado en una parte final de pared delgada de un eje con otro manguito.
- La Figura 12E ilustra otra realización de un sensor integrado en una parte final de pared delgada de un eje con un manguito alternativo.
- La Figura 13 ilustra una configuración para un paquete de sensores con terminales de conexión.
- 55 Las Figuras 14A -14D ilustran consideraciones de simetría para disposiciones de imanes y sensores según la presente descripción.
- Las Figuras 15A - 15I ilustran varias simetrías para colocar el (los) imán(es) dentro de un taladro de pared delgada en una parte final de un eje.
- La Figura 16 ilustra un imán partido dentro de un taladro.
- 60 La Figura 17 ilustra un imán que comprende ranuras insertado en un taladro de un eje.
- La Figura 18 ilustra una chaveta para orientar un imán dentro de un taladro de un eje.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

65 La presente invención se describirá ahora con referencia a las Figuras de los dibujos adjuntos, en donde los números de referencia similares se utilizan para referirse a elementos similares en todo, y en donde las estructuras y dispositivos ilustrados no están necesariamente dibujados a escala.

Se describen dispositivos, sistemas y métodos que favorecen a los sensores de ángulo y mitigan las perturbaciones en los campos magnéticos. Los entornos hostiles, tales como los sistemas de automoción, tienen una variedad de componentes y de condiciones que afectan a la electrónica, a los sensores y a los campos magnéticos. Estas perturbaciones pueden dar como resultado mediciones defectuosas, fallos de los sensores y requieren cumplir con las tolerancias de posición para lograr un cierto nivel de precisión en la operación del sensor. Los sensores de ángulo son normalmente de interés para identificar una posición angular de un objeto que gira alrededor de un eje. En algunas aplicaciones puede ser de interés identificar una posición angular sin ambigüedades únicamente en 180 grados; es decir, en la mitad de una rotación. Sin embargo, en otras aplicaciones puede ser de interés identificar una posición angular sin ambigüedades en 360 grados, lo que corresponde a una rotación completa de la rotación del objeto alrededor del eje.

La Figura 1 es un diagrama de un sistema 100 sensor integrado que funciona utilizando campos magnéticos. El sistema 100 se proporciona en una forma simplificada para facilitar la comprensión. El sistema 100 puede utilizarse en entornos hostiles, en sistemas de automoción, en sistemas de vehículos y similares. El sistema 100 puede fabricarse en uno o más dispositivos o disposiciones.

Los sistemas híbridos, tales como los sistemas de automoción, tienen componentes mecánicos y componentes eléctricos. Los componentes mecánicos incluyen máquinas, motores, ruedas, fluidos, sistemas de frenos, actuadores y similares. Los componentes eléctricos incluyen sensores, unidades de procesamiento, unidades de control y similares. Los componentes mecánicos pueden crear perturbaciones a los componentes eléctricos. Estas perturbaciones incluyen sobrecargas de energía, pérdidas de potencia, pistas de potencia, vibraciones, impurezas, escamas / piezas metálicas, contaminación de fluidos, contaminación de fluidos de transmisión (muy agresiva), limpiadores de frenos, refrigerantes, materiales, suciedad y similares. Cuantos más motores, actuadores y otros componentes, más corriente y fluctuaciones están presentes.

Otros modelos son vulnerables a las perturbaciones y no proporcionan mecanismos contra estas perturbaciones.

Normalmente, un sensor de ángulo rastreará un movimiento de rotación de un eje o de un árbol. Un modelo es agregar un sensor a un extremo de un eje y encapsular el sensor. Sin embargo, el encapsulado agrega costes y procesamiento adicional y requiere espacio adicional. Además, dichos modelos también incluyen el colocar un elemento sensor en un extremo de un eje. Esto aumenta la longitud total del eje o del componente unido al mismo, lo que requiere espacio adicional en el vehículo / la máquina. Se requieren montajes, conectores y similares adicionales para montar el sensor en el extremo del eje. Estos pueden aumentar aún más la longitud / el espacio utilizado y requieren aún más espacio en el vehículo / la máquina.

El sistema 100 incluye un módulo 102 sensor opcional, un elemento 104 sensor y un módulo 106 de imán. El módulo 102 sensor puede tener la forma de un paquete o de cualquier otro recurso para colocar el sensor 104 como se explicará más abajo.

El sistema 100 puede integrar el módulo 102 sensor con una pantalla con forma de caja, de eje o de otro componente para proporcionar auto-apantallamiento. Además, al estar integrado, el sistema 100 consume menos espacio que otros modelos. Además, el sistema 100 utiliza el auto-apantallamiento para permitir que los componentes tengan capacidades más bajas mientras proporcionan una exactitud adecuada o escogida.

El módulo 102 sensor puede ser en algunas implementaciones un componente integrado en el sentido de que está integrado en una caja o en otro componente. El módulo 102 sensor incluye el elemento 104 sensor integrado. El módulo 102 también puede incluir componentes de regulación de potencia, componentes de generación de señal, componentes de memoria y similares. Aunque no se muestra, se pueden incluir otros componentes, incluidos soportes, elementos de fijación, conexiones, alojamientos y similares. En un ejemplo, el módulo 102 sensor se forma sobre una pastilla que tiene un marco de terminales. El módulo 102 sensor está contenido en un alojamiento hecho de plástico sobremoldeado. Se proporcionan conectores al marco de terminales y proporcionan conexiones externas al módulo 102 sensor, como se explicará con más detalle a continuación. El módulo sensor se puede acoplar o incorporar dentro de componentes, tales como una caja, una palanca, un brazo, una pata del eje y similares.

El elemento 104 sensor mide la dirección de un campo magnético o la dirección de un flujo de un campo magnético. El elemento 104 u otro componente luego calcula una característica, tal como el ángulo o la posición del eje, en base a la medición en la dirección del campo. El elemento 104 sensor está configurado para recibir alimentación, proporcionar mediciones y/o recibir información de control o de calibración. En un ejemplo, se utiliza una sola interfaz para suministrar energía y para transferir mediciones. En otro ejemplo, los cables o puertos múltiples se utilizan para la alimentación y/o la comunicación.

El elemento 104 sensor es un sensor de tipo absoluto o de 360° grados, lo que significa que puede medir el flujo en cualquier ángulo en una rotación completa de forma única. Es de un tipo adecuado, tal como los tipos de elementos magneto-resistivos o magneto-sensibles.

El módulo 106 de imán está fijado o unido a o integrado con un componente que se va a medir y está integrado y está configurado para generar un campo magnético próximo al elemento 104 sensor. El módulo 106 de imán puede estar imantado diametralmente, en un ejemplo. El módulo 106 de imán puede incluir imanes de una variedad de tamaños y formas. Algunas formas de ejemplo incluyen o imanes sólidos o de botón, imanes de anillo y similares. Los tamaños se escogen para proporcionar un campo magnético adecuado. Normalmente, los tamaños incluyen un espesor y un diámetro.

Las perturbaciones, tales como aquellas mostradas anteriormente, pueden perturbar un campo magnético que está siendo medido por el elemento 104 sensor. Sin embargo, el módulo 102 sensor está integrado con un componente para apantallar el módulo 102 y el elemento 104, sin requerir un encapsulado considerable u otros mecanismos para mitigar las perturbaciones. El componente que proporciona el apantallamiento para el elemento 104 sensor y para el módulo 106 de imán incluye, por ejemplo, un objeto giratorio, tal como un eje, una varilla y similares, compuesto de un material adecuado. En un ejemplo, el material adecuado incluye un material magnético relativamente blando que tiene una permeabilidad mayor de 1.

La Figura 2 es un diagrama en sección transversal de un sistema 200 sensor integrado que tiene un eje hueco y un módulo de imán con forma de anillo. El sistema 200 se proporciona en una forma simplificada para facilitar la comprensión. El sistema 200 se puede utilizar en entornos hostiles, en sistemas de automoción, en sistemas de vehículos y similares. El sistema 200 se puede fabricar en uno o en más dispositivos. Los detalles adicionales para algunos de los componentes se pueden consultar en la descripción anterior de componentes con numeración similar.

El sistema 200 incluye una caja 208, un módulo 102 sensor, un elemento 104 sensor, un módulo 206 de imán y un eje 210. El sistema 200 integra el módulo 102 sensor con el eje 210, que apantalla el módulo 102 sensor y el módulo 206 de imán de las perturbaciones e impone los campos magnéticos generados por el módulo 206 de imán.

El módulo 102 sensor incluye el elemento 104 sensor formado dentro de un alojamiento. El alojamiento es normalmente un plástico sobremoldeado pero no se limita al mismo. El elemento 104 sensor puede configurarse con un marco de terminales. Luego, el módulo 102 incluye conexiones desde el marco de terminales del elemento 104 sensor a puertos o conexiones externas, como se explicará con más detalle con referencia a la Figura 13.

La caja 208 puede ser parte de una caja de transmisión, de un compartimento, de un motor de combustión de un tren motriz y similares. La caja 208 está configurada para recibir y sostener el eje 210. La caja 208 en una realización incluye un rebaje ahuecado en el que se inserta el eje 210. Los cojinetes 212 u otro componente / dispositivo están configurados para facilitar la rotación del eje 210 sin exceso de fricción. La caja 208 también puede incluir una abertura de módulo en donde se inserta o coloca un módulo 102 sensor. Debe entenderse que el módulo sensor, cuando se coloca en la abertura del módulo, facilitará un posicionamiento previsto del elemento 104 sensor en concreto con respecto al eje 210 giratorio y a un imán 206 que hace que las rotaciones del eje 210 sean "visibles" al elemento 104 sensor. Se observa que el módulo 102 sensor se puede extraer de la caja 208. En otro ejemplo, el módulo sensor está unido de manera inamovible a la caja 208.

En un ejemplo, la caja 208 proporciona un sello hermético que protege el módulo 102 sensor de impurezas y contaminantes. Además, la carcasa 208 puede configurarse para proporcionar apantallamiento magnético y/o eléctrico. Los aspectos del apantallamiento del elemento 104 sensor y/o del imán 206 de cualquier campo magnético externo se tratarán con más detalle a continuación con respecto a las Figuras 10-18.

El eje 210 está separado de la caja 208. Un primer extremo del eje está unido a un motor o a otro objeto giratorio y un segundo extremo está cerca de la caja 208. El segundo extremo del eje 210 se puede acoplar a los cojinetes para facilitar la rotación. El eje 210 puede ser parte de un sistema de automoción, tal como un tren de potencia, un sistema de transmisión y similares. El eje 210 es generalmente una varilla larga cilíndrica compuesto de un material adecuado, tal como un metal, un material magnético blando y similares. Algunos ejemplos de un metal adecuado incluyen el acero y el aluminio. Un ejemplo de un material magnético blando incluye un material que tiene una permeabilidad magnética mayor de 1. El eje 210 gira en un intervalo de rotaciones por minuto (RPM) y en una dirección de rotación, en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario a las agujas del reloj. Las RPM pueden incluir intervalos de RPM bajos, tales como de 0 a 200 RPM e intervalos de RPM altos, tales como aquellos que exceden las 4.000 RPM.

El eje 210 se muestra con un eje de rotación mostrado como z. El eje 210 gira alrededor del eje de rotación con una dirección de rotación, que puede ser en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario a las agujas del reloj.

El eje 210 puede estar ahuecado, ser sólido o estar configurado de otra manera. En la Figura 2, el eje 210 está ahuecado y tiene un espesor de pared escogido. Alternativamente, el eje 210 puede ser sólido y comprender una parte final de pared delgada como se muestra en la Figura 2. Al menos una parte del módulo 102 sensor y el elemento 104 sensor se extienden parcialmente en la parte abierta del eje 210 en el segundo extremo. Además, el

## ES 2 751 634 T3

módulo 206 de imán también se encuentra al menos parcialmente dentro de la parte abierta del eje. Al estar ahuecado, el eje puede ser de menor coste y peso en comparación con los ejes sólidos.

5 El módulo 206 de imán genera un campo magnético con flujo y está configurado para la medición. En este ejemplo, el módulo 206 de imán incluye un imán con forma de anillo colocado a lo largo de una superficie interior del eje 210, en concreto, una superficie circunferencial interior en la Figura 2. El imán con forma de anillo rodea parcialmente el módulo 102 sensor y rodea el elemento 104 sensor en relación al eje de rotación z.

10 El módulo 102 sensor está integrado en la caja 208, en este ejemplo. El módulo 102 sensor puede incluir una junta tórica, o material similar para sellar, entre el módulo 102 sensor y la caja 208 (no se muestra en la Figura 2). El elemento 104 sensor se coloca próximo a un segundo extremo del módulo 102. El elemento 104 sensor mide normalmente el campo magnético generado por el módulo 206 magnético, más precisamente una dirección del campo magnético cuando se usa como sensor de ángulo. Al girar el eje 210, el campo magnético generado por el imán se le aparecerá al elemento 104 sensor como un campo magnético giratorio que se puede usar para  
15 monitorear una posición de rotación del eje.

Las mediciones obtenidas por el elemento 104 sensor se utilizan para calcular mediciones angulares que incluyen la posición radial del eje, la posición angular del eje, las rotaciones por minuto (RPM), la dirección de rotación y similares.

20 Una unidad de control, tal como una unidad de control electrónico (ECU) puede recibir las mediciones y la información angular del módulo 102 sensor.

La Figura 3 es un diagrama en sección transversal de un sistema 300 sensor integrado en el eje que tiene un eje hueco o al menos una parte final de pared delgada del eje y un imán con forma de botón. El sistema 300 se proporciona en una forma simplificada para facilitar la comprensión. El sistema 300 se puede utilizar en entornos hostiles, en sistemas de automoción, en sistemas de vehículos y similares. El sistema 300 se puede fabricar en uno o en más dispositivos. El sistema 300 es similar al sistema 200, descrito anteriormente, pero utiliza un imán con forma de botón o redonda en lugar de un imán con forma de anillo. Los detalles adicionales para algunos de los  
25 componentes se pueden consultar en la descripción anterior de componentes con numeración similar.

El sistema 300 incluye una caja 208, un módulo 102 sensor, un elemento 104 sensor, un módulo 306 de imán y un eje 210. El sistema 300 integra el módulo 102 sensor en el eje 210, que eléctrica, mecánica y/o magnéticamente  
30 apantalla el módulo 102 sensor de perturbaciones. :

El módulo 102 sensor incluye el elemento 104 sensor formado dentro de un alojamiento. El alojamiento es un plástico sobremoldeado. El elemento 104 sensor está configurado normalmente con un marco de terminales. El módulo 102 incluye conexiones desde el marco de terminales del elemento 104 sensor a puertos o conexiones  
35 externas.

La caja 208 puede ser parte de un tren motriz, de un sistema de transmisión y similares. La caja 208 está configurada para recibir y sostener el eje 210. La caja 208 incluye un hueco vaciado, denominado hueco de caja, en el que se inserta el eje 210. Los cojinetes 212 u otro componente / dispositivo están configurados para facilitar la rotación del eje 210 sin exceso de fricción.

45 El eje 210 está separado de la caja 208. Un primer extremo del eje está unido a un motor o a otro objeto giratorio y un segundo extremo está cerca de la caja 208. El eje 210 es generalmente una varilla cilíndrica larga compuesta de un material adecuado, tal como se describió anteriormente. El eje 210 gira en un intervalo de rotaciones por minuto (RPM) y en una dirección de rotación, en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario a las agujas del reloj. Las RPM pueden incluir intervalos de RPM bajos, tales como de 0 a 200 RPM e intervalos de RPM altos, tales como aquellos que exceden las 4.000 RPM.

El eje 210 puede estar ahuecado, ser sólido o estar configurado de otra manera. En la Figura 3, el eje 210 está nuevamente ahuecado y tiene un espesor de pared escogido. Una parte del módulo 102 sensor se extiende  
50 parcialmente en la parte abierta del eje 210 en el segundo extremo. El módulo 306 de imán está situado dentro de la parte abierta del eje.

El módulo 306 de imán genera un campo magnético con flujo y configurado para la medición. El eje 210 impone el campo magnético generado. En este ejemplo, el módulo 306 de imán incluye un imán con forma de botón o redonda situado a través de la abertura en el eje 210. El imán con forma de botón se coloca a lo largo del mismo eje z que el módulo 102 sensor y que el elemento 104 sensor. Además, el imán con forma de botón tiene un diámetro y un espesor escogidos para proporcionar un campo magnético adecuado. El diámetro puede ser menor que el diámetro de la superficie interna del eje 210.

65 El módulo 102 sensor está integrado en la caja 208, como se describió anteriormente. El módulo 102 sensor puede incluir una junta tórica, o material similar para sellar, entre el módulo 102 sensor y la caja 208. El elemento sensor

## ES 2 751 634 T3

está situado cerca de un segundo extremo del módulo 102. El elemento 104 sensor mide el campo magnético, más precisamente una orientación del campo magnético generado por el módulo 306 de imán.

5 Las medidas obtenidas por el elemento 104 sensor se utilizan para calcular la posición azimutal o angular del eje, las rotaciones por minuto (RPM), la dirección de rotación y similares. :

Una unidad de control, tal como una unidad de control electrónico (ECU), puede recibir las mediciones y/o la información angular del módulo 102 sensor.

