

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 169**

51 Int. Cl.:

**G01L 3/10** (2006.01)

**G01L 1/12** (2006.01)

**G01L 3/14** (2006.01)

**G01L 25/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.12.2004 PCT/EP2004/014796**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2005 WO05064301**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2004 E 04804382 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 1716399**

54 Título: **Sensor de par**

30 Prioridad:

**30.12.2003 EP 03030030**

**30.12.2003 US 533276 P**

**02.08.2004 US 598111 P**

**23.09.2004 US 612562 P**

**12.10.2004 US 617890 P**

**09.11.2004 US 626359 P**

**19.11.2004 US 629589 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**29.05.2018**

73 Titular/es:

**NCTE AG (100.0%)  
Inselkammerstraße 4  
82008 Unterhaching, DE**

72 Inventor/es:

**MAY, LUTZ**

74 Agente/Representante:

**MILTENYI, Peter**

**ES 2 670 169 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**

Sensor de par

La presente invención se refiere al campo de medición de par. En particular, la presente invención se refiere a un sensor de par fabricado de acuerdo con un procedimiento de fabricación según una realización ejemplar de la presente invención, a un sensor de par, a un procedimiento de codificación magnética de un elemento sensor para un sensor de par, a un procedimiento de magnetización de un cuerpo metálico, a un árbol para un sensor magnético, a un árbol para un sensor de par y a un sistema de electrodos para aplicar sobrecargas de corriente para el elemento sensor para un sensor de par.

**Antecedentes tecnológicos**

El documento US 6.581.480 B1 divulga una disposición de sensor de par que comprende un árbol montado adecuadamente para tener un par aplicado en una porción de extremo del mismo que actúa para girar el árbol sobre un eje longitudinal, teniendo el árbol un elemento transductor que comprende una porción interna del árbol que se magnetiza para emanar un flujo magnético externo que es una función de un par aplicado alrededor de ese eje longitudinal, teniendo el elemento transductor porciones de extremo separadas axialmente que definen polos magnéticos de polaridad opuesta entre los cuales se emana el flujo externo para tener un componente dirigido de manera esencialmente axial una ubicación de sensor intermedia entre las porciones de extremo, una disposición de sensor que comprende un primer y segundo sensores situados adyacentes al elemento transductor intermedio de la porción de extremo del mismo y receptivo al componente dirigido axialmente del flujo magnético emanado por el mismo, estando dispuestos el primer y segundo sensores en lados radialmente opuestos adyacentes del elemento alargado con respecto al eje longitudinal y medios de procesamiento de señal a los que el primer y segundo sensores están conectados de manera aditiva para desarrollar una señal de salida que representa el par alrededor del eje longitudinal.

El documento WO 02/063262 A1 divulga un elemento transductor magnetizado longitudinalmente. Una región de un árbol puede recibir una magnetización longitudinal permanente o almacenada al ubicarla dentro de una bobina helicoidal y girar el árbol alrededor de su eje. Al aplicar un pulso de corriente continua a la bobina helicoidal se magnetiza al menos una zona anular del árbol. Se emplean preferiblemente pulsos sucesivos de polaridad opuesta, saturando el primero de mayor magnitud el árbol a profundidades mayores, el segundo de menor magnitud para saturar el árbol a profundidades menores. Esto proporciona anillos externos e internos de magnetización de polaridad opuesta. La bobina puede ser activada con corriente alterna mientras el árbol se mueve axialmente a través de la misma en un procedimiento de magnetización previa para limpiar magnéticamente o desmagnetizar el árbol. La bobina se puede activar posteriormente a la magnetización con corriente alterna a una magnitud inferior y/o a una frecuencia mayor que para la magnetización previa sin que los campos de magnetización posterior destruyan el patrón de magnetización deseado.

El documento WO 99/56099 divulga una disposición de magnetización para sensores de par/fuerza. Se forma un imán o transductor elástico para detectar un par en un árbol magnetizando circunferencialmente una porción integral magnetizable del árbol. Para ayudar en la emanación de un par dependiente del flujo, la porción del elemento transductor del árbol puede tener porciones magnetizadas circunferencialmente adicionales a cada lado. Estas porciones adicionales son de magnetización de polaridad opuesta a la del elemento transductor. El flujo magnético externo emanado por el transductor es una función del par y es detectable por un sensor de campo magnético. Un medio alternativo para el mismo propósito es proporcionar el elemento transductor en una porción del árbol que tiene una sección anular integral de perfil elevado que se proyecta más allá de las porciones adyacentes del árbol. El árbol puede estar provisto de una serie de porciones magnetizadas circunferencialmente de polaridad alterna. Un árbol que tiene su totalidad o una porción integral del mismo magnetizada también se puede usar para proporcionar un transductor de fuerza sensible al momento de flexión inducido en el árbol mediante una fuerza que se debe medir.

**Sumario de la presente invención**

La presente invención se refiere a un procedimiento de codificar magnéticamente un elemento sensor para un sensor de par según la reivindicación 1. Realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención, un elemento sensor de un sensor de par está fabricado de una manera que un pulso de corriente se aplica al elemento sensor. El pulso de corriente se aplica de manera que se genera una región codificada magnéticamente en el elemento sensor. El pulso de corriente se aplica de manera que haya un flujo de corriente en una dirección esencialmente a lo largo de un eje longitudinal del elemento sensor.

De acuerdo con otra realización ejemplar de la presente invención, después de la aplicación de un primer pulso de corriente al elemento sensor para hacer que un primer flujo de corriente en una primera dirección, un segundo flujo de corriente puede ser provocado por un segundo pulso de corriente que tiene una dirección opuesta al primer flujo de corriente. Aplicando el primer y segundo pulsos de corriente, se cree que se logra una distribución de flujo magnético en el elemento sensor de manera que en una dirección perpendicular a la superficie del elemento sensor,

que es en primer lugar un flujo en una primera dirección y luego un flujo en una segunda dirección opuesta a la primera dirección.

Los anteriores y otros aspectos, realizaciones ejemplares, características y lo que se cree que es ventajoso de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, tomadas en conjunción con los dibujos de componentes en los que partes o elementos se indican mediante números de referencia similares.

**Breve descripción de los dibujos**

Los dibujos adjuntos que se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la invención al constituir una parte de la memoria descriptiva que ilustra realizaciones ejemplares de la presente invención. Sin embargo, esos dibujos no se proporcionan para restringir un alcance de la invención a las realizaciones explícitas representadas en las figuras.

La figura 1 muestra un sensor de par con un elemento sensor para explicar un procedimiento de fabricación de un sensor de par según una realización ejemplar de la presente invención.

La figura 2a muestra un elemento sensor de un sensor de par para explicar mejor un principio de la presente invención y un aspecto de una realización ejemplar de un procedimiento de fabricación de la presente invención.

La figura 2b muestra una vista en sección transversal a lo largo de AA' de la figura 2a.

La figura 3a muestra otro elemento sensor de un sensor de par para explicar mejor un principio de la presente invención y una realización ejemplar de un procedimiento de fabricación de un sensor de par según la presente invención.

La figura 3b muestra una representación en sección transversal a lo largo de BB' de la figura 3a.

La figura 4 muestra una representación en sección transversal del elemento sensor del sensor de par de las figuras 2a y 3a fabricado de acuerdo con un procedimiento de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

La figura 5 muestra otra realización de ejemplo de un elemento sensor de un sensor de par de acuerdo con la presente invención para explicar adicionalmente una realización ejemplar de un procedimiento de fabricación de un sensor de par según la presente invención.

La figura 6 muestra otro elemento sensor de un sensor de par según la presente invención para explicar adicionalmente una realización de ejemplo de un procedimiento de fabricación para un sensor de par según la presente invención.

La figura 7 muestra un diagrama de flujo para explicar adicionalmente una realización de ejemplo de un procedimiento de fabricación de un sensor de par según la presente invención.

La figura 8 muestra un diagrama de corriente frente al tiempo para explicar adicionalmente un procedimiento de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

La figura 9 muestra otro elemento sensor de un sensor de par con un sistema de electrodos.

La figura 10a muestra otro sensor de par con un sistema de electrodos.

La figura 10b muestra el elemento sensor de la figura 10a después de la aplicación de sobretensiones de corriente por medio del sistema de electrodos de la figura 10a.

La figura 11 muestra otro elemento sensor de par para un sensor de par.

La figura 12 muestra un diagrama esquemático de un elemento sensor de un sensor de par que muestra que dos campos magnéticos pueden almacenarse en el árbol y extenderse en círculos sin fin.

La figura 13 es otro diagrama esquemático para ilustrar la tecnología de detección de PCME usando dos ciclos de contador o bucles de campo magnético que pueden generarse de acuerdo con un procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención.

La figura 14 muestra otro diagrama esquemático para ilustrar que cuando no se aplica tensión mecánica al elemento sensor, las líneas de flujo magnético se extienden en sus trayectorias originales.

La figura 15 es otro diagrama esquemático para explicar adicionalmente un principio de una realización de ejemplo de la presente invención.

La figura 16 es otro diagrama esquemático para explicar adicionalmente el principio de una realización de

ejemplo de la presente invención.

Las figuras 17 a 22 son representaciones esquemáticas para explicar adicionalmente un principio de una realización de ejemplo de la presente invención.

5 La figura 23 es otro diagrama esquemático para explicar un principio de una realización de ejemplo de la presente invención.

Las figuras 24, 25 y 26 son diagramas esquemáticos para explicar adicionalmente un principio de una realización de ejemplo de la presente invención.

La figura 27 es un diagrama de corriente frente al tiempo para ilustrar un pulso de corriente que puede aplicarse a un elemento sensor.

10 La figura 28 muestra un diagrama de la longitud de pulso de la señal de salida en función de la corriente.

La figura 29 muestra un diagrama de corriente frente al tiempo con pulsos de corriente.

La figura 30 muestra otro diagrama de corriente frente al tiempo que muestra una realización preferida de un pulso de corriente aplicado a un elemento sensor, tal como un árbol de acuerdo con un procedimiento de una realización de ejemplo de la presente invención.

15 La figura 31 muestra una señal y eficacia de la señal frente al diagrama de corriente de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

La figura 32 es una vista en sección transversal de un elemento sensor que tiene una densidad de corriente eléctrica de PCME preferida de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

20 La figura 33 muestra una vista en sección transversal de un elemento sensor y una densidad de corriente de pulso eléctrico a niveles de corriente de pulso diferentes y crecientes de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

Las figuras 34a y 34b muestran una separación lograda con diferentes pulsos de corriente de flujos magnéticos en elementos sensores según la presente invención.