10 La Figura 4 es un diagrama en sección transversal de un sistema de sensor 400 que tiene un eje sólido 410 y un módulo 206 de imán con forma de anillo. El sistema 400 se proporciona en una forma simplificada para facilitar la comprensión. El sistema 400 puede utilizarse en entornos hostiles, en sistemas de automoción, en sistemas de vehículos y similares. Además, el sistema 400 puede fabricarse en uno o más dispositivos. Los detalles adicionales para algunos de los componentes se pueden consultar en la descripción anterior de componentes con numeración similar.

15 El sistema 400 incluye una caja 208, un módulo 102 sensor, un elemento 104 sensor, un módulo 206 de imán y un eje 410. El sistema 200 integra el módulo 102 sensor en el eje 410, que apantalla eléctrica, mecánica y/o magnéticamente el módulo 102 sensor de las perturbaciones.

20 El módulo 102 sensor incluye de nuevo el elemento 104 sensor formado opcionalmente dentro de un alojamiento. El alojamiento, en un ejemplo, es un plástico sobremoldeado. El elemento 104 sensor puede configurarse con un marco de terminales. El módulo 102 puede incluir conexiones desde el marco de terminales del elemento 104 sensor a puertos o conexiones externas.

25 La caja 208 puede ser parte de un tren motriz, de un sistema de transmisión y similares. La caja 208 está configurada para recibir y sostener el eje 410. La caja 208 incluye un hueco vaciado en el que se inserta el eje 410. Los cojinetes 212 opcionales u otro componente / dispositivo están configurados para facilitar la rotación del eje 410 sin exceso de fricción.

30 El eje 410 está separado de la caja 208. Un primer extremo del eje está unido a un motor o a otro objeto giratorio y un segundo extremo está cerca de la caja 208. El eje 410 es generalmente una varilla larga cilíndrica compuesta de un material adecuado, tal como un metal. Algunos ejemplos de un metal adecuado se mostraron anteriormente. El eje 410 gira en un intervalo de rotaciones por minuto (RPM) y en una dirección de rotación, en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario a las agujas del reloj. Las RPM pueden incluir rangos de RPM bajos, tales como de 0 a 200 RPM e intervalos de RPM altos, como aquellos que exceden las 4.000 RPM.

35 El eje 410, en este ejemplo, es sólido y tiene un diámetro escogido. El segundo extremo del eje 410 incluye una cavidad 414 del eje. La cavidad 414 se forma dentro del segundo extremo usando un mecanismo adecuado, tal como la perforación. La cavidad 414 tiene un diámetro y una profundidad. Al menos una parte del módulo 102 sensor se extiende dentro de la cavidad 414 del eje. Además, el módulo 206 de imán está situado dentro de la cavidad del eje. El eje 410, al ser sólido, puede tener una resistencia superior en comparación con los ejes ahuecados, como se examinó con respecto a las Figuras 2 y 3.

40 El módulo 206 de imán genera un campo magnético con flujo y configurado para la medición. En este ejemplo, el módulo 206 de imán incluye un imán con forma de anillo colocado alrededor de una superficie interior de la cavidad 414 del eje. El imán con forma de anillo rodea parcialmente el módulo 102 sensor y rodea el elemento 104 sensor en la dirección z. El imán 206 con forma de anillo normalmente proporciona un mejor campo para medir con respecto al desplazamiento axial que un imán con forma de botón.

45 El módulo 102 sensor está integrado en la caja 208, en este ejemplo. El módulo 102 sensor puede incluir una junta tórica, o un material similar para sellar, entre el módulo 102 sensor y la caja 208. El elemento sensor está situado cerca de un segundo extremo del módulo 102. El elemento 104 sensor mide el campo magnético generado por el módulo 206 de imán.

50 Las medidas obtenidas por el elemento 104 sensor se utilizan para calcular la posición radial del eje, las rotaciones por minuto (RPM), la dirección de rotación y similares. Una unidad de control (no mostrada), tal como una unidad de control electrónico (ECU) puede recibir las mediciones y la información angular del módulo 102 sensor.

55 La Figura 5 es un diagrama en sección transversal de un sistema 500 sensor integrado en el eje que tiene un eje sólido y un imán con forma de botón. El sistema 500 se proporciona en una forma simplificada para facilitar la comprensión. El sistema 500 se puede utilizar en entornos hostiles, en sistemas de automoción, en sistemas de vehículos y similares. Además, el sistema 500 se puede fabricar en uno o en más dispositivos. Los detalles adicionales de algunos de los componentes se pueden consultar en la descripción anterior de componentes numerados de manera similar.

60

65

## ES 2 751 634 T3

El sistema 500 incluye una caja 208, un módulo 102 sensor, un elemento 104 sensor, un módulo 306 de imán y un eje 410. El sistema 200 integra el módulo 102 sensor y el módulo 306 de imán en el eje 470, que eléctrica, mecánica y/o magnéticamente apantalla al módulo 102 sensor de las perturbaciones.

5 El módulo 102 sensor incluye el elemento 104 sensor formado dentro de un alojamiento. El alojamiento es un plástico sobremoldeado. El elemento 104 sensor puede configurarse con un marco de terminales. El módulo 102 incluye conexiones desde el marco de terminales del elemento 104 sensor a puertos o conexiones externas.

10 La caja 208 puede ser parte de un tren motriz, de un sistema de transmisión y similares. La caja 208 está configurada para recibir y sostener el eje 410. La caja 208 incluye un hueco vaciado en el que se inserta el eje 410. Los cojinetes 212 u otro componente / dispositivo están configurados para facilitar la rotación del eje 410 sin exceso de fricción.

15 El eje 410 está separado de la caja 208. Un primer extremo del eje está unido a un motor o a otro objeto giratorio y un segundo extremo está cerca de la caja 208. El eje 410 es, generalmente, una varilla larga cilíndrica compuesta de un material adecuado, tal como se mostró anteriormente. El eje 410 gira en un intervalo de rotaciones por minuto (RPM) y en una dirección de rotación, en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario a las agujas del reloj. Las RPM pueden incluir rangos de RPM bajos y rangos de RPM altos y variaciones de los mismos.

20 El eje 410 es sólido y tiene un diámetro escogido. El segundo extremo del eje 410 incluye una cavidad 414 del eje. La cavidad 414 se forma dentro del segundo extremo usando un mecanismo adecuado. La cavidad 414 tiene un diámetro y una profundidad. Una parte del módulo 102 sensor se extiende parcialmente en la cavidad 414 del eje. Además, el módulo 306 de imán está situado dentro de la cavidad del eje.

25 El módulo 306 de imán genera un campo magnético con flujo y configurado para la medición. En este ejemplo, el módulo 306 de imán incluye un imán con forma de botón situado en la cavidad 414 del eje. El imán con forma de botón se coloca sobre un eje con el sensor 104, en concreto el eje z de la Figura 5. Además, el imán con forma de botón tiene un diámetro y un espesor, como se describió anteriormente en relación con la Figura 3.

30 El módulo 102 sensor está integrado en la caja 208 y en el eje 410, en este ejemplo. El módulo 102 sensor puede incluir una junta tórica, o material similar para sellar, entre el módulo 102 sensor y la caja 208. El elemento sensor está situado cerca de un segundo extremo del módulo 102. El elemento 104 sensor mide el campo magnético o una dirección del campo magnético generado por el módulo 206 de imán. El campo magnético desde el imán 206 es "visible" al sensor como un campo magnético giratorio indicativo de una posición angular del eje 410 giratorio.

35 Las medidas obtenidas por el elemento 104 sensor se utilizan para calcular la posición radial del eje, las rotaciones por minuto (RPM), la dirección de rotación y similares, como ya se explicó anteriormente. Una unidad de control (no mostrada), tal como una unidad de control electrónico (ECU) puede recibir las mediciones y/o la información angular del módulo 102 sensor. Las mediciones o información incluyen datos analógicos o digitales sin procesar, información de ángulos calculados y similares.

40 La Figura 6 es un diagrama que muestra un sistema 600 de módulo sensor. El sistema 600 se puede usar con los sistemas y dispositivos anteriores y se proporciona para facilitar la comprensión.

45 El sistema 600 incluye un módulo 102 sensor, una interfaz 616 y un controlador o unidad 614 de control. El módulo 102 sensor incluye un elemento 104 sensor. El elemento 104 sensor es una tecnología magneto sensible, tal como magneto-resistiva, de efecto Hall y similares. El elemento 104 sensor está configurado para medir un campo magnético, la densidad de flujo magnético, la dirección del campo magnético y similares cerca del elemento 104. El elemento 104 sensor se forma sobre una pastilla y tiene un marco de terminales para la alimentación y para la provisión de mediciones.

50 El módulo 102 sensor incluye un alojamiento 618 formado por un material adecuado, tal como el plástico sobremoldeado. El alojamiento 618 generalmente sella el elemento 104 sensor a las impurezas y a otras perturbaciones.

55 La interfaz 616 está conectada al elemento 104 sensor. La interfaz 616 puede incluir uno o más cables / conexiones al elemento 104 sensor y externos a la carcasa 618. La interfaz 616 está configurada para transferir los resultados de medición desde el elemento 104 sensor al controlador 614, y para suministrar energía al elemento 104 sensor.

60 El controlador 614 está conectado a la interfaz 616 y está configurado para controlar el elemento 104 sensor y recibir resultados de medición de campo magnético / flujo desde el elemento 104 sensor. El controlador 614 determina información angular sobre un componente, tal como la posición de ángulo, la posición angular, la velocidad de rotación, aceleración, y similares. El componente es generalmente un componente giratorio, tal como un eje de motor, una rueda, un eje de tren motriz, un eje de transmisión y similares. En particular, el controlador 614 está configurado para determinar la posición angular, la dirección angular, las RPM y similares.

65

La Figura 7 es una vista en sección transversal de un imán 700 con forma de anillo que puede utilizarse en un módulo de imán, tal como los módulos de imán descritos anteriormente. El imán 700 con forma de anillo se puede utilizar en los sistemas anteriores para generar un campo magnético para medir información angular, incluida la posición y las RPM.

5 El imán 700 está colocado dentro de un extremo de un eje de un motor, de una rueda y similares. El imán genera un campo adecuado determinado por su composición y sus dimensiones.

10 Las dimensiones incluyen un diámetro 720 exterior, un espesor 722 de anchura y un diámetro 724 interior. La diferencia entre el diámetro 724 interior y el diámetro exterior define un espesor del anillo. En general, cuanto mayor sea el espesor de la anchura y el espesor del anillo, mayor será el campo magnético generado y más tolerante podrá ser el elemento sensor frente a los desplazamientos del sensor con respecto al imán, también denominados tolerancias de posicionamiento.

15 La Figura 8 es una vista en sección transversal de un imán 800 con forma de botón o redonda que se puede utilizar en un módulo de imán, tal como los módulos de imán descritos anteriormente. El imán 800 con forma de botón se puede utilizar en los sistemas anteriores para generar un campo magnético para medir información angular, incluida la posición y las RPM.

20 El imán 800 puede colocarse dentro de un extremo de un eje de un motor, de una rueda y similares. El imán 800 genera una distribución o flujo de campo magnético adecuado, determinado por su composición y sus dimensiones.

25 Las dimensiones incluyen un diámetro 820 y un espesor 822. En general, cuanto mayor sea el diámetro 820 y mayor el espesor 822, mayor será el campo magnético generado y más tolerante será el elemento sensor frente a las tolerancias de posición, como se explicará más detalladamente más adelante.

30 La Figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra un método 900 para operar un dispositivo sensor. El método 900 inserta o integra un módulo sensor en un eje para proporcionar apantallamiento contra perturbaciones y, opcionalmente, impone la generación de un campo magnético. El método 960 se puede utilizar junto con los anteriores sistemas, dispositivos y con variaciones de los mismos.

35 El método 900 comienza en el bloque 902, en donde un módulo sensor se configura o se sitúa en un eje y/o en una caja. El eje proporciona apantallamiento al módulo sensor para que las perturbaciones, tales como las descritas anteriormente, se mitiguen o eviten. La caja puede ser un alojamiento o una pared de un compartimento, tal como un componente de transmisión de automoción, y similares. El módulo sensor puede estar sobremoldeado y normalmente se puede extraer de la caja. El módulo sensor incluye un elemento sensor (magneto resistivo) configurado para medir campos magnéticos en uno, dos o tres ejes (1D, 2D, 3D) o una dirección de campos magnéticos.

40 Un eje está configurado para tener un hueco en el eje y un módulo de imán se coloca dentro del hueco del eje en el bloque 904. El hueco del eje se puede formar en un eje sólido o ahuecado mediante perforación u otro mecanismo adecuado. El módulo de imán incluye un imán, tal como un imán con forma de anillo o un imán con forma de botón.

45 En el bloque 906, un campo magnético es generado por el módulo magnético. El campo magnético gira con el eje a medida que el eje se gira. El módulo de imán está substancialmente apantallado de las perturbaciones por el eje y, como resultado, el campo magnético se genera sin las perturbaciones.

50 El campo magnético es medido por el módulo sensor en el bloque 908. El módulo sensor está apantallado por el eje y, como resultado, está substancialmente apantallado frente a las perturbaciones. Como resultado, las mediciones de campo magnético que utilizan cierto apantallamiento son generalmente más exactas que los modelos sin apantallamiento.

55 La información angular se determina mediante una unidad de control basada en las mediciones del campo magnético en el bloque 910. La información angular incluye, por ejemplo, la velocidad de rotación del eje, la posición angular del eje y similares. Se apreciará que la información angular puede obtenerse alternativamente mediante el elemento sensor y que la información angular obtenida se está enviando a la ECU.

60 Al considerar una configuración como la de la Figura 10, se examinará a continuación lo profundo que preferiblemente debería estar el elemento sensor (como se examinó, por ejemplo, en relación a las Figuras 1 a 6) dentro del eje o tubo 101). La Figura 10 muestra una vista en sección transversal de un eje 101 con un taladro en su extremo izquierdo. Un diámetro del taladro es Di. El eje 101 puede estar hecho de un material magnético blando. Esto significa que la permeabilidad relativa  $\mu_r$  es mayor que 100, normalmente entre 1000 y 10000, y la coercitividad es pequeña, normalmente menor que 1kA/m. El imán (véase, por ejemplo, el imán 206 en las Figuras 2 y 4, el imán 306 en las Figuras 3 y 5, el anillo 700 de imán en la Figura 7 o el botón 800 magnético de la Figura 8) no se muestra aquí porque es irrelevante para la siguiente regla que se dará.

65



El elemento 104 sensor (no mostrado en la Figura 10) tiene un punto sensible, que se denota mediante una cruz x en el eje de rotación z. Independientemente de un imán dado, el punto sensible del elemento 104 de detección del campo magnético (por ejemplo, el elemento 104 sensor de las Figuras 1-6, respectivamente) debería estar preferiblemente a una distancia  $d_a$  dentro del taladro, siendo  $d_a > 0,4 * D_i$ . Bajo esta condición, el extremo permeable de pared delgada del eje apantallará efectivamente los campos magnéticos externos del elemento 104 sensor. Si el elemento 104 sensor se inserta más de  $d_a = 0,4 * D_i$ , el apantallamiento generalmente mejora, pero solo moderadamente para un  $d_a$  grande. Si el elemento 104 del sensor se inserta menos de  $d_a = 0,4 * D_i$ , una parte significativa de cualquier campo magnético externo todavía está presente en la localización del sensor y puede corromper la función del sensor (de ángulo) del elemento 104 sensor.

La Figura 11A muestra una configuración utilizada para simulaciones numéricas para llegar a la estimación anterior de la inserción  $d_a$  del elemento 104 sensor en el taladro de una parte final de pared delgada del eje 101 giratorio para que sea menor que  $0,4 * D_i$ . Los parámetros asumidos en la simulación fueron: un diámetro interior del eje  $D_i = 22$  mm, un diámetro exterior del eje de 26 mm, una permeabilidad relativa del eje que se varió de 100 a 7400. El tubo 101 se extiende a lo largo de la dirección z desde  $z = -50$  mm a  $+50$  mm. En la Figura 11A solamente se modela 1/8 de la geometría debido a consideraciones de simetría. En estas simulaciones, se aplicó un campo de perturbación magnética en la dirección Bx y se asumió que el elemento 104 sensor es sensible a la componente Bx.

La Figura 11B ilustra los resultados de una simulación basada en los parámetros y la configuración como se describe en conexión con la Figura 11A. En la Figura 11B, se representa gráficamente una magnitud de la relación de la componente Bx muestreada en la posición del sensor a la componente Bx aplicada a una gran distancia fuera del tubo.

Como abscisa para el gráfico de la Figura 11B, se representa una relación de la posición z al diámetro (el tubo termina en  $z = 0,05$  m) que es igual a  $(-1) * d_a / D_i$  para los parámetros anteriores utilizados en la simulación. El parámetro que se varió en la simulación de la Figura 11B fue la permeabilidad relativa  $\mu_r$ .

Si un punto de ensayo, en concreto la posición potencial del sensor a lo largo del eje z está a la mitad de un diámetro dentro del tubo 101, el apantallamiento es bastante bueno. En lo profundo del tubo 102 el apantallamiento es

$$1 / (1 + \mu_r * \frac{d}{D_i}),$$

según Kaden "Wirbelströme und Schirmung in der Nachrichtentechnik", pág. 82, en donde d denota un espesor de la pared. Según la Figura 10  $2 * d$  es igual al diámetro exterior D - diámetro interior  $D_i$ ).

A partir de esta fórmula, se puede deducir la siguiente regla general para el error de ángulo, cuando el elemento de detección de campo magnético está muy dentro del taladro:

Un error de ángulo [°] = aprox.  $(57 / \mu_r) * (D_i / d) * (B_d / B_m)$ , siendo  $B_d$  el campo magnético de perturbación y  $B_m$  el campo magnético del imán. Por lo general, los campos de perturbación son de hasta 1,5 mT, el campo del imán es de 40 mT y el error de ángulo debería ser inferior a  $0,2^\circ$ .

Por lo tanto, se llega a una regla de diseño de:  $\mu_r * d / D_i > 10$ .

La permeabilidad relativa del apantallamiento multiplicada por su espesor d dividida por el diámetro interior debería ser mayor de 10.

Ejemplo:

El tubo 101 tiene un diámetro interior de 22 mm y un espesor de pared de 2 mm, el campo del imán es de 40 mT y la perturbación es de 1,5 mT. Si el sensor está 11 mm dentro del tubo con  $\mu_r = 800$ , el apantallamiento es del 3 %, por lo que la perturbación dentro del tubo es de  $0,03 * 1,5$  mT = 0,045 mT.

Esto da un error de ángulo de  $0,045 / 40 * 180 / \pi = 0,065^\circ$  y observa  $\mu_r * d / D_i = 800 * 2 / 22 = 73 > 10$  .

Si se redujera  $\mu_r$  en un factor de 7,3, esto daría un límite  $\mu_r * d / D_i = 10$  y conduciría a  $0,065^\circ * 7,3 = 0,47^\circ$  de error de ángulo. Para un mejor apantallamiento, una  $\mu_r$  más grande y/o una pared del tubo 101 más gruesa y/o un diámetro  $D_i$  menor del taladro, respectivamente, son una ventaja.

A partir de la simulación numérica anterior, un experto en la técnica entenderá que para una  $\mu_r$  pequeña el apantallamiento es menor que para una  $\mu_r$  grande, lo que es trivial. Sin embargo, un experto en la técnica reconocerá además que para una  $\mu_r$  grande es todavía de más interés insertar el elemento 104 sensor lo bastante

profundo en el taladro del eje 101: esto quiere decir, si el elemento 104 sensor estuviera solamente insertado en el taladro a  $0,4 * D_i$  (lo que corresponde al valor de abscisa de  $(z-0,05) / 0,022 = -0,4$ ), el apantallamiento es prácticamente el mismo para  $\mu_r = 7400$  y para  $\mu_r = 3200$ , pero si se insertó el elemento 104 sensor un  $D_i$  (que corresponde al valor de abscisa de  $(z-0,05) / 0,022 = -1$ ) la curva de  $\mu_r = 7400$  apantalla los campos externos más de 2,5 veces mejor que para  $\mu_r = 3200$ .

Un aspecto adicional a considerar es un efecto de corrientes de Foucault y/o de histéresis, para una configuración, en donde el elemento 104 sensor y/o el imán están dispuestos dentro de un taladro a lo largo del eje de rotación.

Si el elemento 104 de detección magnética se coloca a lo largo del eje de rotación (que es el eje z de la Figura 10), y el imán permanente está unido al eje giratorio, hay dos posibilidades para apantallar el elemento 104 de detección magnética de las perturbaciones magnéticas externas:

- (i) el apantallamiento puede estar en reposo con respecto al imán, o
- (ii) el imán y el apantallamiento pueden girar entre sí.

En el caso (i), el apantallamiento se puede unir al imán o al eje 101, de modo que el imán y el apantallamiento giren de manera síncrona alrededor del elemento 104 de detección (de campo magnético). En el caso (ii) el apantallamiento se puede unir al elemento 104 sensor o a un estator, tal como un punto de sujeción para el eje, que no gira con el eje.

Es preferible que el apantallamiento no se mueva con relación al imán. Dicha configuración evitará que el campo fuerte del imán (206 en las Figuras 2, 4, 306 en las Figuras 3, 5, 700 en la Figura 7 y 800 en la Figura 8) genere corrientes de Foucault dentro del apantallamiento. Estas corrientes de Foucault deben evitarse, ya que producen un campo magnético secundario que conduce a un error de ángulo en la medición del ángulo del sensor 104. Las corrientes de Foucault provocan un campo magnético retrasado respecto al campo magnético giratorio durante la rotación del eje, lo que es todavía más crítico cuanto más rápida es la rotación del eje 101.

Además, hay una pequeña fuerza entre las corrientes de Foucault y el imán, que podría perturbar, por ejemplo, en forma de energía de rotación que se disipa en calor.

Además, una posición relativa exacta entre el apantallamiento y el imán es de interés cuando se usa un apantallamiento. Supóngase que el imán y el apantallamiento no son coaxiales, esto puede distorsionar el campo magnético detectado por el elemento 104 de detección y provocar errores de ángulo.

En general, es más sencillo definir una posición exacta entre el apantallamiento y el imán, si no se mueven entre sí. Por el contrario, su posición relativa es menos exacta si giran entre sí, por ejemplo debido a las holguras en los cojinetes.

Finalmente, una histéresis magnética del apantallamiento puede provocar errores de ángulo adicionales para el ángulo medido. Si la dirección de rotación cambia con frecuencia: el apantallamiento puede agregar pequeñas distorsiones magnéticas al campo magnético causado por el imán. Las distorsiones magnéticas debidas a la histéresis del apantallamiento magnético son normalmente diferentes para la rotación en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario a las agujas del reloj, ya que la histéresis del apantallamiento hace que el campo total se retrase respecto al campo del imán.

En ciertos casos, aún podría ser preferible usar un apantallamiento magnético que esté en reposo respecto al sensor 104 y, por lo tanto, el imán gira respecto al apantallamiento: tal configuración es de interés si se necesita mantener bajo el momento de inercia del eje 101 para que no se quiera montar el apantallamiento en el eje 101.

Más arriba en esta descripción, el elemento 104 de detección se describió como un circuito integrado. Como alternativa, el elemento 104 de detección puede implementarse como un elemento discreto. Ambas opciones tienen sus propios méritos, como se explicará con más detalle a continuación.

Un circuito sensor de ángulo que implementa el elemento 104 de detección normalmente necesita al menos un elemento de detección de campo magnético para detectar la posición de rotación del imán en base al campo magnético (giratorio) en la posición del sensor. Para este fin, se pueden usar magneto-resistencias como las AMR (magneto-resistencias anisotrópicas), las GMR (magneto-resistencias gigantes), las TMR (magneto-resistencias de túnel), las CMR (magneto-resistencias colosales), las placas de Hall, dispositivos verticales de efecto Hall, los MAGFET o elementos sensores de magneto-impedancia.

En muchos casos, el circuito del sensor necesita incluso dos o más de tales elementos sensores para implementar el elemento 104 de detección, que están alineados en diferentes direcciones: las diferentes direcciones son: en el caso de magneto-resistencias o de dispositivos de efecto Hall, sus direcciones de referencia (que es la dirección del flujo de corriente en el caso de las AMK, de los dispositivos de efecto Hall y de los MAGFET, mientras que la

dirección de referencia es una dirección de magnetización fija en el caso de las GMR, las TMR y las CMR). Las diferentes direcciones deben ser notablemente diferentes, lo que significa al menos 15° diferentes.

En una configuración ideal, las diferentes direcciones son diferentes en 90°; excepto en las AMR, donde son 45° diferentes. Estos -más de uno- elementos de detección de campo magnético deben ser pequeños en comparación con el imán y estar cerca unos de otros (cerca en comparación con una dimensión característica del imán): si el imán tiene una dimensión de 19 mm, todos los elementos de detección de campo magnético utilizados para calcular el ángulo cuando se implementa el elemento 104 de detección deben estar dentro de una región de < 0,5 mm (menos de 1/20 del imán). Como límite superior preferido se puede decir: no deben estar separados más de 1/10 del tamaño del imán. El tamaño del imán se debe interpretar de la siguiente manera: la disposición del imán se caracteriza normalmente por tres dimensiones espaciales. Dependiendo de las circunstancias, las tres dimensiones espaciales pueden ser idénticas, en cuyo caso esta dimensión puede considerarse un tamaño del imán. Sin embargo, si las tres dimensiones espaciales del imán no son idénticas, para el resto de esta descripción, cualquiera de las tres dimensiones espaciales se puede considerar que representa un tamaño del imán.

Para implementar el elemento 104 de detección es irrelevante, si solamente los elementos de detección de campo magnético se colocan dentro del taladro 101, o si los elementos de detección de campo magnético más el circuito de acondicionamiento de señal se colocan dentro del taladro 101 (se ve mejor en la Figura 10). En el primer caso, el elemento 104 de detección puede implementarse utilizando transductores discretos, en el segundo caso, el elemento 104 de detección puede implementarse utilizando sensores integrados.

Los sensores integrados se interpretarán como que comprenden un circuito integrado. El circuito integrado es un circuito electrónico que suministra energía a los elementos sensores y, opcionalmente, acondiciona sus señales de salida, por ejemplo, mediante preamplificación y conversión A/D y calibración frente a la deriva de la temperatura, etc.

Dependiendo de las circunstancias, puede ser de interés implementar el sensor integrado en un único chip o como una solución de múltiples chips en un paquete común.

Las TMR son ideales como dispositivos discretos de detección de campo magnético, ya que generan señales grandes, que pueden transmitirse a una distancia de varios centímetros o varias decenas de centímetros a un circuito de acondicionamiento de señales. También es posible montar varios chips en un único paquete electrónico e insertarlo en el taladro del eje 101.

Finalmente, se debe mencionar que el sensor integrado, más precisamente un chip sensor no necesita alinearse a lo largo del eje z o en cualquier orientación predefinida dentro del imán o dentro del eje 101, si el sensor integrado implementa el elemento 104 sensor es un sensor de campo magnético de 3D. El sensor de campo magnético de 3D se interpretará como un sensor que mide substancialmente todas las componentes del vector de campo magnético. Dicho sensor de campo magnético de 3D puede consistir en una placa Hall para detectar, por ejemplo, la componente x del vector del campo magnético, un dispositivo de efecto Hall vertical para detectar, por ejemplo, la componente y del vector del campo magnético, más un dispositivo de efecto Hall vertical para detectar, por ejemplo, la componente z del vector del campo magnético. Un experto en la técnica apreciará fácilmente otras posibles implementaciones de un sensor de 3D que no se explicarán aquí en aras de la brevedad.

Un experto en la técnica apreciará además que un cojinete usado cuando se coloca el elemento 104 de detección dentro del eje 210 puede tener un efecto en el comportamiento del sensor 104 de ángulo, como se explicará brevemente a continuación.

La Figura 12 ilustra una vista en sección transversal de la parte final del eje 210 que comprende un imán 206. El cojinete 212 se usa para montar una caja 208 que a su vez ayuda a montar el (los) elemento(s) 104 sensor(es). Dado que el (los) elemento(s) 104 de detección del campo magnético y el imán 206 están colocados dentro del taladro en la parte final del eje 210, existe el riesgo potencial de que el (los) elemento(s) 104 de detección y/o el imán 206 interfieran con el cojinete 212 (por ejemplo, un cojinete de bolas, pero no limitado al mismo) del eje 210, que generalmente también está cerca de la parte final del eje 210.

Por un lado, el taladro reduce la resistencia del eje 210. Si el espesor de una pared ((D-Di) / 2 en la Figura 10) es demasiado reducido, puede ocurrir que bajo una carga pesada la parte final del eje 210 se deforme, lo que puede provocar que el imán 206 se rompa o se afloje y ya no esté rígidamente unido al eje 210. Si el cojinete 212 falla, puede calentarse y este aumento de temperatura puede hacer que el imán 206 funcione incorrectamente o se desintegre o afloje de la parte final del eje 210. El cojinete 212 generalmente emplea algún tipo de grasa para reducir la fricción y esta grasa puede llegar al paquete 102 de sensores y/o al imán 206, donde puede provocar una interacción química no deseada (por ejemplo, reducir la resistencia del pegamento que une el imán 206 al eje 210).

Un remedio simple contra estos problemas es mover el elemento 104 sensor y el imán más adentro del taladro, lo cual se recomienda de todos modos para mejorar el apantallamiento electromagnético.

La Figura 12A ilustra una primera solución a algunos de los problemas relacionados con el cojinete, como se explicó anteriormente. La Figura 12A muestra una vista en sección transversal de una parte final del eje 101 paralela a un eje de rotación que está indicado como eje z.

5 En la Figura 12A, un cojinete 212 se lleva sobre un eje 101 más lejos que en la Figura 12, es decir, el cojinete se coloca más alejado del taladro. En la configuración de la Figura 12A, hay dos imanes 206 que producen un campo magnético en una posición del elemento 104 de detección. Sin limitación, los imanes 206 pueden implementarse como un miembro unitario o que comprende más de dos miembros. La posición del elemento 104 de detección a una distancia  $d_a$  de una abertura del taladro se indica de nuevo con una cruz x, como se explicó anteriormente en relación con la Figura 10.

10 Con la disposición de la Figura 12A, se minimizan la fuerza y la tensión mecánica experimentadas por el imán 206 y causados por el cojinete 212. En otras palabras, la interacción entre el cojinete 212 y el imán 206 se reduce en comparación con la configuración según se describió en la Figura 12. Un acoplamiento térmico entre el cojinete 212 y el (los) imán(es) se minimiza en la configuración de la Figura 12A en comparación con la configuración de la Figura 12. El eje 101 puede tener un pequeño hombro 103 (por ejemplo, 1/10 mm en la dirección radial) que evita que la parte de pared delgada del eje se dañe cuando el cojinete 212 se introduce sobre el eje 101.

15 La Figura 12B ilustra una situación después de que un manguito 214a se monta sobre la parte final de pared delgada del eje 101 como se ilustra en la Figura 12A. En aras de la brevedad, los elementos similares se ilustran utilizando números de referencia similares. La implementación de la Figura 12B mejorará un apantallamiento comparado con la disposición de la Figura 12A debido a un mayor espesor global de la pared en la parte final del eje 101:

20 Obsérvese que lo más probable es que una ligera excentricidad del manguito 214a exterior (por ejemplo, debido a las tolerancias de montaje, que no se muestran en la Figura 12B) no incremente un error de ángulo del sensor de ángulo, es decir, del (de los) elemento(s) 104 de detección. Esto se debe a que el apantallamiento interno formado por la parte de pared delgada de espesor  $d$  es dominante. Esto quiere decir que el apantallamiento interno apantallará el imán del manguito 214a exterior, de modo que cualquier interacción entre el imán 206 y el manguito 214a se reducirá en gran medida por el apantallamiento interno. Sin embargo, debe observarse que el manguito 214a exterior aumenta la eficiencia de apantallamiento con respecto a las perturbaciones magnéticas externas.

25 Preferiblemente, debería observarse que  $d_2 > d$ , es decir, el manguito 214a exterior debería tener un espesor  $d_2$  mayor que la parte final de pared delgada del eje 101. Sin embargo, incluso si  $d_2 > d$  no se observa, el manguito 214a exterior mejora el apantallamiento, pero con menor eficiencia.

30 Aún más preferiblemente, debería observarse que  $d_{a2} > d_a$ , es decir, que el manguito 214a exterior sea más largo en dirección axial que la distancia  $d_a$  a la cual el (los) elemento(s) 104 de detección de campo magnético están insertados en el taladro. Sin embargo, incluso si esta condición no se cumple, el manguito 214a exterior mejora el apantallamiento, pero con menor eficiencia.

35 El manguito 214a es preferiblemente un material blando (magnético) con una gran permeabilidad relativa  $\mu_r > 10$ , preferiblemente  $\mu_r > 100$ , aún más preferiblemente  $\mu_r > 1000$ , y nuevamente aún más preferiblemente  $\mu_r > 10000$ . Debe observarse que el manguito 214a puede estar hecho de un material diferente al del eje 101. Con el manguito 214a y el eje 101 hechos de materiales diferentes, se prefiere que el manguito 214a tenga un  $\mu_r$  más grande que el eje 101 por las siguientes razones: el imán 206 (permanente) tiene una fuerte magnetización. Como el imán 206 está cerca de la parte final del eje de pared delgada de espesor de pared  $d$ , el imán 206 también magnetizará la parte final de pared delgada del eje 101. Esta magnetización de la parte final de pared delgada del eje deteriorará la capacidad de apantallamiento de la misma: la parte final de pared delgada del eje se acercará más a la saturación, reduciendo así su permeabilidad efectiva para pequeños campos magnéticos externos superpuestos.

40 En el contexto de la presente descripción, la saturación debe entenderse como substancialmente todos los momentos magnéticos dentro de un material que está alineado con el campo magnético (fuerte), de modo que no pueden responder más a pequeños campos magnéticos adicionales superpuestos.