25 La figura 35 muestra un diagrama de corriente frente al tiempo de un pulso de corriente, ya que puede aplicarse a un elemento sensor de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

La figura 36 muestra una conexión eléctrica de múltiples puntos a un elemento sensor de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

30 La figura 37 muestra un dispositivo de conexión eléctrica multicanal con puntos de contacto accionados por resorte para aplicar un pulso de corriente al elemento sensor de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

La figura 38 muestra un sistema de electrodos con un número incrementado de puntos de conexión eléctrica de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

La figura 39 muestra una realización de ejemplo del sistema de electrodos de la figura 37.

35 La figura 40 muestra abrazaderas de sujeción de procesamiento de árbol usadas para un procedimiento de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

La figura 41 muestra una región de codificación de doble campo de un elemento sensor.

La figura 42 muestra una etapa del procedimiento de una codificación de doble campo secuencial de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

40 La figura 43 muestra otra etapa de procedimiento de la codificación de doble campo de acuerdo con otra realización de ejemplo de la presente invención.

La figura 44 muestra otro ejemplo de elemento sensor con una ilustración de una aplicación de pulsos de corriente de acuerdo con otra realización de ejemplo de la presente invención.

La figura 45 muestra diagramas esquemáticos para describir direcciones de flujo magnético en elementos sensores cuando no se aplica tensión.

45 La figura 46 muestra direcciones de flujo magnético del elemento sensor de la figura 45 cuando se aplica una fuerza.

La figura 47 muestra el flujo magnético dentro del árbol codificado de PCM de la figura 45 cuando la dirección de par aplicada está cambiando.

La figura 48 muestra un sistema de impulsión de corriente de pulso sincronizado de 6 canales.

La figura 49 muestra una representación simplificada de un sistema de electrodos.

5 La figura 50 es una representación de un elemento sensor.

La figura 51 es otra realización ejemplar de un elemento sensor que tiene una región de detección de procedimiento de PCME con dos regiones de campo de fijación.

10 La figura 52 es una representación esquemática para explicar un procedimiento de fabricación de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención para fabricar un elemento sensor con una región codificada y regiones de fijación.

La figura 53 es otra representación esquemática de un elemento sensor fabricado de acuerdo con un procedimiento de fabricación de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

La figura 54 es una representación esquemática simplificada para explicar mejor una realización de ejemplo de la presente invención.

15 La figura 55 es otra representación esquemática simplificada para explicar mejor una realización de ejemplo de la presente invención.

La figura 56 muestra una aplicación de un sensor de par en una caja de engranajes de un motor.

La figura 57 muestra un sensor de par.

20 La figura 58 muestra una ilustración esquemática de los componentes de un dispositivo de detección de par sin contacto,

La figura 59 muestra los componentes de un dispositivo de detección.

La figura 60 muestra disposiciones de bobinas con un elemento sensor.

La figura 61 muestra una electrónica del sensor de un solo canal.

La figura 62 muestra un sistema de doble canal, protegido contra cortocircuitos.

25 La figura 63 muestra un sensor.

La figura 64 ilustra un conjunto de unidad de sensor secundario.

La figura 65 ilustra dos configuraciones de una disposición geométrica de sensor primario y sensor secundario.

La figura 66 es una representación esquemática para explicar que una separación entre la unidad de sensor secundario y el alojamiento del sensor es preferiblemente lo más pequeña posible.

30 La figura 67 muestra un equipo de codificación de sensor primario.

La presente invención se refiere a un procedimiento de codificar magnéticamente un elemento sensor para un sensor de par según la reivindicación 1.

35 De acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención, un segundo pulso de corriente adicional se aplica al elemento sensor. El segundo pulso de corriente se aplica de manera que hay un segundo flujo de corriente en una dirección a lo largo del eje longitudinal del elemento sensor.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, las direcciones del primer y segundo pulsos de corriente son opuestas entre sí.

40 Se cree que la aplicación de un pulso de corriente de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención puede causar una estructura de campo magnético en el elemento sensor de tal manera que en una vista en sección transversal del elemento sensor, hay un primer flujo magnético circular que tiene una primera dirección y un segundo flujo magnético que tiene una segunda dirección. El radio del primer flujo magnético es mayor que el radio del segundo flujo magnético. En árboles que tienen una sección transversal no circular, el flujo magnético no es necesariamente circular, sino que puede tener una forma que se corresponda esencialmente con, y está adaptada a, la sección transversal del elemento sensor respectivo.

45 Se cree que, si no se aplica par a un elemento sensor codificado de acuerdo con el ejemplo de realización de la

presente invención, no hay ningún campo magnético o esencialmente ningún campo magnético detectable en el exterior. Cuando se aplica un par o fuerza al elemento sensor, hay un campo magnético emanado desde el elemento sensor que puede detectarse mediante bobinas adecuadas. Esto se describirá con más detalle a continuación.

5 Un sensor de par de acuerdo con un ejemplo ilustrativo tiene una superficie circunferencial que rodea una región central del elemento sensor. El primer pulso de corriente se introduce en el elemento sensor en una primera ubicación en la superficie circunferencial, de manera que hay un primer flujo de corriente en la primera dirección en la región central del elemento sensor. El primer pulso de corriente se descarga desde el elemento sensor en una segunda ubicación en la superficie circunferencial. La segunda ubicación está a una distancia en la primera dirección desde la primera ubicación. El segundo pulso de corriente, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención, puede introducirse en el elemento sensor en la segunda ubicación o adyacente a la segunda ubicación en la superficie circunferencial, de manera que se produce el segundo flujo de corriente en la segunda dirección en la región central o adyacente a la región del núcleo en el elemento sensor. El segundo pulso de corriente puede descargarse desde el elemento sensor en la primera ubicación o adyacente a la primera ubicación en la superficie circunferencial.

20 Como ya se ha indicado anteriormente, el elemento sensor puede ser un árbol. La región central de dicho árbol puede extenderse dentro del árbol a lo largo de su extensión longitudinal, de manera que la región central rodea un centro del árbol. La superficie circunferencial del árbol es la superficie exterior del árbol. La primera y segunda ubicaciones son regiones circunferenciales respectivas en el exterior del árbol. Puede haber un número limitado de porciones de contacto que constituyen tales regiones. Preferiblemente, se pueden proporcionar regiones de contacto real, por ejemplo, proporcionando regiones de electrodos hechas de anillos de latón como electrodos. Además, se puede enrollar un núcleo de un conductor alrededor del árbol para proporcionar un buen contacto eléctrico entre un conductor, tal como un cable sin aislamiento, y el árbol.

25 De acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención, el primer pulso de corriente y preferiblemente también el segundo pulso de corriente no se aplican al elemento sensor en una cara de extremo del elemento sensor. El primer pulso de corriente puede tener un máximo entre 40 y 1400 Amperios o entre 60 y 800 Amperios o entre 75 y 600 Amperios o entre 80 y 500 Amperios. El pulso de corriente puede tener un máximo tal que se provoque una codificación apropiada al elemento sensor. Sin embargo, debido a los diferentes materiales que pueden usarse y a las diferentes formas del elemento sensor y a las diferentes dimensiones del elemento sensor, se puede ajustar un máximo del pulso de corriente de acuerdo con estos parámetros. El segundo pulso puede tener un máximo similar o puede tener un máximo de aproximadamente un 10, 20, 30, 40 o 50 % más pequeño que el primer máximo. Sin embargo, el segundo pulso también puede tener un máximo superior tal como un 10, 20, 40, 50, 60 u 80 % más alto que el primer máximo.

35 Una duración de esos pulsos puede ser la misma. Sin embargo, es posible que el primer pulso tenga una duración significativamente mayor que el segundo pulso. Sin embargo, también es posible que el segundo pulso tenga una duración más larga que el primer pulso.

40 El primer y/o segundo pulsos de corriente tienen una primera duración desde el comienzo del pulso al máximo y tienen una segunda duración desde el máximo a esencialmente el final del pulso. De acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención, la primera duración es significativamente más larga que la segunda duración. Por ejemplo, la primera duración puede ser menor que 300 ms, en el que la segunda duración es mayor que 300 ms. Sin embargo, también es posible que la primera duración sea más pequeña que 200 ms, mientras que la segunda duración sea mayor a 400 ms. Además, la primera duración de acuerdo con otra realización de ejemplo de la presente invención puede estar entre 20 y 150 ms, en el que la segunda duración puede estar entre 180 y 700 ms.

45 Como ya se ha indicado anteriormente, es posible aplicar una pluralidad de primeros pulsos de corriente, pero también una pluralidad de segundos pulsos de corriente. El elemento sensor puede estar hecho de acero, mientras que el acero puede comprender níquel. El material del sensor utilizado para el sensor primario o para el elemento sensor puede ser 50NiCr13 o X4CrNi13-4 o X5CrNiCuNb16-4 o X20CrNi17-4 o X46Cr13 o X20Cr13 o 14NiCr14 o S155 como se establece en DIN 1.2721 o 1.4313 o 1.4542 o 1.2787 o 1.4034 o 1.4021 o 1.5752 o 1.6928.

50 El primer pulso de corriente se puede aplicar por medio de un sistema de electrodos que tiene al menos un primer electrodo y un segundo electrodo. El primer electrodo está ubicado en la primera ubicación o adyacente a la primera ubicación y el segundo electrodo está ubicado en la segunda ubicación o adyacente a la segunda ubicación.

55 De acuerdo con un ejemplo ilustrativo, cada uno del primer y segundo electrodos tiene una pluralidad de clavijas de electrodo. La pluralidad de clavijas de electrodo de cada uno del primer y segundo electrodos se pueden disponer circunferencialmente alrededor del elemento sensor de manera que el elemento sensor se pone en contacto con las clavijas de electrodo del primer y segundo electrodos en una pluralidad de puntos de contacto en una superficie circunferencial exterior del árbol en la primera y segunda ubicaciones.

Como se indicó anteriormente, en lugar de clavijas de electrodo laminares o bidimensionales se pueden aplicar superficies de electrodos. Preferiblemente, las superficies de electrodo están adaptadas a las superficies del árbol,

de manera que se puede asegurar un buen contacto entre los electrodos y el material del árbol.