45 Como consecuencia, la parte final de pared delgada del eje 101 ya no puede apantallarse más frente a los pequeños campos magnéticos superpuestos. El efecto neto es que aquellas partes del eje 101, que están expuestas a un campo magnético grande, son menos eficientes para el apantallamiento - actuarán como si la pared de la parte final de pared delgada se volviera aún más delgada en un sentido magnético. Cuanto mayor sea la permeabilidad relativa  $\mu_r$  de un material, más pequeños serán los campos magnéticos que saturan el material.

50 La Figura 12C ilustra esta relación.  $B$  es la densidad de flujo en unidades Tesla [T],  $H$  es el campo magnético en unidades de amperios por metro [A/m] y  $\mu_0$  es la permeabilidad magnética del vacío ( $= 4\pi \cdot 10^{-7}$  [T]), y  $B_{rem}$  es la remanencia del material que se obtiene si todos los momentos internos se alinean a lo largo del campo  $H$  de excitación: cuanto más pronunciada es la curva cerca del origen  $H = 0$ , mayor es la permeabilidad relativa  $\mu_r$ , pero

esto también significa que el material se satura con campos magnéticos  $H_1 < H_2$  menores que para un material con una pendiente menor cerca del origen  $H = 0$ , como lo indica la línea discontinua de la Figura 12C en comparación.

5 Además, es concebible que el manguito 214a (véase la Figura 12B) sea la única parte que protege los campos magnetostáticos en la configuración de la Figura 12B. Tal situación puede ocurrir, por ejemplo, si el eje 101 está hecho de un material no magnético como el aluminio o el latón o la fibra de carbono, mientras que el manguito 214a está hecho de material magnético blando. En tales condiciones, el manguito 214a apantallará el (los) elemento(s) 104 de detección del campo magnético de la perturbación magnética externa.

10 El apantallamiento 214a también minimiza la interacción no deseada entre el cojinete 212 y el imán 206. Se apreciará que el cojinete 212 tiene partes móviles (por ejemplo, las bolas) que pueden ser magnéticas y, por lo tanto, pueden estar magnetizadas debido al campo magnético del imán 206. Como consecuencia, el cojinete 202 magnetizado puede generar un campo magnético pobremente definido que se superpone al campo del imán 206 en la localización del (de los) elemento(s) 104 de detección del campo magnético como lo indica una cruz x que se encuentra a una longitud  $da$  hacia adentro del taladro. Por lo tanto, el cojinete 202 magnetizado dará lugar a errores adicionales en la medición de la posición de la rotación del eje 101.

20 Se apreciará que el imán 206 de la Figura 12B es de forma cilíndrica, mientras que el imán de la Figura 12A comprendía dos imanes 206 individuales. En ambos casos, el taladro dentro de la parte final del eje está terminado por un agujero de perno. Sin limitación, otras opciones son concebibles y no limitantes a la presente descripción.

25 La Figura 12D muestra otra disposición similar a la examinada en relación con las Figuras 12A y B. En aras de la brevedad, a las entidades similares de la Figura 12D se les dan números de referencia similares a aquellas de las Figuras 12A o 12B. La disposición de un sensor que se inserta en un taladro de una parte final de pared delgada de un eje 101 de la Figura 12D comprende, en particular, un manguito 214b diferente del manguito 214a de la Figura 12B. El manguito de la Figura 12D muestra un espacio en la dirección radial de la anchura  $gr$ . El espacio puede rellenarse convenientemente con aire o con plástico o con otro material no magnético. El espacio  $gr$  ayudará a mejorar la eficiencia de apantallamiento del manguito 214b. Será ventajoso ajustar la fuerza del imán 206 a la anchura del espacio radial  $gr$ , de manera que el campo magnético del imán 206 no sature demasiado el manguito 214b. Tal configuración aumentará aún más la eficiencia de apantallamiento del manguito 214b.

30 La Figura 12E ilustra una variante adicional de un manguito 214c. La disposición de la Figura 12E es similar a la de las Figuras 12D y 12B, y en aras de la brevedad, los elementos similares se indican utilizando números de referencia similares. Mientras que en la Figura 12D el espacio radial  $gr$  del manguito 214b se extiende en toda la longitud del manguito 214b en dirección axial, el espacio radial  $gr$  del manguito 214c de la Figura 12E se extiende solamente de manera parcial a lo largo de una longitud de la parte final de pared delgada del eje 101. Preferiblemente, el espacio  $gr$  puede extenderse al menos más allá de una longitud de los elementos de detección (indicada por una  $x$  a lo largo del eje de rotación, a una distancia  $da$  de la abertura del taladro). De esta manera, el manguito 214c apantallará efectivamente al menos los elementos de detección de cualquier perturbación magnética externa. En cuanto al manguito 214b de la Figura 12D, la fuerza del imán 206 puede ajustarse a una anchura del espacio radial  $gr$  para no saturar demasiado el manguito 214c.

45 Cuando se diseña una disposición de uno o más elementos de detección (indicados por  $x$  en las Figuras 10, 12A, 12B, 12D y 12E) dentro de una parte final de pared delgada de un eje 101, las dimensiones respectivas de los elementos individuales pueden considerarse para optimizar el comportamiento global de la disposición.

50 En general, un diámetro interior  $D_i$  del taladro 101 debe ser lo más pequeño posible, porque esto conducirá en primer lugar a imanes más pequeños con campos magnéticos más grandes en una posición del (de los) elemento(s) de detección del campo magnético para una masa magnética dada (o de manera equivalente: relación del campo magnético alcanzable al coste del material del imán). En segundo lugar, cuanto menor sea el diámetro interior  $D_i$  del taladro, los campos magnéticos externos son más eficientemente apantallados por la parte final de pared delgada del eje 101 y/o un manguito 214a, 214b, 214c.

55 Si se usa un paquete de sensores SMD estándar para el (los) elemento(s) 106 de detección (se ve mejor en la Figura 12 donde el paquete 104 de sensores SMD está orientado perpendicular al eje de rotación) el paquete de sensores SMD tiene dimensiones laterales de aproximadamente 5 mm x 6 mm. Si el paquete está soldado a una pequeña placa de circuito impreso (PCB) y ambos se colocan dentro del eje, esto requiere un diámetro interior mínimo del taladro del imán 206 de aproximadamente 12 mm. Entonces, el diámetro  $D_i$  del taladro del eje debe ser de al menos 16 mm y el diámetro exterior del eje debe ser de al menos 18-20 mm.

60 Sin embargo, para los paquetes de sensores con terminales de conexión, la situación es algo diferente, como se puede ver en la Figura 13: la Figura 13 ilustra una vista en sección transversal a través del eje 101 dentro de la parte final de pared delgada cerca de una posición de los elementos 106 de detección dentro del taladro del eje 101.

65 En el resto de esta descripción, los paquetes de sensores con terminales de conexión deben entenderse como un paquete de sensores donde al menos un chip semiconductor indicado como chip en la Figura 13 está montado

dentro del paquete y cubierto por alguna cubierta protectora tal como el compuesto de molde mc conocido en la técnica. Para el sensor con terminales de conexión, al menos dos terminales de conexión del sensor sobresalen de la cubierta protectora de mc, y los terminales de conexión del sensor están en contacto con el chip para poder suministrar energía eléctrica al chip y para obtener una señal de salida del chip. Es conveniente que los terminales de conexión se dirijan a un lado del paquete (que es el extremo abierto del lado del eje, a la izquierda en la Figura 13).

Obsérvese que los terminales de conexión pueden entrar en la cubierta protectora de mc en varias caras en su perímetro; sin embargo, es útil que los terminales de conexión se doblen hacia un lado, en concreto, hacia el extremo abierto del eje 101. Por supuesto, el caso preferido es que todos los terminales de conexión sobresalgan en una cara del paquete. Tampoco es necesario que el (los) chip(s) esté(n) montados en un marco de terminales como se ilustra en la Figura 13. El marco de terminales puede comprender una pastilla a la que el chip está pegado o montado y terminales de conexión. Debe entenderse que se requieren terminales de conexión para energizar los elementos de detección y para obtener una salida del sensor.

Alternativamente, se pueden usar terminales de conexión simples en lugar del marco de terminales. Más bien, debe entenderse que el marco de terminales es opcional para todos los elementos de detección examinados a lo largo de esta descripción.

Además, se puede contactar con el chip de varias maneras: por ejemplo, mediante cables de unión (bw) como se muestra en la Figura 13 o mediante el ensamblado tipo flip chip sobre un marco de terminales u otros medios de contacto conocidos en la técnica, que no son esenciales para la presente descripción y, por lo tanto, no se analizarán en detalle.

El paquete proporciona un límite inferior de  $D_i$  para el (los) elemento(s) de detección del campo magnético más la holgura necesaria entre este paquete y el taladro interior del imán 206. El tamaño de chip semiconductor más pequeño posible en la dirección diametral es de aproximadamente 1 mm. Esto da un tamaño de paquete de 2,5 mm en la dirección diametral. Por lo tanto, el diámetro mínimo del taladro para el imán es de 3 mm y, por lo tanto, el diámetro mínimo del taladro  $D_i$  de la parte final de pared delgada del eje es de 5 mm. Para mantener la estabilidad mecánica del eje, el diámetro exterior mínimo del eje es de 6 mm.

Obsérvese que en la Figura 13, los elementos 106 de detección del campo magnético detectan preferiblemente una orientación del vector de campo magnético proyectado en un plano que es perpendicular al eje z. El chip está normalmente dispuesto paralelo al eje z. En consecuencia, la proyección del vector de campo magnético sobre un plano que es perpendicular al eje Z puede descomponerse en una componente x y en una componente y, por lo que la componente y está en el plano del chip y la componente x es perpendicular al chip.

Si se decide ahora usar un sistema de coordenadas cartesianas con ejes (x, y, z). En consecuencia, los elementos 106 de detección del campo magnético deben ser capaces de detectar el ángulo entre las componentes x e y del campo magnético generado por el imán 206. Este es un ángulo fuera del plano según  $\tan(\text{ángulo}) = B_x / B_y$  (porque x es perpendicular al plano del chip). Los elementos magneto-resistivos corrientes detectan solamente los ángulos en el plano (es decir, los ángulos entre las componentes y y z de los campos magnéticos según  $\tan(\text{ángulo}) = B_y / B_z$ ). Los ángulos fuera del plano se pueden detectar mediante una combinación de al menos una placa Hall y un dispositivo de efecto Hall vertical.

Además, debe entenderse que la colocación de los elementos 106 de detección en el taladro debe ser lo más simétrica posible con respecto al imán 206. Bajo la misma premisa es de interés colocar el imán 206 lo más simétricamente posible dentro del taladro.

La Figura 14A ilustra una vista en sección transversal de la parte final de pared delgada del eje 101 con un imán 206 cilíndrico. Debe observarse que la Figura 14A, al igual que los otros dibujos mencionados en la presente memoria, puede no estar dibujada a escala. La posición A de los elementos 106 de detección se indica mediante una cruz a lo largo del eje z. De hecho, la posición del elemento sensor se elige como origen en la configuración de la Figura 14A. El imán 206 se puede colocar simétrico en la dirección z alrededor de la posición x del sensor. Para tal colocación, la longitud  $S_1$  es idéntica a  $S_2$ . Si además una abertura del imán 206 es concéntrica con el eje z, la distancia  $S_5$  es idéntica a la distancia  $S_6$  como se indica en la Figura 14A. Sin embargo, si la abertura del imán no fuera concéntrica con un perímetro exterior del imán 206, la distancia  $S_7$  puede no ser idéntica a la distancia  $S_8$  de la Figura 14A. Además, se entenderá que  $S_5$  puede no ser idéntica a  $S_6$ , si el taladro interior del imán 206 y/o un perímetro del imán 206 pueden ser de forma elíptica o no circular.

Preferiblemente, la mayor cantidad posible de las ecuaciones mencionadas anteriormente deberían observarse substancialmente, en concreto,  $S_1 = S_2$ ,  $S_3 = S_4$ ,  $S_5 = S_6$  y  $S_7 = S_8$ . La motivación para cumplir con la mayor cantidad posible de las ecuaciones anteriores es el hecho de que se puede lograr el mayor nivel posible de homogeneidad de campo del campo magnético. Esta es una manera diferente de decir que un número máximo de derivadas espaciales del campo magnético desaparecerá en la posición x del sensor, si se cumplen las ecuaciones anteriores. Como consecuencia de la desaparición de las derivadas de campo magnético, las tolerancias (del

conjunto) en la dirección de la derivada del campo magnético que desaparece no tendrán un impacto en una medición del ángulo del elemento 106 de detección. Un experto en la técnica apreciará que las consideraciones de simetría anteriores se hacen bajo el supuesto de una magnetización substancialmente homogénea del imán 206.

5 Las Figuras 14B - 14D ilustran variantes de la parte final de pared delgada del eje 101 con el imán 206 y una longitud del taladro S3 + S4 centrado alrededor de la posición x del sensor. En aras de la brevedad, se hace referencia a los elementos similares utilizando números de referencia similares.

10 En la Figura 14B, el taladro termina en una punta con forma de cono, mientras que el taladro de la Figura 14C se estrecha desde el diámetro interior  $D_i$  hasta un diámetro mínimo  $D_m$ , mientras que en cambio el taladro de la Figura 14D cambia del diámetro interior  $D_i$  al diámetro mínimo  $D_m$ , produciendo un hombro. Un experto en la técnica apreciará formas de lograr las diferentes formas de terminar el taladro en un extremo que se aleja de la abertura (mostradas a la derecha en las figuras).

15 Se observará que hasta ahora el taladro de pared delgada del eje 101, el imán 206, así como el taladro del imán se han considerado circulares cuando se miran según el eje z. Un gran número de formas son posibles para estos elementos, y solamente una selección de las mismas se tratará a continuación junto con las Figuras 15A -15I. Estas figuras ilustran vistas en sección transversal del taladro en la parte final de pared delgada de un eje en un plano perpendicular al eje de rotación z, respectivamente.

20 La Figura 15A muestra una sección transversal de un eje 101 con un perímetro exterior circular, un taladro circular y un imán 206 con perímetro exterior y taladro ambos circulares, en donde todos los taladros y/o perímetros circulares son concéntricos al eje de rotación z.

25 En la Figura 15B, un perímetro exterior del eje 101 es cilíndrico, mientras que un taladro del eje 101 es elíptico, el perímetro exterior del imán encaja en el taladro elíptico. Además, el taladro del imán también es elíptico, pero los ejes mayor y menor del taladro del eje pueden no coincidir con los ejes mayor y menor del taladro elíptico del imán 206. En la configuración de la Figura 15B, el eje mayor del perímetro exterior del imán está en la dirección x, mientras que el eje mayor del taladro del imán está en la dirección y. Alternativamente, ambos ejes mayores también pueden ser paralelos o estar en cualquier otro ángulo entre ellos.

30 La Figura 15C muestra un eje 101 cilíndrico, mientras que un taladro en la parte final de pared delgada del eje es de forma cuadrada o rectangular. El perímetro exterior del imán 206 coincide de hecho con la forma del taladro del eje 101. El taladro del imán 206 es de forma circular. De nuevo, todas las formas están centradas en el eje de rotación z, lo que sin embargo no limita la presente descripción.

35 La Figura 15D es similar a la Figura 15C, pero el taladro del imán 206 tiene forma rectangular o cuadrada, en lugar de circular. El perímetro exterior del imán 206 coincide con la forma rectangular del taladro del eje 101.

40 La Figura 15E es similar a las Figuras 15 C o 15D. Sin embargo, en la Figura 15E, el taladro del imán 206 es de forma hexagonal. De nuevo, el perímetro exterior del imán 206 coincide con la forma rectangular del taladro del eje 101.

45 En la Figura 15F, un taladro del eje 101 es de perímetro pentagonal, mientras que un taladro del imán 206 es de forma hexagonal. Como antes, un perímetro interior del taladro dentro del eje 101 coincide con un perímetro exterior del imán 206.

50 En las Figuras 15G-15H, el taladro del eje 101 tiene una geometría diferente a la del perímetro exterior del imán 206. En la Figura 15G, el perímetro interior de la parte final de pared delgada del eje 101 es circular, mientras que el perímetro exterior del imán 206 tiene forma pentagonal. Tal configuración deja algo de holgura entre el perímetro interior del taladro del eje y el perímetro exterior del imán 206. El imán 206 de la Figura 15G comprende un taladro hexagonal.

55 En la Figura 15H, un perímetro exterior del eje 101 no es circular, sino hexagonal, mientras que un perímetro del taladro de la parte final de pared delgada del eje 101 tiene forma circular. Un perímetro exterior del imán tiene forma pentagonal. En cuanto a la Figura 15H, un taladro del imán tiene forma hexagonal.

60 En ambos casos de las Figuras 15G y 15H, tenemos un espacio entre el respectivo imán 206 y el taladro del eje, pero este espacio tiene un ancho variable. Se apreciará que el imán 206 puede pegarse en el taladro del eje 101 o fijarse mecánicamente dentro del taladro por cualquier medio adecuado.