5 De acuerdo con otra realización de ejemplo de la presente invención, al menos uno del primer pulso de corriente y al menos uno del segundo pulso de corriente se aplican al elemento sensor de tal manera que el elemento sensor tiene una región codificada magnéticamente, de tal manera que en una dirección esencialmente perpendicular a una superficie del elemento sensor, la región codificada magnéticamente del elemento sensor tiene una estructura de campo magnético tal que hay un primer flujo magnético en una primera dirección y un segundo flujo magnético en una segunda dirección. De acuerdo con otra realización de ejemplo de la presente invención, la primera dirección es opuesta a la segunda dirección.

10 De acuerdo con un ejemplo ilustrativo, en una vista en sección transversal del elemento sensor, hay un primer flujo magnético circular que tiene la primera dirección y un primer radio y un segundo flujo magnético circular que tiene la segunda dirección y un segundo radio. El primer radio puede ser mayor que el segundo radio.

Además, los elementos sensores pueden tener una primera zona de fijación adyacente a la primera ubicación y una segunda zona de fijación adyacente a la segunda ubicación.

15 Las zonas de fijación pueden fabricarse de acuerdo con el siguiente procedimiento de fabricación de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. De acuerdo con este procedimiento, para formar la primera zona de fijación, en la primera ubicación o adyacente a la primera ubicación, se aplica un tercer pulso de corriente sobre la superficie circunferencial del elemento sensor, de manera que hay un tercer flujo de corriente en la segunda dirección. El tercer flujo de corriente se descarga desde el elemento sensor en una tercera ubicación que se desplaza desde la primera ubicación en la segunda dirección.

20 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, para formar la segunda zona de fijación, en la segunda localización o adyacente a la segunda ubicación, se aplica un cuarto pulso de corriente en la superficie circunferencial en el elemento sensor, de tal manera que hay un cuarto flujo de corriente en la primera dirección. El cuarto flujo de corriente se descarga en una cuarta ubicación que se desplaza desde la segunda ubicación en la primera dirección.

25 De acuerdo con un ejemplo ilustrativo, un sensor de par comprende un primer elemento sensor con una región codificada magnéticamente, en el que el primer elemento sensor tiene una superficie. De acuerdo con la presente invención, en una dirección esencialmente perpendicular a la superficie del primer elemento sensor, la región codificada magnéticamente del primer elemento sensor tiene una estructura de campo magnético, de manera que hay un primer flujo magnético en una primera dirección y un segundo flujo magnético en una segunda dirección. La primera y la segunda direcciones pueden ser opuestas entre sí.

30 De acuerdo con otro ejemplo ilustrativo, el sensor de par puede comprender además un segundo elemento sensor con al menos un detector de campo magnético. El segundo elemento sensor está adaptado para detectar variaciones en la región codificada magnéticamente. Más precisamente, el segundo elemento sensor está adaptado para detectar variaciones en un campo magnético emitido desde la región codificada magnéticamente del primer elemento sensor.

35 De acuerdo con otro ejemplo ilustrativo, la región codificada magnéticamente se extiende longitudinalmente a lo largo de una sección del primer elemento sensor, pero no se extiende desde una cara de extremo del primer elemento sensor a la otra cara de extremo del primer elemento sensor. En otras palabras, la región codificada magnéticamente no se extiende a lo largo de todo el primer elemento sensor, sino solamente a lo largo de una sección del mismo.

40 De acuerdo con otro ejemplo ilustrativo, el primer elemento sensor tiene variaciones en el material del primer elemento sensor causado por al menos un pulso de corriente o sobretensión aplicada al primer elemento sensor para alterar la región codificada magnéticamente o para la generación de la región codificada magnéticamente. Tales variaciones en el material pueden ser causadas, por ejemplo, mediante diferentes resistencias de contacto entre sistemas de electrodos para aplicar los pulsos de corriente y la superficie del elemento sensor respectivo. Tales variaciones pueden ser, por ejemplo, marcas de quemaduras o variaciones de color o signos de un recocado.

De acuerdo con otro ejemplo ilustrativo, las variaciones son en una superficie exterior del elemento sensor y no en las caras de extremo del primer elemento sensor, ya que los pulsos de corriente se aplican a la superficie exterior del elemento sensor, pero no a las caras de extremo del mismo.

45 De acuerdo con otro ejemplo ilustrativo, un árbol para un sensor magnético tiene en una sección transversal del mismo, al menos dos bucles magnéticos circulares que se extienden en dirección opuesta. De acuerdo con otra realización de ejemplo de la presente invención, se cree que este árbol se fabrica de acuerdo con el procedimiento de fabricación descrito anteriormente.

50 Además, un árbol puede estar provisto de al menos dos bucles magnéticos circulares que están dispuestos concéntricamente.

De acuerdo con otro ejemplo ilustrativo, un sistema de electrodos puede proporcionarse para aplicar sobretensiones de corriente a un elemento sensor para un sensor de par, teniendo el sistema de electrodos al menos un primer electrodo y un segundo electrodo, en el que el primer electrodo está adaptado para su ubicación en una primera ubicación en una superficie exterior del elemento sensor. Un segundo electrodo está adaptado para su ubicación en una segunda ubicación en la superficie exterior del elemento sensor. El primer y segundo electrodos están adaptados para aplicar y descargar al menos un pulso de corriente en la primera y segunda ubicaciones, de manera que se provocan flujos de corriente dentro de una región central del elemento sensor. El al menos un pulso de corriente es tal que se genera una región codificada magnéticamente en una sección del elemento sensor.

De acuerdo con un ejemplo ilustrativo, el sistema de electrodos comprende al menos dos grupos de electrodos, comprendiendo cada uno una pluralidad de clavijas de electrodo. Las clavijas de electrodo de cada electrodo están dispuestas en un círculo, de tal manera que el elemento sensor se pone en contacto con las clavijas de electrodo del electrodo en una pluralidad de puntos de contacto en una superficie exterior del elemento sensor.

La superficie exterior del elemento sensor no incluye las caras de extremo del elemento sensor.

La figura 1 muestra un ejemplo ilustrativo de un sensor de par.

El sensor de par comprende un primer elemento sensor o árbol 2 que tiene una sección transversal rectangular. El primer elemento 2 sensor se extiende esencialmente a lo largo de la dirección indicada con X. En una porción media del primer elemento 2 sensor está la región 4 codificada. La primera ubicación se indica con el número de referencia 10 e indica un extremo de la región codificada y la segunda ubicación se indica mediante el número de referencia 12 que indica otro extremo de la región codificada o la región 4 que se va a codificar magnéticamente. Las flechas 14 y 16 indican la aplicación de un pulso de corriente. Como se indica en la figura 1, se aplica un primer pulso de corriente al primer elemento 2 sensor en una región exterior adyacente o cercana a la primera ubicación 10. Preferiblemente, como se describirá con más detalle más adelante, la corriente se introduce en el primer elemento 2 sensor en una pluralidad de puntos o regiones cerca de la primera ubicación y preferiblemente rodeando la superficie exterior del primer elemento 2 sensor a lo largo de la primera ubicación 10. Como se indica con la flecha 16, el pulso de corriente se descarga desde el primer elemento 2 sensor cerca o adyacente o en la segunda ubicación 12, preferiblemente en una pluralidad o ubicaciones a lo largo del extremo de la región 4 a codificar. Como ya se indicó anteriormente, una pluralidad de pulsos de corriente se puede aplicar en sucesión, pueden tener direcciones alternas desde la ubicación 10 a la ubicación 12 o desde la ubicación 12 a la ubicación 10.

El número de referencia 6 indica un segundo elemento sensor que preferiblemente es una bobina conectada a un controlador 8 electrónico. El controlador 8 electrónico puede adaptarse para procesar adicionalmente una salida de señal mediante el segundo elemento 6 sensor, de manera que una señal de salida pueda emitirse desde el circuito de control correspondiente a un par aplicado al primer elemento 2 sensor. El circuito 8 de control puede ser un circuito analógico o digital. El segundo elemento 6 sensor está adaptado para detectar un campo magnético emitido por la región 4 codificada del primer elemento sensor.

Se cree que, como ya se ha indicado anteriormente, si no hay tensión o fuerza aplicada al primer elemento 2 sensor, esencialmente no hay ningún campo detectado por el segundo elemento 6 sensor. Sin embargo, en caso de que se aplique una tensión o una fuerza al elemento 2 sensor secundario, hay una variación en el campo magnético emitido por la región codificada, de manera que el aumento de un campo magnético a partir de la presencia de casi ningún campo se detecta mediante el segundo elemento 6 sensor.

Se debe indicar que, incluso si no hay tensión aplicada al primer elemento sensor, puede ser posible que exista un campo magnético detectable exterior o adyacente a la región 4 codificada del primer elemento 2 sensor. Sin embargo, debe observarse que una tensión aplicada al primer elemento 2 sensor provoca una variación del campo magnético emitido por la región 4 codificada.

A continuación, con referencia a las figuras 2a, 2b, 3a, 3b y 4, se describirá un procedimiento de fabricación de un sensor de par de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención. En particular, el procedimiento se refiere a la magnetización de la región 4 codificada magnéticamente del primer elemento 2 sensor.

Como puede tomarse a partir de la figura 2a, una corriente I se aplica a una región de extremo de una región 4 para codificarse magnéticamente. Esta región de extremo, como ya se indicó anteriormente, se indica con el número de referencia 10 y puede ser una región circunferencial en la superficie exterior del primer elemento 2 sensor. La corriente I se descarga desde el primer elemento 2 sensor en otra área de extremo de la región codificada magnéticamente (o de la región que se codifica magnéticamente) que se indica mediante el número de referencia 12 y también se refiere a una segunda ubicación. La corriente se toma desde el primer elemento sensor en una superficie exterior del mismo, preferiblemente circunferencialmente en regiones cercanas o adyacentes a la ubicación 12. Como se indica por la línea discontinua entre las ubicaciones 10 y 12, la corriente I introducida en o a lo largo de la ubicación 10 en el primer elemento sensor fluye a través de una región central o paralela a una región central a la ubicación 12. En otras palabras, la corriente I fluye a través de la región 4 para ser codificada en el primer elemento 2 sensor.

La figura 2b muestra una vista en sección transversal a lo largo de AA'. En la representación esquemática de la



figura 2b, el flujo de corriente se indica en el plano de la figura 2b como una cruz. Aquí, el flujo de corriente se indica en una porción central de la sección transversal del primer elemento 2 sensor. Se cree que esta introducción de un pulso de corriente que tiene una forma como se describió anteriormente o a continuación, y que tiene un máximo como se describió anteriormente o a continuación, provoca una estructura 20 de flujo magnético en la vista en sección transversal con una dirección de flujo magnético en una dirección aquí en la dirección horaria. La estructura 20 de flujo magnético representada en la figura 2b se representa esencialmente circular. Sin embargo, la estructura 20 de flujo magnético se puede adaptar a la sección transversal real del primer elemento 2 sensor y puede ser, por ejemplo, más elíptica.

Las figuras 3a y 3b muestran una etapa del procedimiento de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención que se puede aplicar después de la etapa representada en las figuras 2a y 2b. La figura 3a muestra un primer elemento sensor de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención con la aplicación de un segundo pulso de corriente y la figura 3b muestra una vista en sección transversal a lo largo de BB' del primer elemento 2 sensor.

Como puede extraerse de la figura 3a, en comparación con la figura 2a, en la figura 3a, la corriente I indicada por la flecha 16 se introduce en el elemento 2 sensor en o adyacente a la ubicación 12 y se descarga o toma desde el elemento 2 sensor en o adyacente a la ubicación 10. En otras palabras, la corriente se descarga en la figura 3a en una ubicación donde se introdujo en la figura 2a, y viceversa. Por lo tanto, la introducción y la descarga de la corriente I en el primer elemento 2 sensor en la figura 3a puede provocar que una corriente a través de la región 4 se codifique magnéticamente opuesta al flujo de corriente respectivo en la figura 2a.

La corriente se indica en la figura 3b en una región central del elemento 2 sensor. Como se puede deducir a partir de una comparación de las figuras 2b y 3b, la estructura 22 de flujo magnético tiene una dirección opuesta a la estructura 20 de flujo de corriente en la figura 2b.

Como se ha indicado anteriormente, las etapas representadas en las figuras 2a, 2b y 3a y 3b pueden aplicarse individualmente o pueden aplicarse una detrás de la otra. Cuando, en primer lugar, la etapa representada en las figuras 2a y 2b se realiza y luego la etapa representada en las figuras 3a y 3b, se puede provocar una estructura de flujo magnético como se representa en la vista en sección transversal a través de la región 4 codificada representada en la figura 4. Como puede deducirse a partir de la figura 4, las dos estructuras 20 y 22 de flujo de corriente se codifican juntas en la región codificada. Por lo tanto, en una dirección esencialmente perpendicular a una superficie del primer elemento 2 sensor, en una dirección hacia el núcleo del elemento 2 sensor, hay un primer flujo magnético que tiene una primera dirección y luego subyacente hay un segundo flujo magnético que tiene una segunda dirección. Como se indica en la figura 4, las direcciones de flujo pueden ser opuestas entre sí.

Por lo tanto, si no hay ningún par aplicado al primer elemento 2 sensor de par, las dos estructuras 20 y 22 de flujo magnético pueden cancelarse entre sí de tal manera que esencialmente no hay ningún campo magnético en el exterior de la región codificada. Sin embargo, en caso de que se aplique una tensión o fuerza al primer elemento 2 sensor, las estructuras 20 y 22 de campo magnético cesan para cancelarse entre sí de forma tal que existe un campo magnético en el exterior de la región codificada que puede ser detectado mediante el elemento 6 sensor secundario. Esto se describirá con más detalle a continuación.

La figura 5 muestra otro ejemplo de un primer elemento 2 sensor que puede usarse en un sensor de par que se fabrica de acuerdo con un procedimiento de fabricación de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención. Como puede tomarse a partir de la figura 5, el primer elemento 2 sensor tiene una región 4 codificada que está codificada preferiblemente de acuerdo con las etapas y las disposiciones representadas en las figuras 2a, 2b, 3a, 3b y 4.

Adyacente a las ubicaciones 10 y 12, se proporcionan regiones 42 y 44 de fijación. Estas regiones 42 y 44 se proporcionan para evitar un desgaste de la región codificada 4. En otras palabras, las regiones 42 y 44 de fijación pueden permitir un comienzo y un final más definidos de la región 4 codificada.

En resumen, la primera región 42 de fijación puede estar adaptada mediante la introducción de una corriente 38 cerca o adyacente a la primera ubicación 10 en el primer elemento 2 sensor, de la misma manera como se describe, por ejemplo, con referencia a la figura 2a. Sin embargo, la corriente I se descarga desde el primer elemento 2 sensor en una primera ubicación 30 que está a una distancia del extremo de la región codificada cerca o en la ubicación 10. Esta ubicación adicional se indica con el número de referencia 30. La introducción de este pulso de corriente adicional I es indicada por la flecha 38 y la descarga de la misma se indica por la flecha 40. Los pulsos de corriente pueden tener la misma forma que el máximo de conformación como se describió anteriormente.

Para la generación de la segunda región 44 de fijación, una corriente se introduce en el primer elemento 2 sensor en una ubicación 32 que está a una distancia desde el extremo de la región 4 codificada cerca o adyacente a la ubicación 12. La corriente se descarga luego desde el primer elemento 2 sensor en o cerca de la ubicación 12. La introducción del pulso de corriente I se indica mediante las flechas 34 y 36.

Las regiones 42 y 44 de fijación preferiblemente son tales que las estructuras de flujo magnético de estas regiones 42 y 44 de fijación son opuestas a las respectivas estructuras de flujo magnético adyacentes en la región 4

codificada adyacente. Como puede deducirse a partir de la figura 5, las regiones de fijación pueden codificarse al primer elemento 2 sensor después de la codificación o la codificación completa de la región 4 codificada.

5 La figura 6 muestra otro ejemplo ilustrativo en el que no hay región 4 de codificación. En otras palabras, las regiones de fijación pueden codificarse en el primer elemento 2 sensor antes de la codificación real de la región 4 codificada magnéticamente.

La figura 7 muestra un diagrama de flujo simplificado de un procedimiento de fabricación de un primer elemento 2 sensor para un sensor de par según una realización de ejemplo de la presente invención.

10 Después del inicio en la etapa S1, el procedimiento continúa a la etapa S2 donde se aplica un primer pulso, como se describe como referencia a las figuras 2a y 2b. A continuación, después de la etapa S2, el procedimiento continúa a la etapa S3 donde se aplica un segundo pulso, como se describe con referencia a las figuras 3a y 3b.

Entonces, el procedimiento pasa a la etapa S4, donde se decide si las regiones de fijación han de ser codificadas para el primer elemento 2 sensor o no. Si se decide en la etapa S4 que no habrá regiones de fijación, el procedimiento continúa directamente a la etapa S7, donde termina.

15 Si se decide en la etapa S4 que las regiones de fijación han de codificarse para el primer elemento 2 sensor, el procedimiento continúa a la etapa S5, donde se aplica un tercer pulso a la región 42 de fijación en la dirección indicada por las flechas 38 y 40 y a la región 44 de fijación indicada por las flechas 34 y 36. Entonces, el procedimiento continúa a la etapa S6, donde los pulsos de fuerza se aplican a las respectivas regiones 42 y 44 de fijación. A la región 42 de fijación se aplica un pulso de fuerza que tiene una dirección opuesta a la dirección indicada por las flechas 38 y 40. Además, a la región 44 de fijación se aplica un pulso de fuerza a la región de fijación que tiene una dirección opuesta a las flechas 34 y 36. Entonces, el procedimiento continúa a la etapa S7 donde termina.

En otras palabras, preferiblemente se aplican dos pulsos para la codificación de la región 4 codificada magnéticamente. Esos pulsos de corriente tienen preferiblemente una dirección opuesta. Además, dos pulsos que tienen respectivamente direcciones respectivas se aplican a la región 42 de fijación y a la región 44 de fijación.

25 La figura 8 muestra un diagrama de corriente frente al tiempo de los pulsos aplicados a la región 4 codificada magnéticamente y a las regiones de fijación. La dirección positiva del eje y del diagrama en la figura 8 indica un flujo de corriente en la dirección x y la dirección negativa del eje y de la figura 8 indica un flujo de corriente en la dirección y.

30 Como se puede tomar a partir de la figura 8 para la codificación de la región 4 codificada magnéticamente, en primer lugar, se aplica un pulso de corriente que tiene una dirección en la dirección x. Como se puede deducir a partir de la figura 8, el borde ascendente del pulso es muy agudo, mientras que el borde descendente tiene una dirección relativamente larga en comparación con la dirección del borde ascendente. Como se representa en la figura 8, el pulso puede tener un máximo de aproximadamente 75 Amperios. En otras aplicaciones, el pulso puede no ser tan agudo como se representa en la figura 8. Sin embargo, el borde ascendente debe ser más pronunciado o debe tener una duración más corta que el borde descendente.

A continuación, un segundo pulso se aplica a la región 4 codificada, que tiene una dirección opuesta. El pulso puede tener la misma forma que el primer pulso. Sin embargo, un máximo del segundo pulso también puede diferir del máximo del primer pulso. Aunque la forma inmediata del pulso puede ser diferente.

40 A continuación, para la codificación de las regiones de fijación, pulsos similares al primer y segundo pulsos se pueden aplicar a las regiones de fijación, tal como se describe con referencia a las figuras 5 y 6. Dichos pulsos se pueden aplicar a las regiones de fijación simultáneamente, pero también con éxito para cada región de fijación. Como se representa en la figura 8, los pulsos pueden tener esencialmente la misma forma que el primer y segundo pulsos. Sin embargo, un máximo puede ser más pequeño.

45 La figura 9 muestra otro ejemplo ilustrativo de un primer elemento sensor de un sensor de par que muestra una disposición de electrodos para aplicar los pulsos de corriente para codificar la región 4 codificada magnéticamente. Como se puede deducir a partir de la figura 9, un conductor sin aislamiento puede enrollarse alrededor del primer elemento 2 sensor que puede tomarse a partir de la figura 9 puede ser un árbol circular que tiene una sección transversal circular. Para asegurar un ajuste perfecto del conductor en la superficie exterior del primer elemento 2 sensor, el conductor puede sujetarse como se muestra mediante las flechas 64.

50 La figura 10a muestra otro ejemplo ilustrativo de un primer elemento sensor. Además, la figura 10a muestra otra realización de ejemplo de un sistema de electrodos de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención. El sistema de electrodos 80 y 82 representado en la figura 10a contacta con el primer elemento 2 sensor que tiene una sección transversal triangular con dos puntos de contacto en cada fase del primer elemento sensor triangular a cada lado de la región 4 que debe codificarse como región codificada magnéticamente. En general, hay seis puntos de contacto en cada lado de la región 4. Los puntos de contacto individuales pueden conectarse entre sí y luego conectarse a un punto de contacto individual.