65 En la Figura 5I hay un espacio de ancho constante entre el imán 206 y el taladro del eje 101. El espacio se puede llenar con aire o plástico o algún otro material que sea básicamente no magnético, o algún pegamento para fijarlo con respecto al imán 206 dentro del taladro del eje 101.

Sin limitación, un imán 206, como se discute en la presente memoria, puede descomponerse en 2, 3, 4,... N segmentos, que están dispuestos en un patrón que tiene una simetría tal que cuando se gira alrededor del eje de rotación z un ángulo de  $360^\circ / N$  es idéntico a la forma original, lo que también puede denominarse simetría de orden N. En la Figura 16 se muestra un imán 206 de simetría de orden N en sección transversal para el caso  $N = 4$  que comprende los segmentos de imán 206a, 206b, 206c, 206d. Dicho imán 206 segmentado se puede producir, por ejemplo, mediante un proceso de moldeo por inyección como se conoce en la técnica.

Un experto en la técnica apreciará que para determinar una posición de rotación del eje 101 en base a campos magnéticos (giratorios) en la posición del sensor, es de interés asegurar una posición bien definida del imán 206 dentro del taladro del eje 101, en particular con respecto a una dirección azimutal, que es la dirección de rotación del eje 101. Para este fin, es conveniente proporcionar una o más ranuras 205a, 205b y 205c en el perímetro exterior del imán 206. Las ranuras se pueden rellenar con pegamento que se utiliza para pegar el imán dentro del taladro del eje. Las ranuras 205a, 205b, 205c también pueden tener el propósito de absorber los desplazamientos termomecánicos del imán 206 dentro del taladro del eje 101 para reducir la tensión mecánica sobre el imán 206. Esto ayudará a evitar que se rompa el imán 206. Mientras que las ranuras 205a, 205b, 205c se ilustran en la Figura 17 como ranuras del imán 206, las ranuras pueden proporcionarse alternativa o adicionalmente en el perímetro interior del taladro (no mostradas en la Figura 17).

La Figura 18 ilustra una opción adicional para asegurar una posición azimutal definida del imán 206 dentro del eje 101. Como una opción adicional también es posible introducir ciertas asimetrías únicas en el imán y en el eje, que sirven como chavetas 207 para definir una posición azimutal del imán 206 en relación con el eje 101. De nuevo, la Figura 18 proporciona un ejemplo no limitativo de tales asimetrías deliberadas. Del mismo modo, el imán podría tener forma de tronco en combinación con una forma de acoplamiento del taladro dentro del eje 101.

Si bien el método y las variaciones del mismo se ilustran y se describen a continuación como una serie de actuaciones o actividades, se apreciará que el orden ilustrado de dichas actuaciones o actividades no debe interpretarse en un sentido limitativo. Por ejemplo, algunas actuaciones pueden ocurrir en diferentes órdenes y/o concurrentemente con otras actuaciones o actividades aparte de aquellas ilustradas y/o descritas en la presente memoria. Además, no todas las actuaciones ilustradas pueden ser necesarias para implementar uno o más aspectos o realizaciones de la descripción en la presente memoria. Además, una o más de las actuaciones descritas en la presente memoria pueden llevarse a cabo en una o más actuaciones y/o fases separadas.

Se aprecia que el objeto reivindicado puede implementarse como un método, como un aparato o como un artículo de fabricación utilizando técnicas estándar de programación y/o ingeniería para producir software, firmware, hardware o cualquier combinación de los mismos para controlar un ordenador para implementar el objeto descrito (por ejemplo, los sistemas / dispositivos que se muestran en las Figuras 1, 2, etc., son ejemplos no limitativos de sistemas que se pueden usar para implementar los métodos anteriores). El término "artículo de fabricación", como se emplea en la presente memoria, pretende abarcar un programa de ordenador accesible desde cualquier dispositivo, soporte o medio legible por ordenador. Por supuesto, los expertos en la materia reconocerán que se pueden hacer muchas modificaciones a esta configuración sin apartarse del alcance o el espíritu del objeto reivindicado.

Una disposición de sensor incluye un elemento sensor y un módulo de imán. El elemento sensor se configura para medir un campo magnético y se coloca dentro de un eje. El eje se configura para apantallar el módulo magnético y el elemento sensor. El módulo de imán se configura para generar el campo magnético. El elemento sensor se coloca al menos parcialmente dentro del eje.

Otra disposición de sensor incluye un módulo sensor, una caja y un eje. El módulo sensor se configura para medir un campo magnético. La caja tiene una abertura de módulo y un hueco de caja. El módulo sensor se coloca dentro de la abertura del módulo. El eje se acopla al hueco del eje y tiene un módulo de imán configurado para generar el campo magnético. El eje se configura para apantallar el módulo de imán y el módulo sensor.

Un dispositivo sensor integrado incluye un módulo sensor, una caja y un módulo de imán. El módulo sensor se configura para medir un campo magnético. La caja tiene una abertura de módulo y un hueco de eje y se configura para apantallar el módulo sensor. El módulo sensor se coloca dentro de la abertura del módulo. El módulo de imán se coloca dentro de un eje. El eje se acopla al hueco del eje. El módulo de imán se configura para generar el campo magnético. El eje se configura para apantallar el módulo de imán.

Se describe un sistema sensor que tiene un módulo sensor, una interfaz y una unidad de control. El módulo sensor se encuentra dentro de una caja y tiene un elemento sensor configurado para proporcionar mediciones de un campo magnético. La caja apantalla al módulo sensor frente a una o más perturbaciones. La interfaz se acopla al módulo sensor apantallado y se configura para transferir mediciones de campo magnético desde el módulo sensor apantallado. La unidad de control se configura para determinar la información angular en base a las mediciones del campo magnético.



Se describe un método para operar un dispositivo sensor. Un módulo sensor se configura o se coloca en una caja. El módulo sensor está apantallado frente a una o más perturbaciones por la caja. Un eje se configura para tener un hueco de eje. Un módulo de imán se coloca dentro del hueco del eje. El módulo de imán está apantallado de una o más perturbaciones por el eje. El módulo magnético genera un campo magnético. El campo magnético es medido por el módulo sensor.

5

En particular con respecto a las diversas funciones realizadas por los componentes o estructuras descritos anteriormente (conjuntos, dispositivos, circuitos, sistemas, etc.), los términos (incluida una referencia a unos "medios") utilizados para describir dichos componentes se pretende que correspondan, a menos que se indique lo contrario, a cualquier componente o estructura que realice la función especificada del componente descrito (por ejemplo, que sea funcionalmente equivalente), aunque no sea estructuralmente equivalente a la estructura descrita que realiza la función en las implementaciones ejemplares de la invención ilustradas en la presente memoria. Además, si bien una característica particular de la invención puede haberse descrito con respecto a una única de varias implementaciones, dicha característica se puede combinar con una o más características adicionales de las otras implementaciones, según se desee y sea ventajoso para cualquier aplicación dada o particular. Además, en la medida en que los términos "que incluye", "incluye", "que tiene", "tiene", "con" o variantes de los mismos se usen tanto en la descripción detallada como en las reivindicaciones, se pretende que dichos términos sean inclusivos de una manera similar al término "que comprende".

10

15

20

REIVINDICACIONES

1. Una disposición de sensor que comprende:

- 5 - un motor;
- un eje (210; 410; 101) giratorio unido al motor en un primer extremo, extendiéndose el eje giratorio a lo largo de un eje de rotación;
- un módulo (106; 206; 306; 700; 800) de imán acoplado al eje giratorio configurado para generar un campo magnético; y
- 10 - un elemento (104) de detección configurado para detectar un campo magnético giratorio causado por el módulo (106; 206; 306; 700; 800) magnético al girar el eje (210; 410; 101) giratorio alrededor del eje de rotación,

**caracterizado por que:**

- 15 el eje giratorio comprende un taladro que se extiende dentro de una segunda parte final del eje a lo largo del eje de rotación,
- por que** el módulo de imán está acoplado a al menos una cara del taladro y configurado para generar el campo magnético dentro del taladro, y
- por que** el elemento (104) sensor tiene un punto sensible, estando dispuesto el punto sensible dentro del taladro y expuesto al campo magnético giratorio.
- 20

2. La disposición de la reivindicación 1, en donde el taladro tiene un diámetro interior  $D_i$ , y el punto sensible está colocado a una distancia  $d_a$  dentro del taladro desde una abertura del taladro en un extremo del eje (210; 410; 101).

25 3. La disposición de la reivindicación 2, en donde la distancia  $d_a$  dentro del taladro es substancialmente igual o mayor de 0,4 veces el diámetro interior  $D_i$ .

4. La disposición de la reivindicación 1, en donde el eje (210; 410; 101) comprende una parte final de pared delgada de espesor de pared  $d$ , extendiéndose la parte final de pared delgada substancialmente en dirección axial a lo largo de al menos una parte de una longitud del taladro.

5. La disposición de la reivindicación 4, en donde la parte final de pared delgada tiene una permeabilidad relativa  $\mu_r$ ; y en donde un producto de la permeabilidad relativa  $\mu_r$  y el espesor de la pared por el diámetro interior  $D_i$  es igual o mayor de 10.

35 6. La disposición de la reivindicación 2, que comprende además un miembro (208; 214) de apantallamiento; en donde el miembro (208; 214) de apantallamiento está montado de manera fija con respecto al módulo (106; 206; 306; 700; 800) de imán o está montado de manera giratoria con respecto al módulo (106; 206; 306; 700; 800) de imán; estando el miembro (208; 214) de apantallamiento dispuesto substancialmente de manera coaxial con el eje de rotación.

7. La disposición de la reivindicación 4, que comprende además un miembro (208; 214) de apantallamiento, en donde el miembro (208; 214) de apantallamiento está montado de manera giratoria contra el módulo (106; 206; 306; 700; 800) de imán o está montado de manera fija con respecto al módulo (106; 206; 306; 700; 800) de imán; estando el miembro (208; 214) de apantallamiento dispuesto substancialmente de manera coaxial con el eje de rotación. :

8. La disposición de las reivindicaciones 6 o 7, en donde el miembro (214) de apantallamiento se implementa como un manguito montado coaxialmente al eje de rotación.

50 9. La disposición de la reivindicación 1, que comprende además un cojinete (202; 212) configurado para sostener el eje de manera giratoria.

10. La disposición de la reivindicación 8, que comprende además un cojinete (202) configurado para sostener el eje (210; 410; 101) de manera giratoria fuera de la parte final de pared delgada del eje (210; 410; 101), en donde un espesor de pared del eje (210; 410; 101) es mayor fuera de la parte final de pared delgada del eje (210; 410; 101) que dentro de la parte final de pared delgada del eje (210; 410; 101).

60 11. La disposición de la reivindicación 8, en donde el manguito tiene un espesor  $d_2$  en dirección radial con respecto al eje de rotación; en donde el espesor radial  $d_2$  del manguito es substancialmente igual o mayor que el espesor  $d$  de pared de la parte final de pared delgada del eje (210; 410; 101).

12. La disposición de la reivindicación 11, en donde el manguito tiene una longitud  $d_{a2}$  en dirección axial; y en donde la longitud del manguito  $d_{a2}$  es igual o mayor que la distancia  $d_a$  del punto sensible que se coloca dentro del taladro desde una abertura del taladro en un extremo del eje (210; 410; 101).

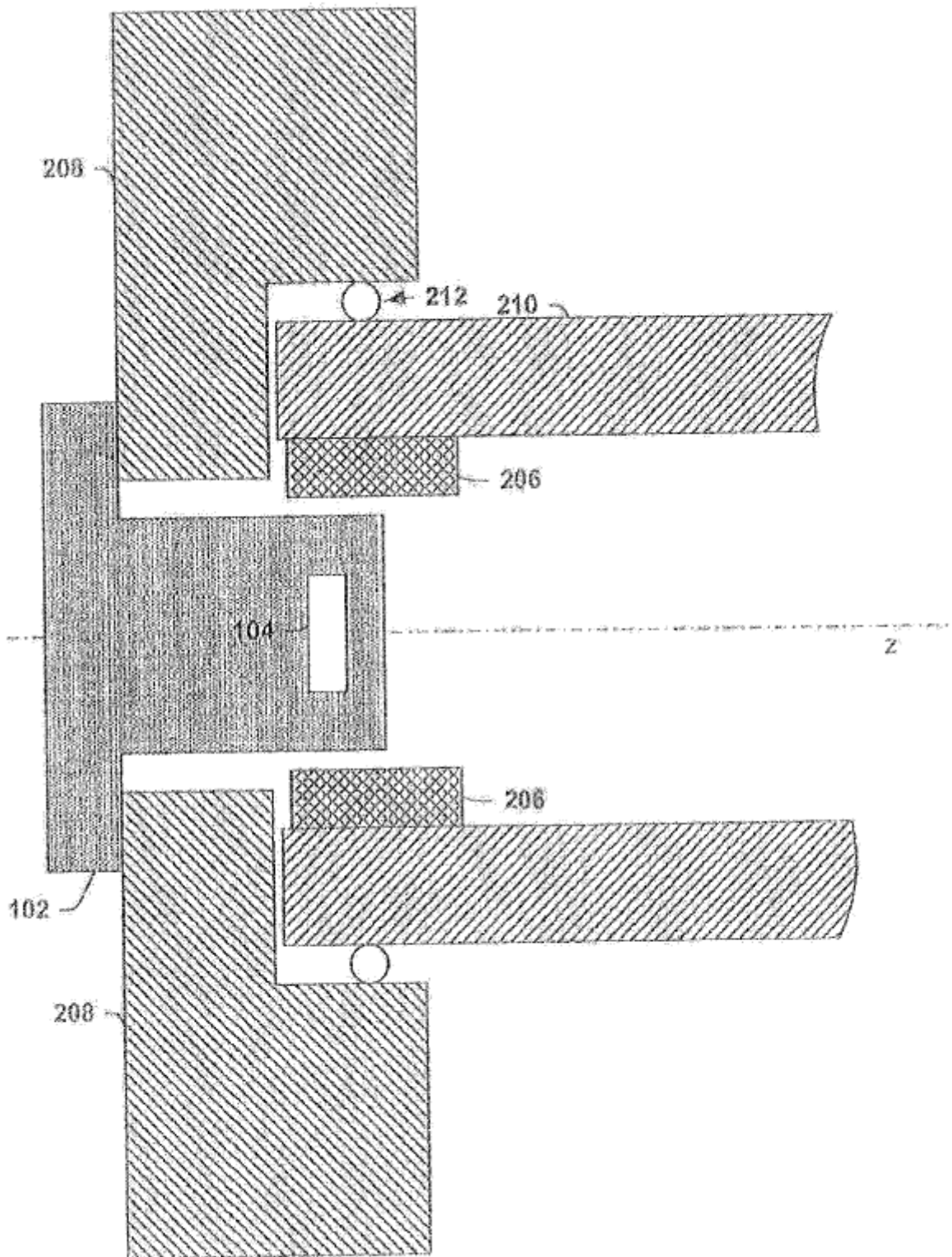
65

13. La disposición de la reivindicación 11, en donde el manguito comprende un espacio de anchura radial gr sobre al menos una parte de la longitud da2 del manguito en dirección axial.
- 5 14. La disposición de la reivindicación 1, en donde el eje (210; 410; 101) comprende un material no magnético, tal como el aluminio, el latón o la fibra de carbono.
- 10 15. La disposición de la reivindicación 1, en donde el elemento (104) de detección se implementa comprendiendo dos o más sensores escogidos del grupo que consiste en: elementos de detección de AMR, elementos de detección de GMR, elementos de detección de TMR, elementos de detección de CMR, placas de Hall, dispositivos de Hall verticales, elementos de detección MAGFET y elementos de detección de magneto-impedancia.
16. La disposición de la reivindicación 1, en donde el elemento (104) de detección es menor que 1/10 de un tamaño del módulo de imán.
- 15 17. La disposición de la reivindicación 1, en donde el módulo (106; 206; 306; 700; 800) de imán incluye al menos un miembro magnético de simetría rotacional, o simetría de orden N, con N mayor 1.
- 20 18. La disposición de la reivindicación 14, en donde el elemento (104) de detección se implementa como transductores discretos o elementos de detección integrados.
- 25 19. La disposición de la reivindicación 1, en donde el elemento (104) de detección comprende un primer sensor y un segundo sensor dispuestos en un plano del elemento de detección, siendo el primer sensor sensible a una primera componente del campo magnético en una dirección perpendicular al plano del elemento de detección, mientras que el segundo sensor es sensible a una segunda componente del campo magnético paralela al plano del elemento de detección;
- 30 estando configurado además el elemento (104) de detección para proporcionar al menos una señal de salida indicativa de una proyección del campo magnético giratorio sobre un plano de proyección paralelo a la primera componente del campo magnético y a la segunda componente del campo magnético; en donde al menos una señal de salida determina completamente un ángulo entre la proyección del campo magnético giratorio y una dirección de referencia en el plano de proyección.
- 35 20. La disposición de la reivindicación 1, en donde el módulo (106; 206; 306; 700; 800) de imán está dispuesto simétricamente al punto sensible con respecto a al menos uno de los escogidos del grupo que consiste en: el eje de rotación, una dirección radial con respecto al eje de rotación, y una dirección acimutal con respecto al eje de rotación.