Si solo hay un número limitado de puntos de contacto entre el sistema de electrodos y el primer elemento 2 sensor y si los pulsos de corriente aplicados son muy altos, resistencias de contacto diferentes entre los contactos de los sistemas de electrodos y el material del primera elemento 2 sensor pueden causar marcas de quemaduras en el primer elemento 2 sensor en el punto de contacto con los sistemas de electrodos. Estas marcas 90 de quemaduras pueden ser cambios de color, pueden ser puntos de soldadura, pueden ser áreas recocidas o simplemente pueden ser marcas de quemaduras. De acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención, se aumenta el número de puntos de contacto o incluso se proporciona una superficie de contacto tal que se pueden evitar tales marcas 90 de quemaduras.

La figura 11 muestra otro ejemplo ilustrativo de un primer elemento 2 sensor que es un árbol que tiene una sección transversal circular. Como puede tomarse a partir de la figura 11, la región codificada magnéticamente está en una región de extremo del primer elemento 2 sensor. De acuerdo con un ejemplo ilustrativo, la región 4 codificada magnéticamente no se extiende a lo largo del primer elemento 2 sensor. Como puede tomarse a partir de la figura 11, puede estar ubicada en uno de sus extremos. Sin embargo, debe observarse que, de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención, los pulsos de corriente se aplican desde una superficie circunferencial exterior del primer elemento 2 sensor y no desde la cara 100 de extremo del primer elemento 2 sensor.

A continuación, se describirá en detalle la tecnología de detección llamada PCME ("codificación modulada por corriente de pulso"), que puede, de acuerdo con una realización preferida de la invención, implementarse para magnetizar un objeto magnetizable que luego se desmagnetiza parcialmente de acuerdo con la invención. A continuación, la tecnología de PCME se describirá parcialmente en el contexto de la detección de par. Sin embargo, este concepto también puede implementarse en el contexto de detección de posición.

En esta descripción, hay una serie de acrónimos utilizados, que de otro modo algunas explicaciones y descripciones pueden ser difíciles de leer. Aunque los acrónimos "ASIC", "IC" y "PCB" ya son definiciones estándar de mercado, hay muchos términos que están particularmente relacionados con la tecnología de detección NCT basada en magnetoestricción. Debe observarse que, en esta descripción, cuando se hace referencia a tecnología NCT o a PCME, se hace referencia a realizaciones de ejemplo de la presente invención.

La Tabla 1 muestra una lista de abreviaturas utilizadas en la siguiente descripción de la tecnología de PCME.

**Tabla 1:** Lista de abreviaturas

<b>Acrónimo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Categoría</b>
ASIC	IC específico de la aplicación	Electrónica
DF	Campo doble	Sensor primario
EMF	Campo magnético terrestre	Criterios de prueba
FS	Escala completa	Criterios de prueba
Puntos críticos	Sensibilidad al material ferromagnético cercano	Especificación
IC	Circuito integrado	Electrónica
Componente MFS	Sensor de campo magnético	Sensor
NCT	Par sin contacto	Tecnología
PCB	Placa de circuito impreso	Electrónica
PCME	Codificación modulada por corriente de pulso	Tecnología
POC	Prueba de concepto	
RSU	Uniformidad de señal rotacional	Especificación
SCSP	Acondicionamiento de Señal y Procesamiento de Señal	Electrónica
SF	Campo único	Sensor primario
SH	Portador del sensor	Sensor primario
SPHC	Abrazadera de sujeción de procesamiento del árbol	Herramienta de procesamiento
SSU	Unidad de sensor secundario	Componente sensor

La tecnología de detección de tensión mecánica basada en el principio magnético permite diseñar y producir una amplia gama de "sensores de parámetros físicos" (como detección de fuerza, detección de par, y análisis de diagnóstico de materiales) que se pueden aplicar donde se usan materiales ferromagnéticos. Las tecnologías más comunes utilizadas para construir sensores "basados en principios magnéticos" son: Medición de desplazamiento

diferencial inductivo (requiere árbol de torsión), medición de los cambios de la permeabilidad de los materiales y medición de los efectos de magnetoestricción.

5 En los últimos 20 años una serie de diferentes compañías han desarrollado sus propias y muy específicas soluciones en la forma de diseñar y cómo producir un sensor de par basado en el principio magnético (es decir, ABB, FAST, Fraunhofer Institute, FT, Kubota, MDI, NCTE, RM, Siemens y otros). Estas tecnologías se encuentran en diversas etapas de desarrollo y difieren en "cómo hacerlo", el rendimiento alcanzable, la fiabilidad de los sistemas y el coste de fabricación del sistema.

10 Algunas de estas tecnologías requieren que los cambios mecánicos se realicen en el árbol donde se debe medir el par (chevrones), o se basan en el efecto de torsión mecánica (requieren un largo árbol que se retuerce bajo par), o que algo se fijará a el propio árbol (ajuste a presión de un anillo de ciertas propiedades a la superficie del árbol), o recubrimiento de la superficie del árbol con una sustancia especial. Nadie ha dominado un procedimiento de fabricación de alto volumen que se pueda aplicar a (casi) cualquier tamaño de árbol, logrando tolerancias de rendimiento ajustadas y que no se basa en patentes de tecnología ya existentes.

15 A continuación, se describe una tecnología de detección de par sin contacto (NCT) basada en el principio de magnetoestricción, que ofrece al usuario una gran cantidad de nuevas características y rendimientos mejorados, anteriormente no disponibles. Esta tecnología permite la realización de una medición de par completamente integrada (pequeña en el espacio), en tiempo real (gran ancho de banda de señal), que es fiable y se puede producir a un coste accesible, en cualquier cantidad deseada. Esta tecnología se llama: PCME (para codificación modulada por corriente de pulso) o sensor de par transversal de magnetoestricción.

20 La tecnología PCME se puede aplicar al árbol sin hacer ningún cambio mecánico al árbol, o sin asociar nada al árbol. Lo más importante, la tecnología de PCME se puede aplicar a cualquier diámetro de árbol (la mayoría de las otras tecnologías tienen una limitación) y no necesita girar/rotar el árbol durante el procedimiento de codificación (procedimiento de fabricación muy simple y de bajo coste) que hace que esta tecnología sea muy aplicable para aplicaciones de gran volumen.

25 A continuación, se describirá una estructura de campo magnético (principio de sensor).

30 El tiempo de vida del sensor depende de un diseño de campo magnético "de circuito cerrado". La tecnología de PCME se basa en dos estructuras de campo magnético, almacenadas una sobre la otra y que se extienden en direcciones opuestas. Cuando no se aplica una tensión de torsión o una tensión de movimiento al árbol (también llamado portador del sensor, o SH), el SH actuará magnéticamente neutral (no se puede detectar campo magnético en el exterior del SH).

La **figura 12** muestra que dos campos magnéticos se almacenan en el árbol y se extienden en círculos sin fin. El campo externo se extiende en una dirección, mientras que el campo interno se extiende en la dirección opuesta.

La **figura 13** ilustra que la tecnología de detección de PCME utiliza dos bucles de campo magnético contra-circulares que se almacenan uno encima del otro (modo Picky-Back).

35 Cuando se aplica tensión mecánica (como movimiento alternativo o par) en ambos extremos del SH magnetizado de PCME (portador del sensor, o árbol) entonces las líneas de flujo magnético de ambas estructuras magnéticas (o bucles) se inclinarán en proporción al par aplicado.

40 Como se ilustra en la **figura 14**, cuando no se aplican tensiones mecánicas al SH, las líneas de flujo magnético se extienden en su trayectoria original. Cuando se aplican tensiones mecánicas, las líneas de flujo magnético se inclinan en proporción a la tensión aplicada (como movimiento lineal o par).

45 Dependiendo de la dirección del par aplicado (en sentido horario o antihorario, en relación con el SH) las líneas de flujo magnético se inclinan hacia la derecha o se inclinan hacia la izquierda. Cuando las líneas de flujo magnético alcanzan el límite de la región codificada magnéticamente, las líneas de flujo magnético desde la capa superior se unirán con las líneas de flujo magnético desde la capa inferior, y viceversa. Esto formará entonces una forma toroidal perfectamente controlada.

Las ventajas de esta estructura magnética son:

- Estructuras de campo magnético parásito reducido (casi eliminado) cuando se aplica tensión mecánica al SH (esto dará como resultado mejores rendimientos de RSU).
- 50 □ Pendiente de señal de salida del sensor más alta, ya que hay dos capas "activas" que se complementan entre sí al generar una señal relacionada con la tensión mecánica. Explicación: Cuando se usa un diseño de sensor de capa única, las líneas de flujo magnético "inclinadas" que se salen en el límite de la región de codificación tienen que crear un "pasaje de retorno" desde un lado del límite al otro. Este esfuerzo afecta a la cantidad de señal disponible para ser detectada y medida fuera del SH con la unidad de sensor secundario.
- Casi no existen limitaciones en las dimensiones del SH (árbol) donde se aplicará la tecnología de PCME. La

estructura de campo magnético de doble capa se puede adaptar a cualquier dimensión de árbol sólido o hueco.

Las dimensiones físicas y el rendimiento del sensor se pueden programar en un rango muy amplio y, por lo tanto, se pueden adaptar a la aplicación específica.

- 5  Este diseño del sensor permite medir las tensiones mecánicas provenientes de los tres ejes dimensionales, incluidas las fuerzas en línea aplicadas al árbol (aplicable como célula de carga). Explicación: Los diseños de sensores de magnetoestricción anteriores (por ejemplo, de tecnología FAST) se han limitado a ser sensibles solo en 2 ejes dimensionales, y no podrían medir las fuerzas en línea.

Con referencia a la **figura 15**, cuando se aplica par al SH, las líneas de flujo magnético de ambos bucles magnéticos contra-circular se conectan entre sí en los límites de la región del sensor.

- 10 Cuando la tensión del par mecánico se aplica al SH, entonces el campo magnético ya no se extenderá en círculos, pero se inclinará ligeramente en proporción a la tensión del par aplicado. Esto hará que las líneas de campo magnético de una capa se conecten a las líneas de campo magnético en la otra capa, y con esta forma una forma toroidal.

- 15 Con referencia a la **figura 16**, se muestra una presentación exagerada de cómo la línea de flujo magnético formará una estructura toroidal en ángulo cuando se aplican altos niveles de par al SH.

A continuación, se describirán características y beneficios del procedimiento de codificación de PCM (PCME).

La tecnología de detección de magnetoestricción de NCT a partir de NCTE acuerdo con la presente invención ofrece características de detección de alto rendimiento como:

- 20  No se requieren cambios mecánicos en el portador del sensor (los árboles ya existentes se pueden usar tal como están)

No se debe conectar nada al portador del sensor (por lo tanto, nada puede caerse o cambiar durante la vida del árbol = alto MTBF)

Durante la medición, el SH puede rotar, desplazarse o moverse a la velocidad deseada (sin limitaciones de rpm)

- 25  Muy buenos rendimientos de RSU (uniformidad de señal de rotación)

Excelente linealidad de medición (hasta 0,01 % de FS)

Alta capacidad de repetición de medición

Resolución de señal muy alta (mejor que 14 bits)

Ancho de banda de señal muy alto (mejor que 10 kHz)

- 30 Dependiendo del tipo elegido de tecnología de detección de magnetoestricción, y el diseño del sensor físico elegido, el árbol de transmisión de potencia mecánica (también llamado "portador del sensor" o en "SH" abreviado) se puede utilizar "tal cual" sin hacer ningún cambio mecánico a eso o sin fijar nada al árbol. Esto se denomina principio de medición de par sin contacto "verdadero", que permite que el árbol gire libremente a cualquier velocidad deseada en ambas direcciones.

- 35 El procedimiento de fabricación aquí descrito de codificación de PCM (PCME) de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención proporciona características adicionales que ninguna otra tecnología de magnetoestricción puede ofrecer (singularidad de esta tecnología):

Más de tres veces la intensidad de la señal en comparación con procedimientos de codificación de magnetoestricción alternativos (como el procedimiento "RS" de FAST).

- 40  Procedimiento de carga del árbol fácil y simple (alto rendimiento de fabricación).

Sin componentes móviles durante el procedimiento de codificación magnética (equipo de fabricación de baja complejidad = alto MTBF y menor coste).

El procedimiento permite que el sensor NCT esté "afinado" para lograr una precisión objetivo de una fracción del uno por ciento.

- 45  El procedimiento de fabricación permite el "procesamiento previo" del árbol y el "procesamiento posterior" en el mismo ciclo del procedimiento (alto rendimiento de fabricación).

La tecnología de detección y el procedimiento de fabricación son de relación métrica y, por lo tanto, se aplican

a todos los diámetros de los árboles o tubos.

- El procedimiento de codificación de PCM se puede aplicar mientras el SH ya está montado (dependiendo de la accesibilidad) (mantenimiento fácil).
- 5 □ El sensor final es insensible a los movimientos axiales del árbol (el movimiento real permitido del árbol axial depende de la "longitud" física de la región codificada magnéticamente).
- El SH con codificación magnética permanece neutro y tiene poco o ningún campo magnético cuando no se aplican fuerzas (como par) al SH.
- Sensible a las fuerzas mecánicas en todos los ejes tridimensionales.

A continuación, se describirá la distribución de flujo magnético en el SH.

- 10 La tecnología de procesamiento de PCME se basa en el uso de corrientes eléctricas, que pasan por el SH (portador del sensor o árbol) para lograr la deseada codificación permanente magnética del material ferromagnético. Para lograr el rendimiento deseado del sensor y las características, se requiere una corriente eléctrica muy específica y bien controlada. Los primeros experimentos que usaron corrientes de CC fallaron debido a la suerte de entender cómo pequeñas cantidades y grandes cantidades de corriente eléctrica de CC están viajando a través de un
- 15 conductor (en este caso, el "conductor" es el árbol transmisor de potencia mecánica, también llamado portador del sensor o abreviado "SH").

Con referencia a la **figura 17**, se ilustra una densidad de corriente eléctrica supuesta en un conductor.

En general, se supone que la densidad de corriente eléctrica en un conductor se distribuye uniformemente sobre toda la sección transversal del conductor cuando una corriente eléctrica (CC) pasa a través del conductor.

- 20 Con referencia a la **figura 18**, se muestra un pequeño campo magnético que forma la corriente eléctrica que une la trayectoria de la corriente en un conductor.

- 25 Es nuestra experiencia que cuando una pequeña cantidad de corriente eléctrica (CC) está pasando a través del conductor que la densidad de corriente es más alta en el centro del conductor. Las dos razones principales para esto son: La corriente eléctrica que pasa a través de un conductor genera un campo magnético que está atando la trayectoria de la corriente en el centro del conductor, y la impedancia es la más baja en el centro del conductor.

Con referencia a la **figura 19**, se ilustra un flujo típico de pequeñas corrientes eléctricas en un conductor.

En realidad, sin embargo, la corriente eléctrica puede no fluir en una línea "recta" desde un polo de conexión al otro (similar a la forma del rayo eléctrico en el cielo).

- 30 En un cierto nivel de corriente eléctrica, el campo magnético generado es lo suficientemente grande como para causar una magnetización permanente del material del árbol ferromagnético. Como la corriente eléctrica fluye cerca o en el centro del SH, el campo magnético permanentemente almacenado residirá en la misma ubicación: cerca o en el centro del SH. Cuando ahora se aplica un par mecánico o fuerza lineal para oscilación/movimiento alternativo al árbol, el campo magnético almacenado internamente del árbol responderá inclinando su trayectoria de flujo magnético de acuerdo con la fuerza mecánica aplicada. Como el campo magnético permanentemente almacenado
- 35 se encuentra profundamente debajo de la superficie del árbol, los efectos medibles son muy pequeños, no uniformes y, por lo tanto, no son suficientes para construir un sistema de sensor de NCT fiable.

Con referencia a la **figura 20**, se muestra una densidad de corriente uniforme en un conductor a nivel de saturación.

- 40 Solo en el nivel de saturación está la densidad de corriente eléctrica (cuando se aplica CC) distribuida uniformemente en toda la sección transversal del conductor. La cantidad de corriente eléctrica para alcanzar este nivel de saturación es extremadamente alta y está influenciada principalmente por la sección transversal y la conductividad (impedancia) del conductor utilizado.

Con referencia a la **figura 21**, se muestra la corriente eléctrica que se desplaza por debajo o en la superficie del conductor (efecto piel).

- 45 También se asume ampliamente que al pasar a través de una corriente alterna (como una señal de radiofrecuencia) a través de un conductor que la señal está pasando a través de las capas superficiales del conductor, se denomina efecto piel. La frecuencia elegida de la corriente alterna define la "ubicación/posición" y la "profundidad" del efecto piel. A altas frecuencias, la corriente eléctrica se desplazará a la derecha o cerca de la superficie del conductor (A), mientras que a frecuencias más bajas (en las regiones de 5 a 10 Hz para un diámetro del SH de 20 mm) la corriente alterna eléctrica penetrará más en el centro de la sección transversal (E) de los árboles. Además, la densidad de corriente relativa es más alta en las regiones ocupadas actuales a frecuencias de CA más altas en comparación con la densidad de corriente relativa cerca del centro del árbol a muy bajas frecuencias de CA (ya que hay más espacio disponible para que fluya la corriente).
- 50

Con referencia a la **figura 22**, se ilustra la densidad de corriente eléctrica de un conductor eléctrico (sección transversal de 90 grados con respecto al flujo de corriente) cuando pasa a través del conductor una corriente alterna a diferentes frecuencias.

5 El diseño del campo magnético deseado de la tecnología del sensor de PCME son dos estructuras circulares de campo magnético, almacenadas en dos capas una encima de la otra ("Picky-Back"), y extendiéndose en direcciones opuestas entre sí (contra-circular).

De nuevo haciendo referencia a la **figura 13**, se muestra una estructura de sensor magnético deseada: dos bucles magnéticos sin fin colocados uno encima del otro, extendiéndose en direcciones opuestas entre sí: Diseño de campo contra-circular "Picky-Back".

10 Para que este diseño de campo magnético sea altamente sensible a las tensiones mecánicas que se aplicarán al SH (árbol) y para generar la mayor señal de sensor posible, la estructura de campo magnético deseada debe colocarse más cerca de la superficie del árbol. Colocar los campos magnéticos circulares cerca del centro del SH causará la amortiguación de la pendiente de la señal de salida del sensor disponible para el usuario (la mayor parte de la señal del sensor se desplazará a través del material del árbol ferromagnético, ya que tiene una permeabilidad mucho más alta en comparación al aire), y aumenta la falta de uniformidad de la señal del sensor (en relación con la rotación del árbol y los movimientos axiales del árbol en relación con el sensor secundario).

Con referencia a la **figura 23**, se ilustran estructuras de campo magnético almacenadas cerca de la superficie del árbol y almacenadas cerca del centro del árbol.

20 Puede ser difícil lograr la codificación magnética permanente deseada del SH cuando se usa CA (corriente alterna), ya que la polaridad del campo magnético creado cambia constantemente y, por lo tanto, puede actuar más como un sistema de desmagnetización.

25 La tecnología de PCME requiere que una fuerte corriente eléctrica ("unipolar" o CC, para evitar el borrado de la estructura deseada del campo magnético) se desplace justo debajo de la superficie del árbol (para asegurar que la señal del sensor sea uniforme y medible en el exterior del árbol). Además, se necesita formar una estructura de campo magnético contra-circular "picky back".

30 Es posible colocar las dos estructuras de campo magnético contra-circular en el árbol almacenándolas en el árbol una después de la otra. Primero, la capa interna se almacenará en el SH, y luego en la capa externa mediante el uso de una fuerza magnética más débil (evitando que la capa interna sea neutralizada y eliminada por accidente). Para lograr esto, las técnicas de codificación de imán "permanente" conocidas se pueden aplicar como se describe en las patentes de tecnología FAST, o usando una combinación de codificación de corriente eléctrica y la codificación de imán "permanente".

Un procedimiento de codificación mucho más simple y más rápido utiliza una única corriente eléctrica para lograr la deseada estructura de campo magnético contra-circular "Picky-Back". La parte más desafiante aquí es generar el campo magnético contra-circular.

35 Una corriente eléctrica uniforme producirá un campo magnético uniforme, extendiéndose alrededor del conductor eléctrico en un ángulo de 90 grados, en relación con la dirección de la corriente (A). Al colocar dos conductores uno al lado del otro (B), entonces el campo magnético entre los dos conductores parece cancelar el efecto entre sí (C). Aunque todavía está presente, no hay campo magnético detectable (o medible) entre los dos conductores cercanos. Cuando se colocan varios conductores eléctricos uno al lado del otro (D), el campo magnético "medible" parece rodear el exterior de la superficie del conductor de forma "plana".