100 ↗

Fig. 1



200 ↗

Fig. 2

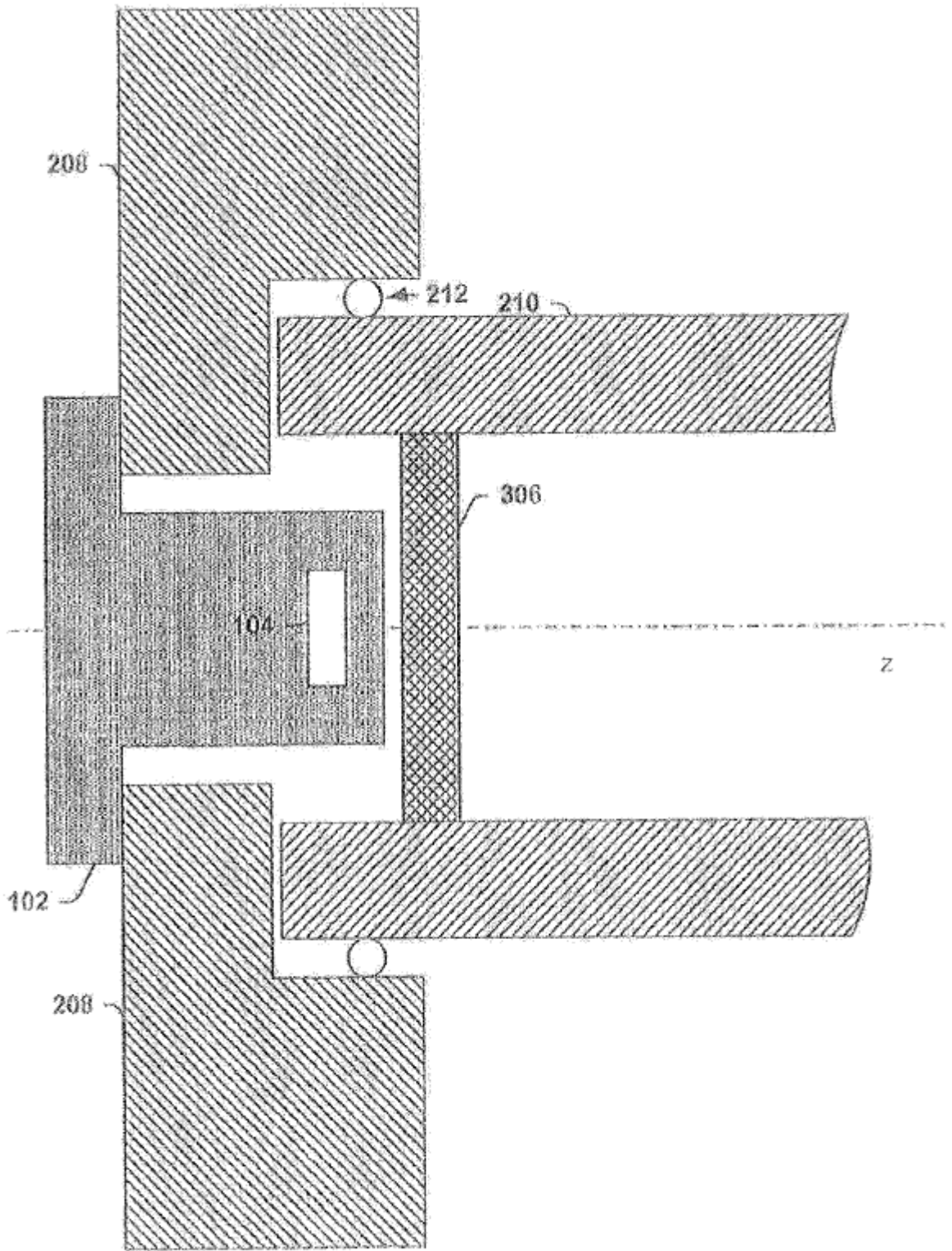


Fig. 3

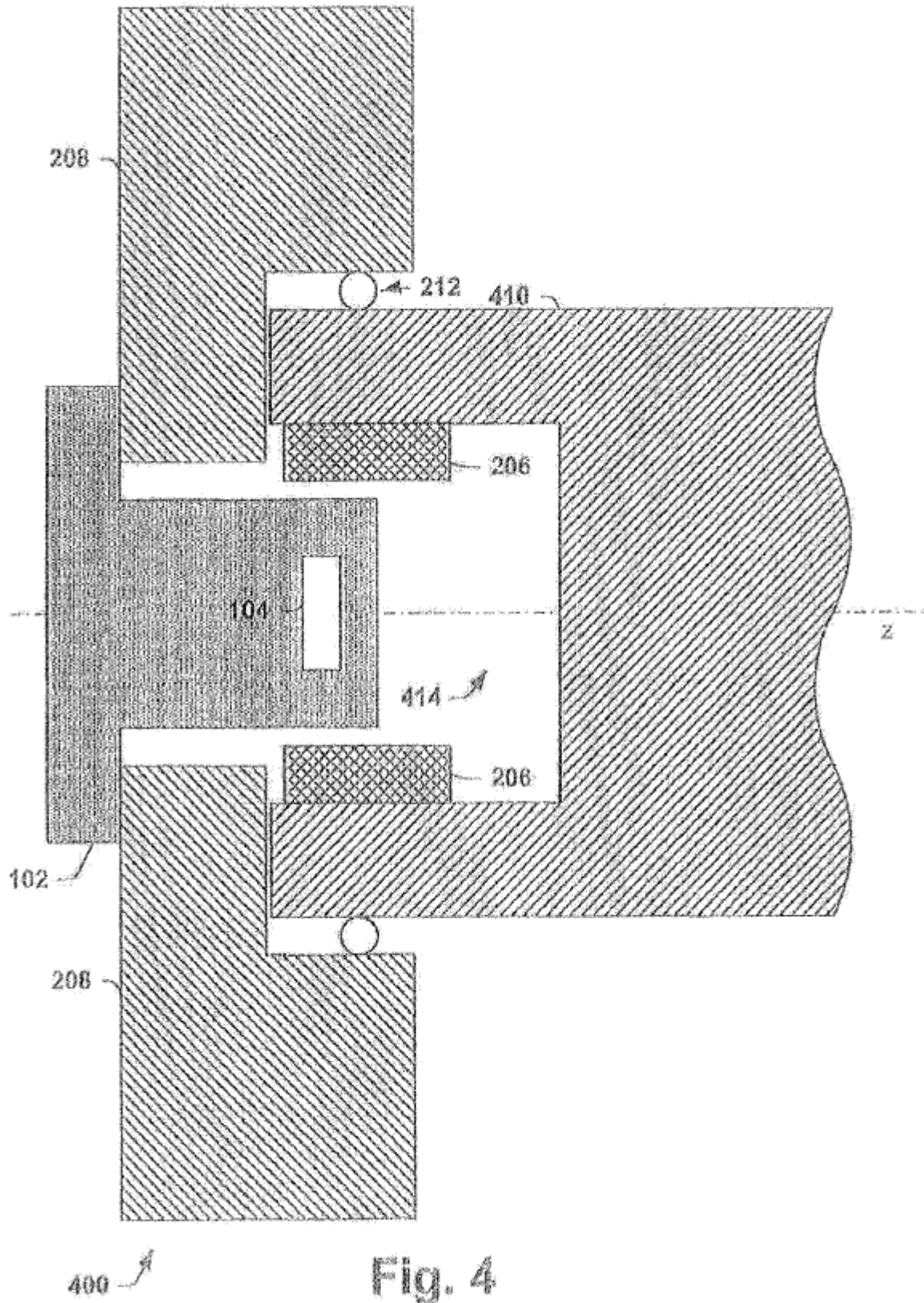


Fig. 4

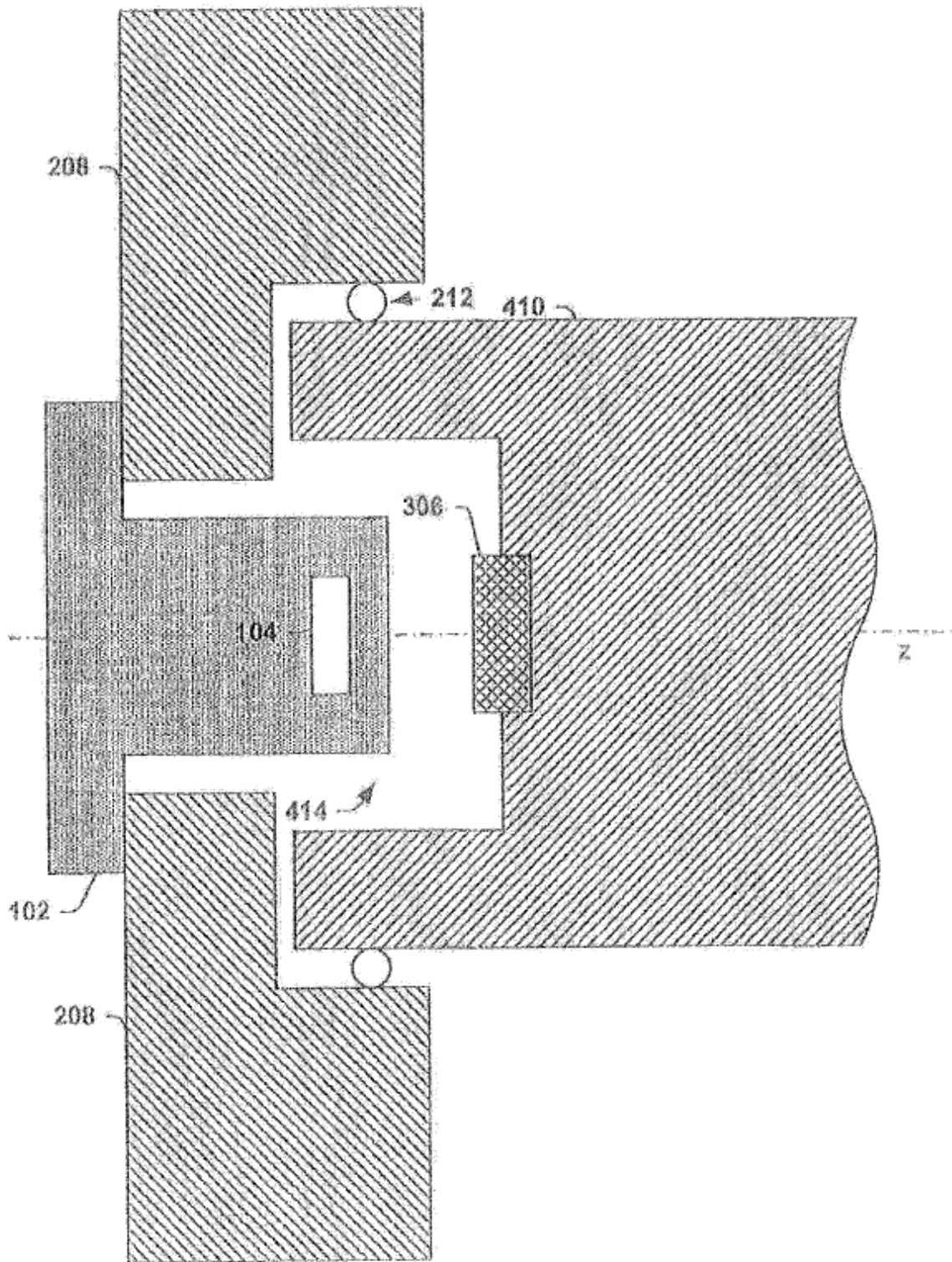
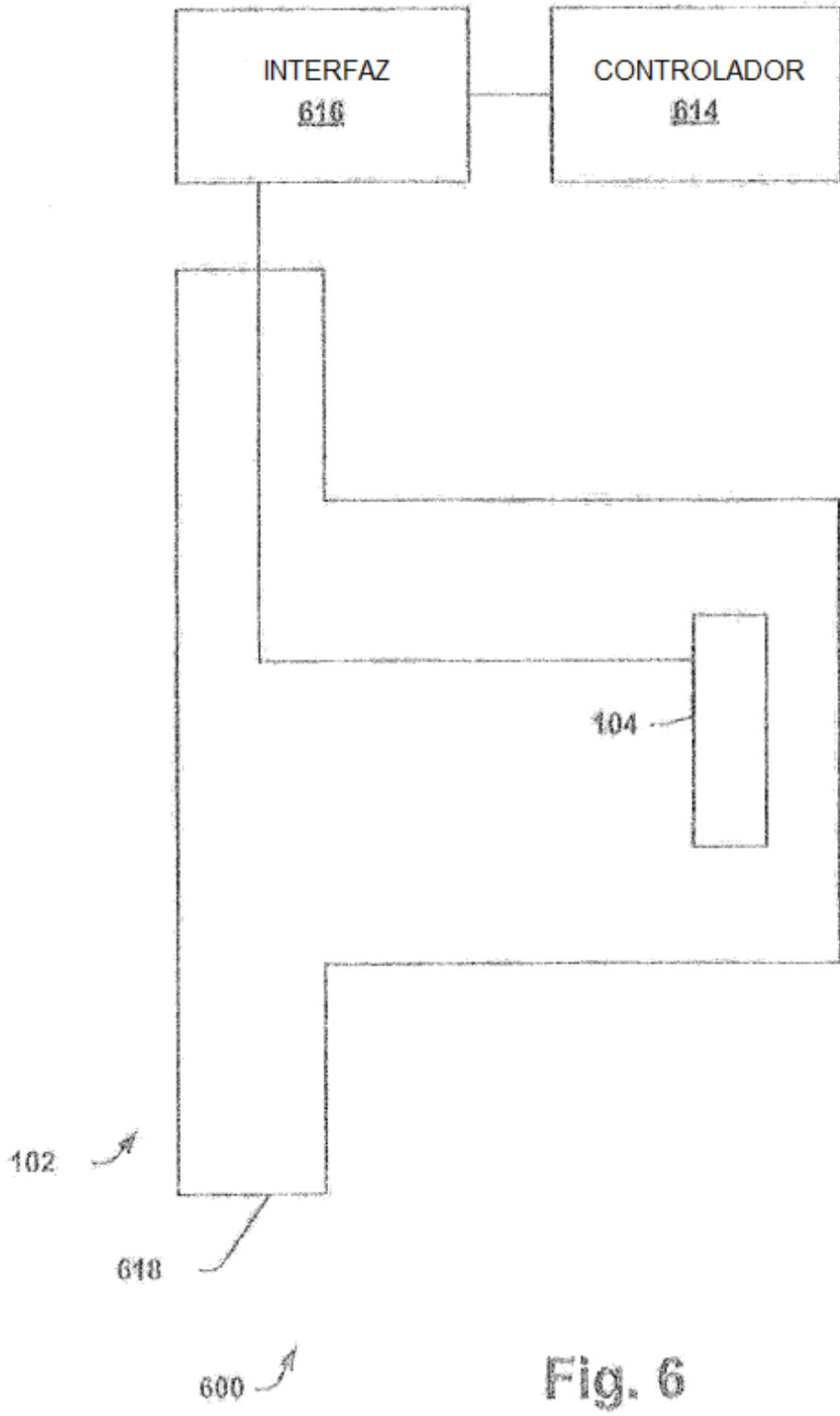