Con referencia a la **figura 24**, se muestran los efectos magnéticos cuando se mira en la sección transversal de un conductor con una corriente uniforme que fluye a través del mismo.

45 El conductor en forma de "rectángulo" o "plano" ahora se ha doblado en forma de "U". Al pasar una corriente eléctrica a través del conductor en forma de "U", el campo magnético que sigue las dimensiones exteriores de la forma "U" está cancelando los efectos medibles en la mitad interna de la "U".

Con referencia a la **figura 25**, la zona dentro del conductor en forma de "U" parece ser magnéticamente "neutra" cuando una corriente eléctrica está fluyendo a través del conductor.

50 Cuando no se aplica tensión mecánica a la sección transversal de un conductor en forma de "U", parece que no hay ningún campo magnético presente dentro de la "U" (F). Pero al doblar o torcer el conductor en forma de "U", el campo magnético ya no seguirá su trayectoria original (ángulo de 90 grados con respecto al flujo de corriente). Dependiendo de las fuerzas mecánicas aplicadas, el campo magnético comienza a cambiar ligeramente su trayectoria. En ese momento, el vector del campo magnético causado por la tensión mecánica se puede detectar y medir en la superficie del conductor, dentro y fuera de la forma en "U". Nota: Este fenómeno se aplica solo a niveles de corriente eléctrica muy específicos.

Lo mismo se aplica al diseño del conductor en forma de "O". Al pasar una corriente eléctrica uniforme a través de un conductor en forma de "O" (tubo), los efectos magnéticos medibles dentro de la "O" (tubo) se han cancelado mutuamente (G).

5 Con referencia a la **figura 26**, la zona dentro del conductor en forma de "O" parece ser magnéticamente "neutra" cuando una corriente eléctrica está fluyendo a través del conductor.

Sin embargo, cuando las tensiones mecánicas se aplican al conductor en forma de "O" (tubo) se hace evidente que se ha producido un campo magnético presente en el lado interior del conductor en forma de "O". El campo magnético direccional interno contrario (así como el campo magnético externo) comienza a inclinarse en relación con las tensiones de par aplicadas. Este campo de inclinación se puede detectar y medir claramente.

10 A continuación, se describirá un diseño de pulso de codificación.

15 Para lograr la estructura del campo magnético deseada (diseño de campos contra-circular, Picky-Back) dentro del SH, de acuerdo con una realización ejemplar de un procedimiento de la presente invención, pulsos de corriente eléctricas unipolares pasan a través del árbol (o SH). Al usar "pulsos" se puede lograr el "efecto piel" deseado. Al utilizar una dirección de corriente "unipolar" (sin cambiar la dirección de la corriente eléctrica), el efecto magnético generado no se eliminará accidentalmente.

La forma de pulso de corriente utilizada es la más crítica para lograr el diseño de sensor de PCME deseado. Cada parámetro debe ser controlado con precisión y de manera que se pueda repetir: Tiempo de aumento de la corriente, tiempo de corriente constante, amplitud de corriente máxima y tiempo de caída de corriente. Además, es muy importante que la corriente entre y salga de forma muy uniforme alrededor de toda la superficie del árbol.

20 A continuación, se describirá una forma de pulso de corriente de rectángulo.

Con referencia a la **figura 27**, se ilustra un pulso de corriente eléctrica en forma de rectángulo.

25 Un pulso de corriente en forma de rectángulo tiene un borde positivo de elevación rápida y un borde de corriente de caída rápida. Al pasar un pulso de corriente en forma de rectángulo a través del SH, el borde ascendente es responsable de formar la estructura magnética objetivo del sensor de PCME mientras que el tiempo plano "de accionamiento" y el borde descendente del pulso de corriente en forma de rectángulo son contra productivos.

Con referencia a la **figura 28**, se muestra una relación entre la anchura de pulso de codificación de corriente (corriente constante en el tiempo) en forma de rectángulos y la pendiente de la señal de salida del sensor.

30 En el siguiente ejemplo se ha usado un pulso de corriente en forma de rectángulo para generar y almacenar el campo "Picky-Back" contra-circular en un diámetro de 15 mm, árbol de 14CrNi14. La corriente eléctrica pulsada tuvo su máximo en alrededor de 270 Amperios. El pulso de "tiempo de accionamiento" ha sido controlado electrónicamente. Debido al componente de alta frecuencia en el borde ascendente y descendente del pulso de codificación, este experimento no puede representar realmente los efectos del SH de codificación de CC verdadera. Por lo tanto, la curva de inclinación de la señal de salida del sensor eventualmente se aplanan por encima de 20 mV/Nm cuando pasa el tiempo de corriente constante de 1000 ms.

35 Sin utilizar un borde de pulso de corriente de elevación rápida (como el uso de una pendiente de rampa controlada), la pendiente de la señal de salida del sensor habría sido muy pobre (por debajo de 10 mV/Nm). Nota: En este experimento (usando 14CrNi14), la histéresis de la señal fue de alrededor del 0,95 % de la señal del FS (par de FS = 75 Nm).

40 Con referencia a la **figura 29**, se muestra el aumento de la pendiente de señal de salida del sensor usando varios pulsos de corriente en forma de rectángulo en sucesión.

45 La pendiente de la señal de salida del sensor se puede mejorar cuando se usan varios pulsos de codificación de corriente en forma de rectángulo en sucesiones. En comparación con otras formas de pulsos de codificación, la pendiente de la señal de corriente de pulsos de caída rápida del pulso de corriente en forma de rectángulo impedirá que la pendiente de la señal de salida del sensor pueda alcanzar alguna vez un nivel de rendimiento óptimo. Lo que significa que después de que se hayan aplicado solo unos pocos pulsos de corriente (2 a 10) al SH (o árbol), la pendiente de la señal de salida del sensor ya no aumentará.

A continuación, se describe una forma de pulso de corriente de descarga.

50 El pulso de corriente de descarga no tiene tiempo de conexión de corriente constante y no tiene ningún borde descendente rápido. Por lo tanto, el efecto primario y más sentido en la codificación magnética del SH es el borde ascendente rápido de este tipo de pulso de corriente.

Como se muestra en la **figura 30**, un borde de corriente ascendente agudo y una curva de descarga típica proporcionan mejores resultados cuando se crea un sensor de PCME.



Con referencia a la **figura 31**, se ilustra una optimización de la pendiente de la señal de salida del sensor de PCME identificando la corriente de pulso derecha.

5 En el extremo inferior de la escala de corriente de pulso (0 a 75 A para un árbol de 15 mm de diámetro, material del árbol 14CrNi14), el tipo de pulso de corriente de descarga no es lo suficientemente potente como para cruzar el umbral magnético necesario para crear un campo magnético duradero dentro del árbol ferromagnético. Al aumentar la amplitud de la corriente de pulso, la estructura de campo magnético circular doble comienza a formarse debajo de la superficie del árbol. A medida que aumenta la amplitud de la corriente de pulso, también lo hace la amplitud de señal de salida del sensor de par alcanzable del sistema de sensor secundario. En alrededor de 400 A a 425 A, se ha logrado el diseño óptimo del sensor de PCME (las dos regiones magnéticas de flujo inverso han alcanzado su distancia óptima entre sí y la densidad de flujo correcta para obtener el mejor rendimiento del sensor).

Con referencia a la **figura 32**, se ilustra la sección transversal del portador del sensor (SH) con la densidad de corriente eléctrica de PCME óptima y la ubicación durante el pulso de codificación.

15 Al aumentar adicionalmente la amplitud de la corriente de pulso, la amplitud absoluta de la señal del sensor, relacionada con la fuerza de par, aumentará adicionalmente (curva 2) durante algún tiempo mientras que el rendimiento general del sensor de PCME típico disminuirá (curva 1). Al pasar la amplitud de corriente de pulsos de 900 A (para un árbol de 15 mm de diámetro) la amplitud absoluta de la señal del sensor, relacionada con la fuerza de par, también comenzará a disminuir (curva 2) mientras que las prestaciones del sensor de PCME ahora son muy pobres (curva 1).

20 Con referencia a la **figura 33**, se muestran las secciones transversales de portador del sensor (SH) y la densidad de corriente de pulso eléctrico a niveles de corriente de pulso diferentes y crecientes.

Como la corriente eléctrica ocupa una sección transversal más grande en el SH, la separación entre la región circular interior y la región circular exterior (cerca de la superficie del árbol) se hace más grande.

Con referencia a la **figura 34**, se logrará un mejor rendimiento del sensor de PCME cuando el espacio entre el diseño de campo contra-circular "Picky-Back" es estrecho (A).

25 La estructura de campo magnético circular de contraflujo doble deseada será menos capaz de crear una estructura de bucle cerrado bajo fuerzas de torsión, que da como resultado una disminución de la amplitud de la señal del sensor secundario.

Con referencia a la **figura 35**, el aplanamiento de la curva de descarga de corriente también aumentará la pendiente de la señal de salida del sensor.

30 Al aumentar el tiempo de descarga del pulso de corriente (haciendo que el pulso de corriente sea más ancho) (B) la pendiente de la señal de salida del sensor aumentará. Sin embargo, la cantidad de corriente requerida es muy alta para reducir la pendiente del borde descendente del pulso de corriente. Puede ser más práctico usar una combinación de una amplitud de corriente alta (con el valor óptimo) y el tiempo de descarga más lento posible para lograr la pendiente de señal de salida del sensor más alta posible.

35 A continuación, se describirán dispositivos de conexión eléctrica en el marco del procesamiento del sensor primario.

40 La tecnología PCME (se ha de señalar que el término tecnología 'PCME' se utiliza para referirse a realizaciones ejemplares de la presente invención) se basa en el paso a través el árbol de cantidades muy elevadas de corriente eléctrica de pulsos modulados en la ubicación donde el sensor primario debe ser producido. Cuando la superficie del árbol es muy limpia y muy conductora, una conexión de cobre u oro multipunto puede ser suficiente para lograr la uniformidad deseada de la señal del sensor. Importante es que la impedancia sea idéntica de cada punto de conexión a la superficie del árbol. Esto se puede lograr mejor cuando se asegura que la longitud del cable (L) es idéntica antes de que se una al punto de conexión de corriente principal (I).

Con referencia a la **figura 36**, se ilustra una simple conexión eléctrica multipunto a la superficie del árbol.