Fig. 5





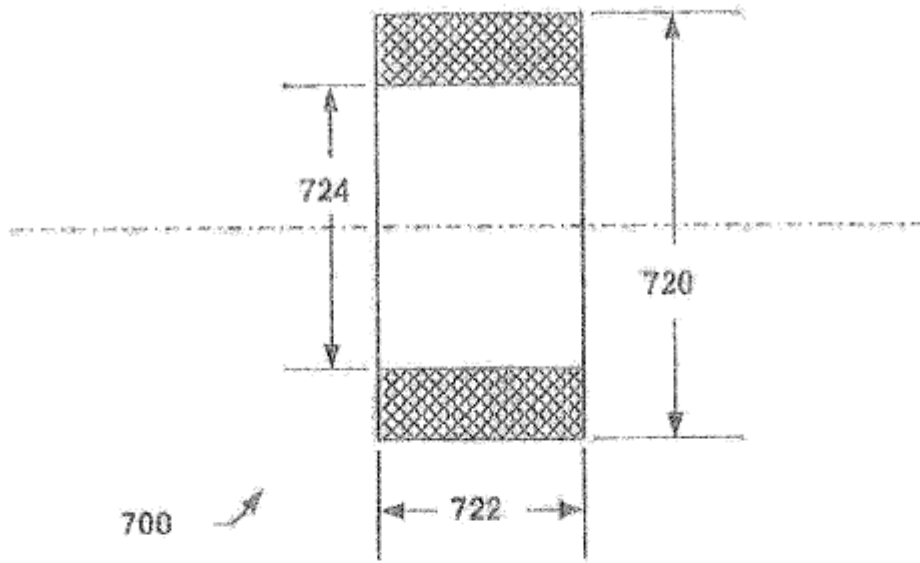


Fig. 7

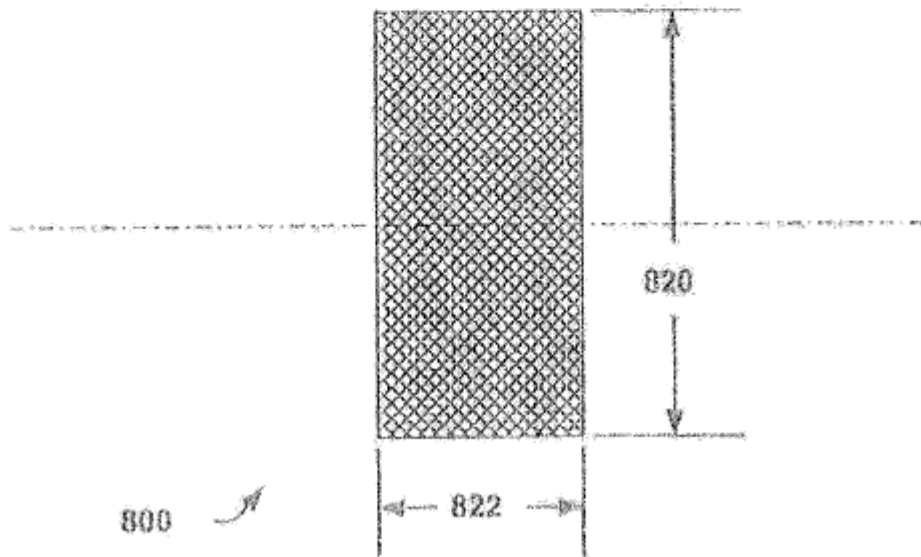
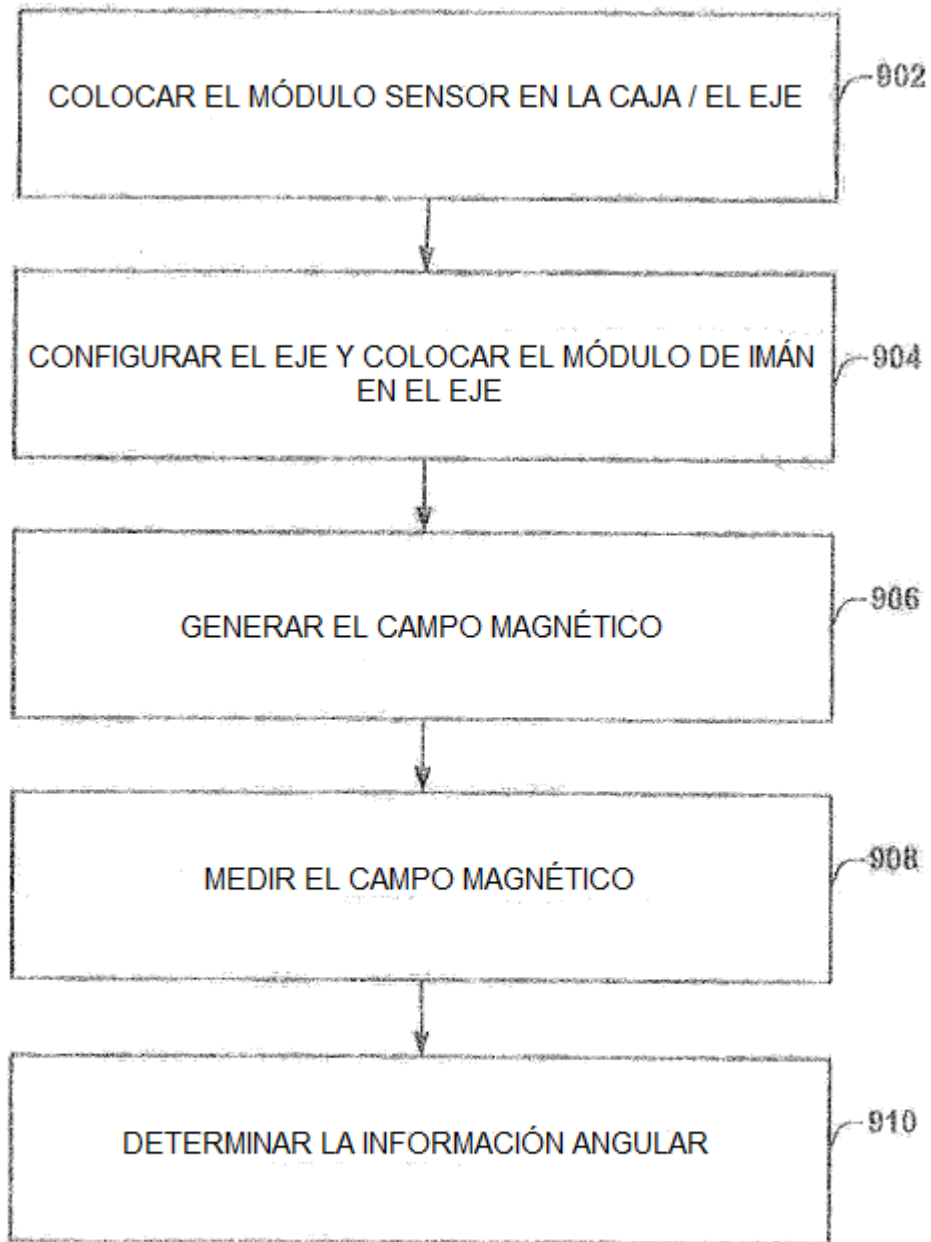


Fig. 8



900 ↗

**FIG. 9**

FIG 10

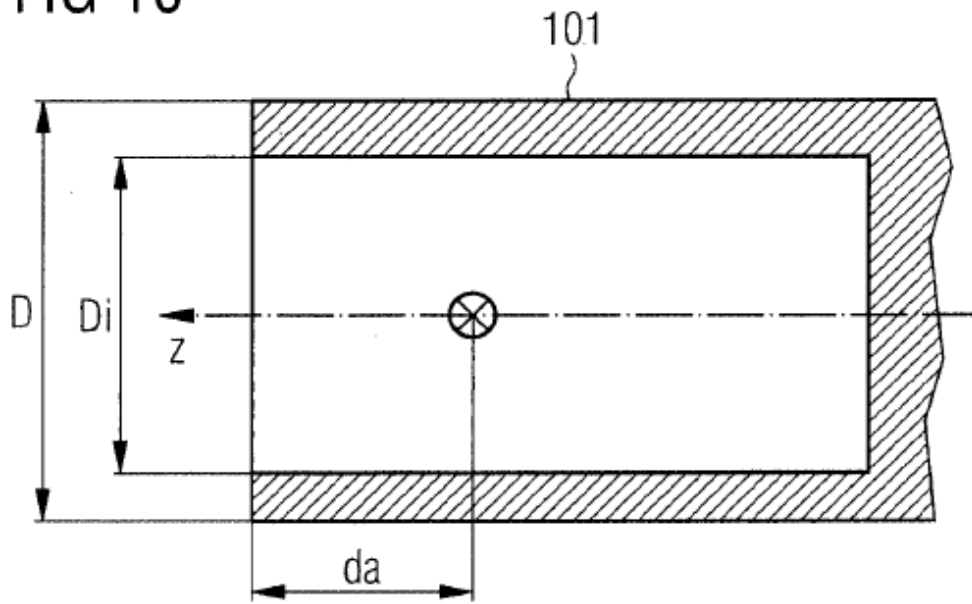


FIG 11A

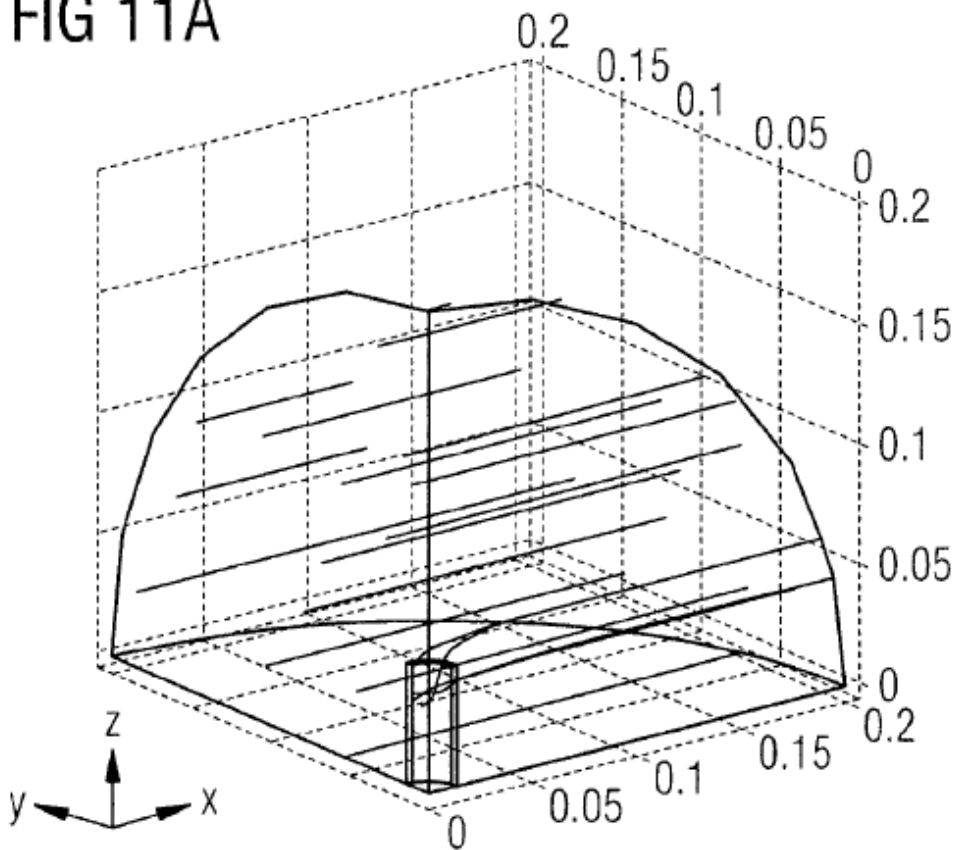


FIG 11B

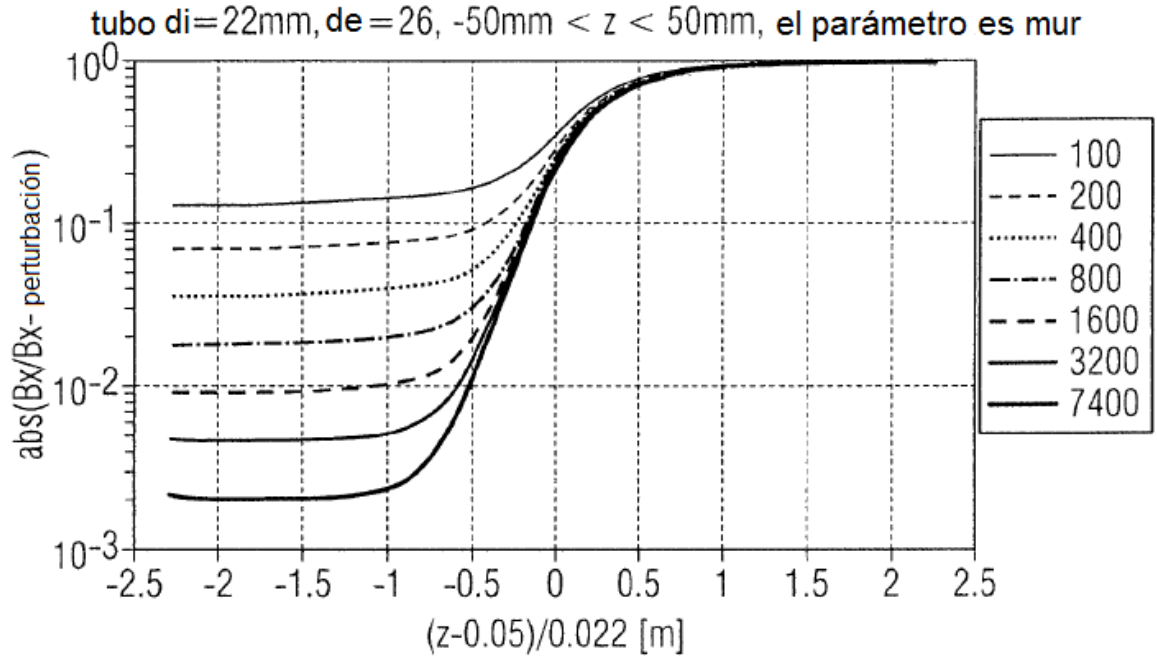
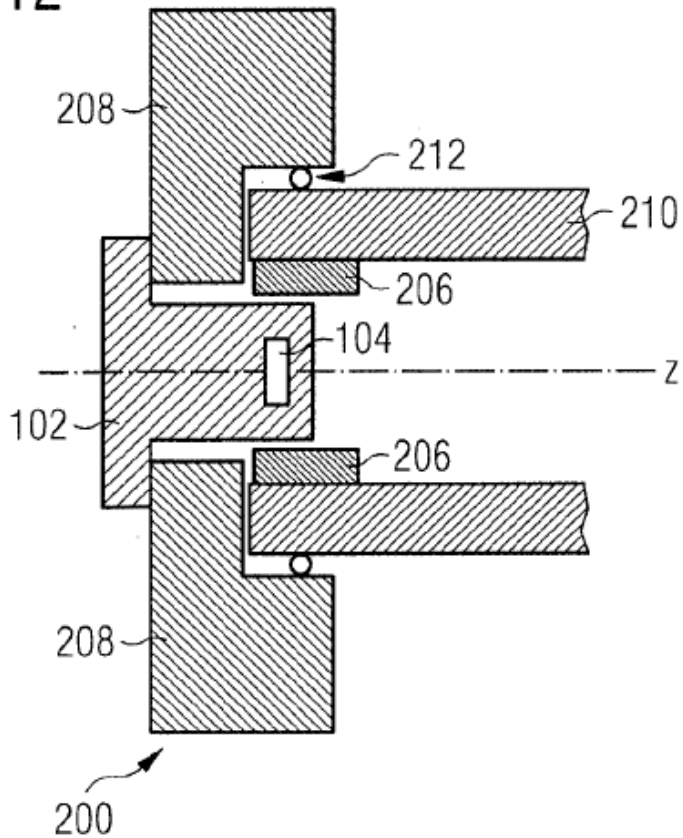
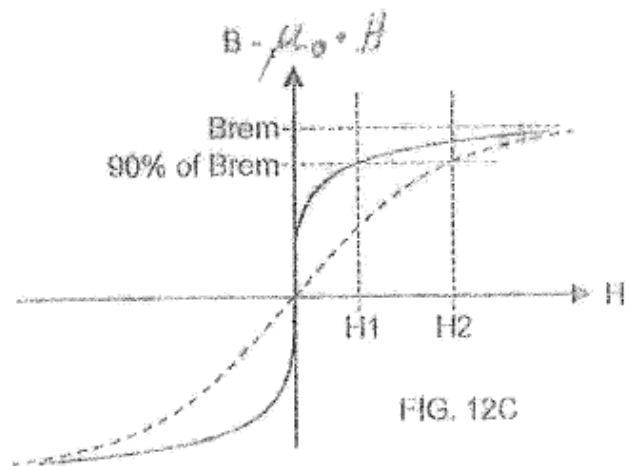
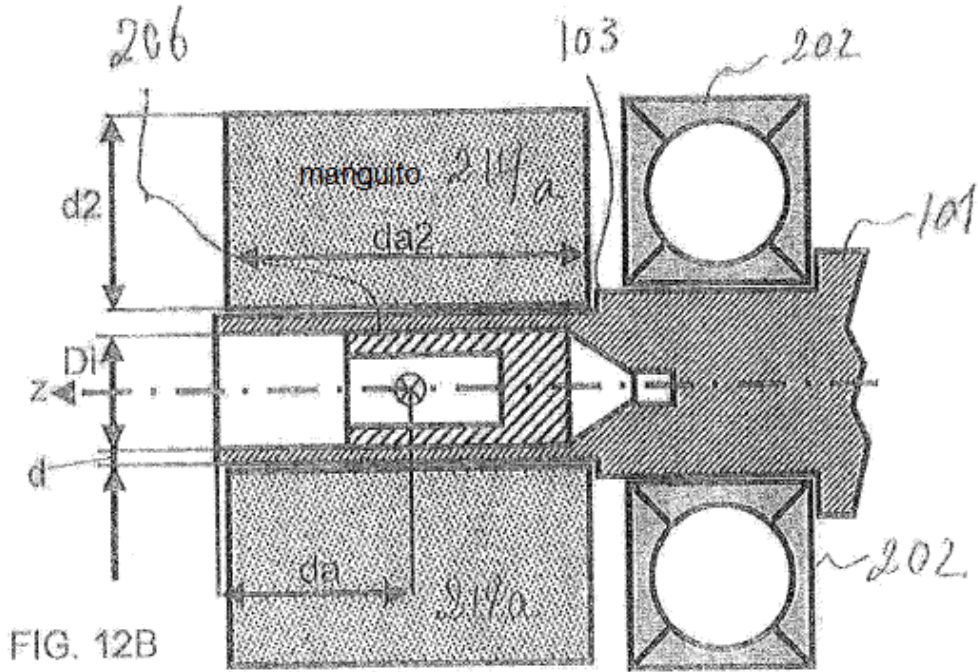
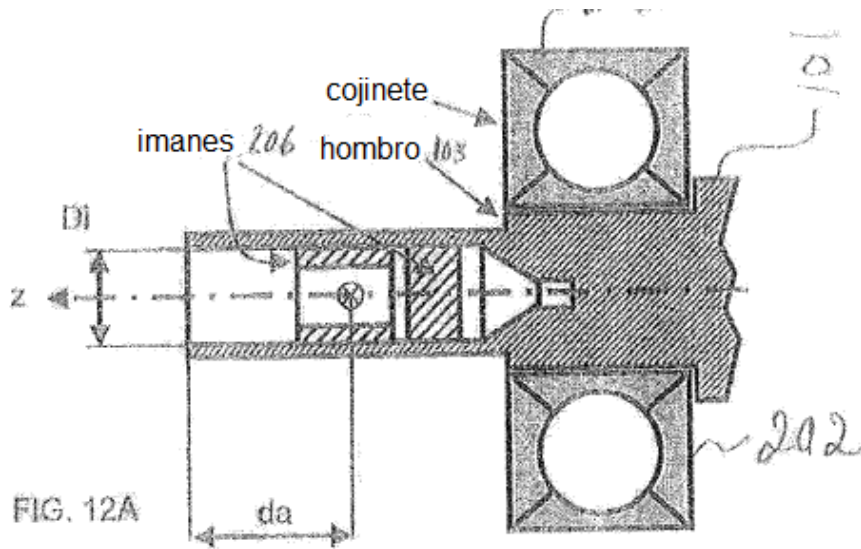
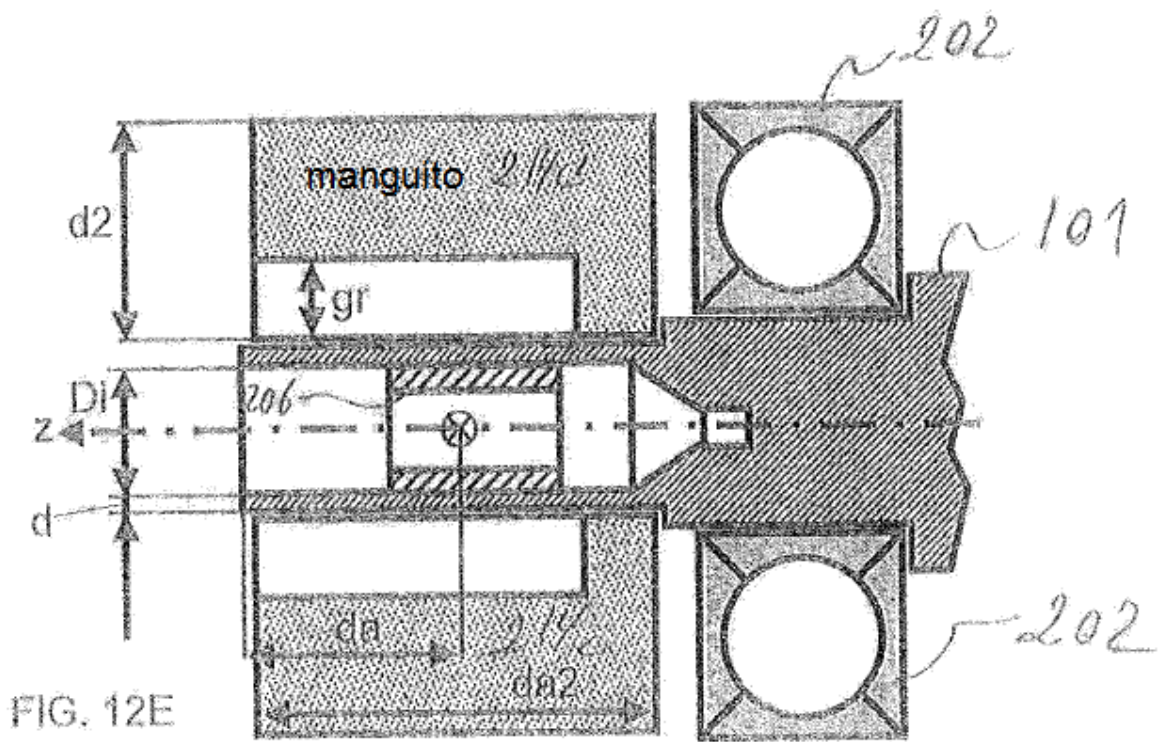
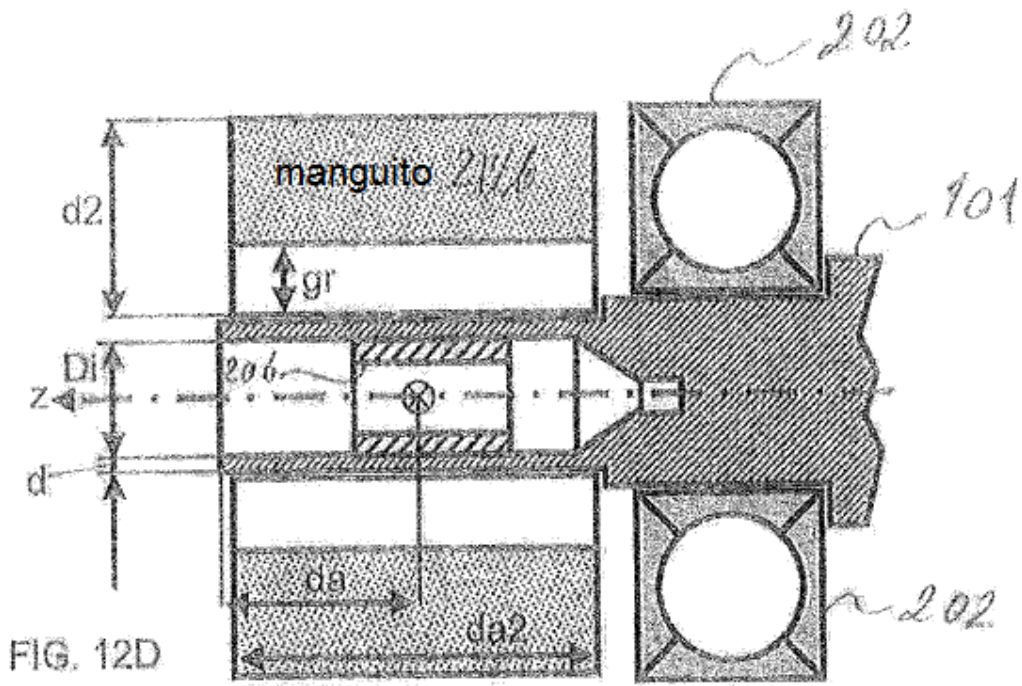
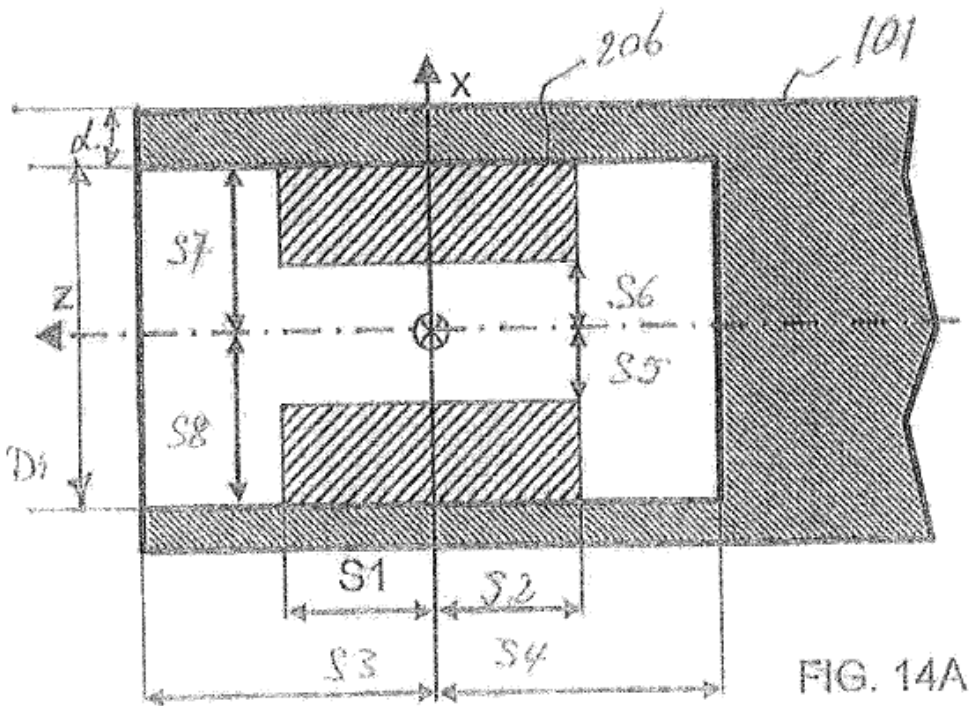
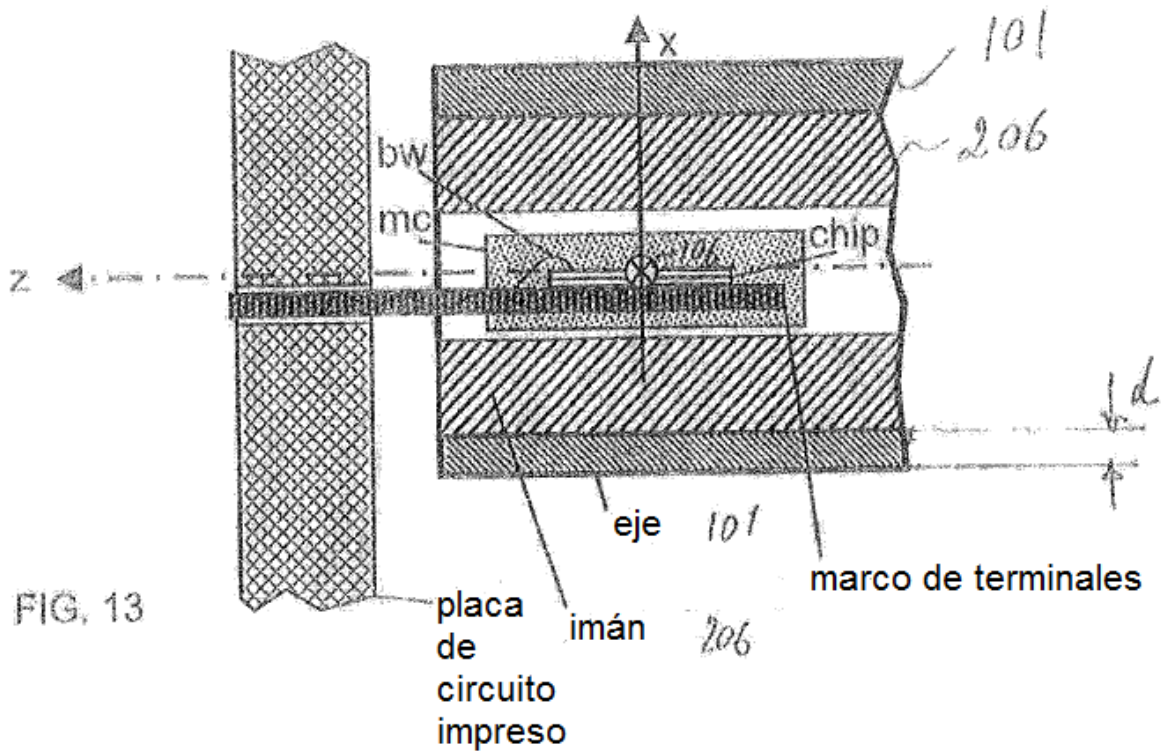


FIG 12











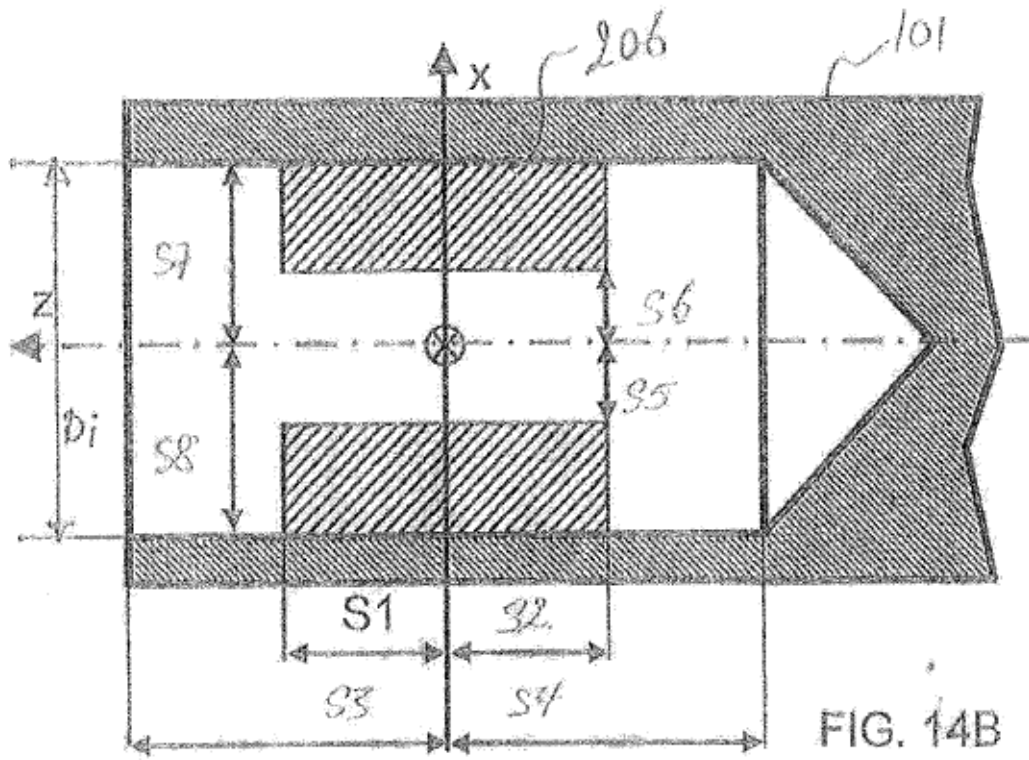


FIG. 14B

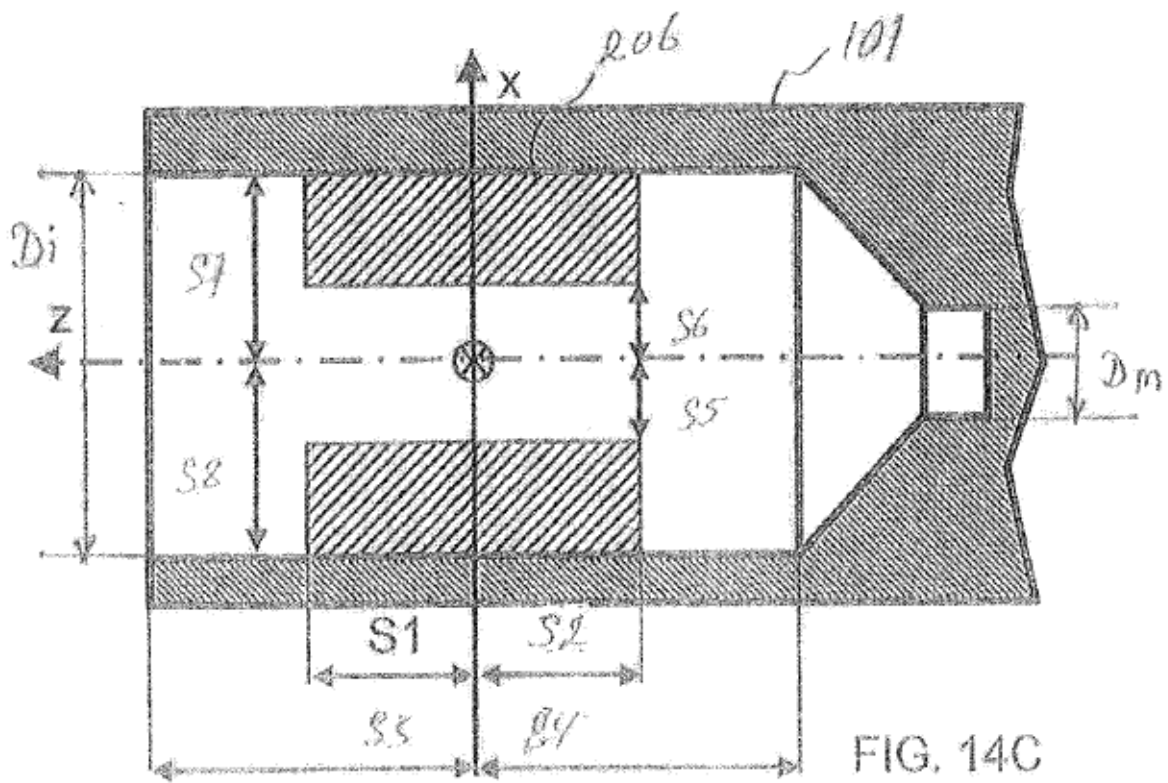


FIG. 14C