45 Sin embargo, en la mayoría de los casos, una conexión eléctrica multipunto fiable y repetible solo se puede lograr asegurando que la impedancia en cada punto de conexión sea idéntica y constante. Usando un conector afilado empujado con resorte, penetrará las posibles capas de oxidación o aislamiento (tal vez causadas por huellas dactilares) en la superficie del árbol.

Con referencia a la **figura 37**, se ilustra un accesorio de conexión eléctrica multicanal, con puntos de contacto cargados por resorte.

50 Cuando se procesa el árbol, lo más importante es que la corriente eléctrica se inyecte y extraiga del árbol de la manera más uniforme posible. El dibujo anterior muestra varios conectores eléctricos, aislados entre sí, que se sujetan mediante un accesorio alrededor del árbol. Este dispositivo se conoce como abrazadera de sujeción de procesamiento del árbol (o SPHC). El número de conectores eléctricos requeridos en un SPHC depende del diámetro exterior de los árboles. Cuanto mayor sea el diámetro exterior, más conectores se requieren. El espacio

entre los conductores eléctricos debe ser idéntico desde un punto de conexión hasta el siguiente punto de conexión. Este procedimiento se llama contactos de "puntos críticos" simétricos.

5 Con referencia a la **figura 38**, se ilustra que aumentar el número de puntos de conexión eléctrica ayudará a los esfuerzos de entrada y salida de la corriente eléctrica modulada por pulsos. También aumentará la complejidad del sistema de impulsión electrónico requerido.

Con referencia a la **figura 39**, se muestra un ejemplo de cómo abrir el SPHC para facilitar la carga del árbol.

A continuación, se describirá un esquema de codificación en el marco del procesamiento del sensor primario.

10 La codificación del árbol primario puede realizarse usando imanes permanentes aplicados en un árbol giratorio o usando corrientes eléctricas que pasan a través de la sección deseada del árbol. Cuando se usan imanes permanentes, es necesario un procedimiento secuencial muy complejo para colocar las dos capas de campos magnéticos de bucle cerrado, una encima de la otra, en el árbol. Cuando se usa el procedimiento de PCME, la corriente eléctrica debe entrar en el árbol y salir del árbol de la forma más simétrica posible para lograr los rendimientos deseados.

15 Con referencia a la **figura 40**, dos SPHC (abrazaderas de sujeción de procesamiento de árbol) se colocan en los bordes de la región de codificación de detección planificada. A través de un SPHC, la corriente eléctrica pulsada (I) entrará en el árbol, mientras que en el segundo SPHC, la corriente eléctrica pulsada (I) saldrá del árbol. La región entre las dos SPHC se convertirá en el sensor primario.

20 Este procedimiento de sensor particular producirá una región codificada de campo único (SF). Un beneficio de este diseño (en comparación con los que se describen a continuación) es que este diseño es insensible a cualquier movimiento axial del árbol en relación con la ubicación de los dispositivos sensores secundarios. La desventaja de este diseño es que cuando se usan bobinas MFS colocadas axialmente (o en línea), el sistema será sensible a campos magnéticos dispersos (como el campo magnético terrestre).

25 Con referencia a la **figura 41**, una región codificada de doble campo (DF) (es decir, dos regiones de sensor de funcionamiento independiente con polaridad opuesta, una al lado de la otra) permite cancelar los efectos de campos magnéticos uniformes dispersos cuando se usan bobinas MFS colocadas axialmente (o en línea). Sin embargo, este diseño de sensor primario también acorta el rango tolerable de movimiento del árbol en dirección axial (en relación con la ubicación de las bobinas MFS). Hay dos formas de producir una región codificada de doble campo (DF) con la tecnología de PCME. El procedimiento secuencial, donde las secciones magnéticas codificadas se producen una después de la otra, y el procedimiento paralelo, donde ambas secciones magnéticas codificadas se producen al mismo tiempo.

35 La primera etapa del procedimiento del diseño de campo dual secuencial es codificar magnéticamente una sección de sensor (idéntica al procedimiento de campo único), por lo que la separación entre los dos SPHC tiene que ser la mitad de la longitud final deseada de la región del sensor primario. Para simplificar las explicaciones de este procedimiento, llamamos al SPHC que se coloca en el centro de la región del sensor primario final, el SPHC central (C-SPHC) y el SPHC que se encuentra en el lado izquierdo del SPHC central: L-SPHC.

Con referencia a la **figura 42**, la segunda etapa del procedimiento de la codificación de campo dual secuencial utilizará el SPHC que se encuentra en el centro de la región del sensor primario (llamado C-SPHC) y un segundo SPHC que se coloca en el otro lado (el lado derecho) del SPHC central, llamado R-SPHC. Es importante que la dirección del flujo de corriente en el SPHC central (C-SPHC) sea idéntica en ambas etapas del procedimiento.

40 Con referencia a la **figura 43**, el rendimiento de la región del sensor primario final depende de cuán cerca se pueden ubicar las dos regiones codificadas entre sí. Y esto depende del diseño del SPHC central usado. Cuanto más estrechas sean las dimensiones de contacto del espacio en línea del C-SPHC, mejores serán las prestaciones del sensor de PCME de doble campo.

45 La **figura 44** muestra la aplicación de pulsos de acuerdo con otra realización de ejemplo de la presente invención. Como se puede tomar del dibujo anterior, el pulso se aplica a tres ubicaciones del árbol. Debido a la distribución de corriente a ambos lados del electrodo medio donde se ingresa la corriente I en el árbol, la corriente que sale del árbol en los electrodos laterales es solo la mitad de la corriente ingresada en el electrodo medio, es decir  $\frac{1}{2}$  I. Los electrodos están representados como anillos cuyas dimensiones están adaptadas a las dimensiones de la superficie exterior del árbol. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que pueden usarse otros electrodos, tales como los electrodos que comprenden una pluralidad de electrodos de clavija descritos más adelante en este texto.

Con referencia a la **figura 45**, se muestran las direcciones de flujo magnético de las dos secciones de sensor de un diseño de sensor de PCME de doble campo cuando no se aplica tensión de par o movimiento lineal al árbol. Los bucles de flujo magnético de contraflujo no interactúan entre sí.

55 Con referencia a la **figura 46**, cuando se aplican fuerzas de par o fuerzas de tensión lineal en una dirección particular, entonces los bucles de flujo magnético comienzan a extenderse con un ángulo de inclinación creciente

dentro del árbol. Cuando el flujo magnético empujado alcanza el límite del segmento de PCME, entonces la línea de flujo interactúa con las líneas de flujo magnético de contraflujo, como se muestra.

5 Con referencia a la **figura 47**, cuando la dirección del par aplicado está cambiando (por ejemplo, desde el sentido horario hasta el sentido antihorario) entonces cambiará el ángulo de inclinación de las estructuras de flujo magnético de contraflujo dentro del árbol codificado PCM.

A continuación, se describirá un impulsor de corriente multicanal para el procesamiento del árbol.

En los casos en los que no se puede garantizar una impedancia absoluta idéntica de la trayectoria de la corriente a la superficie del árbol, entonces las etapas de impulsión controladas por la corriente eléctrica se pueden usar para solucionar este problema.

10 Con referencia a la **figura 48**, se muestra un sistema de impulsión de corriente de pulso sincronizado de seis canales para portadores de sensor (SH) de diámetro pequeño. A medida que el diámetro del árbol aumenta, también aumentará la cantidad de canales de impulsión de corriente.

A continuación, se describirán contactos de anillo de latón y contactos de "puntos críticos" simétricos.

15 Cuando el diámetro del árbol es relativamente pequeño y la superficie del árbol está limpia y libre de cualquier oxidación en la región de detección deseada, entonces se puede elegir un procedimiento de contacto simple de anillo de "latón" (o anillo de cobre) para procesar el sensor primario.

Con referencia a la **figura 49**, se pueden usar anillos de latón (o anillos de cobre) firmemente ajustados a la superficie del árbol, con conexiones de soldadura para los cables eléctricos. El área entre los dos anillos de latón (anillos de cobre) es la región codificada.

20 Sin embargo, es muy probable que los rendimientos de RSU alcanzables sean mucho más bajos que cuando se utiliza el procedimiento de contactos de "puntos críticos" simétricos.

A continuación, se describirá un concepto de puntos críticos.

25 Un sensor de PCME de campo único estándar (SF) tiene muy malas prestaciones de puntos críticos. El perfil de flujo magnético externo del segmento del sensor SF de PCME (cuando se aplica par) es muy sensible a los posibles cambios (en relación con el material ferromagnético) en el entorno cercano. Como los límites magnéticos del segmento del sensor codificado SF no están bien definidos (no están "fijados"), pueden "extenderse" hacia la dirección donde se coloca el material ferromagnético cerca de la región de detección de PCME.

Con referencia a la **figura 50**, una región de detección magnetizada de procedimiento PCME es muy sensible a materiales ferromagnéticos, que pueden acercarse a los límites de las regiones de detección.

30 Para reducir la sensibilidad del sensor Hot-Spotting, los límites del segmento del sensor de PCME deben definirse mejor inmovilizándolos (ya no pueden moverse).

Con referencia a la **figura 51**, se muestra una región de detección procesada de PCME con dos "regiones de campo de fijación", una a cada lado de la región de detección.

35 Al colocar las regiones de fijación estrechamente a cada lado de la región de detección, el límite de la región de detección se ha fijado a una ubicación muy específica. Cuando el material ferromagnético se acerca a la región de detección, puede tener un efecto en los límites externos de las regiones de fijación, pero tendrá efectos muy limitados en los límites de la región de detección.

40 Hay varias formas diferentes, de acuerdo con las realizaciones ejemplares de la presente invención, de cómo se puede procesar el SH (portador de sensor) para obtener una región de detección de campo único (SF) y dos regiones de fijación, una a cada lado de la región de detección. O bien cada región se procesa una tras otra (procesamiento secuencial) o dos o tres regiones se procesan simultáneamente (procesamiento paralelo). El procesamiento paralelo proporciona un sensor más uniforme (campos parásitos reducidos), pero requiere niveles mucho más altos de corriente eléctrica para llegar a la inclinación de la señal del sensor objetivo.

45 Con referencia a la **figura 52**, se ilustra un ejemplo de procesamiento en paralelo para un sensor de PCME de campo único (SF) con regiones de fijación en cualquier lado de la región de detección principal, para reducir (o incluso eliminar) los puntos críticos.

Un sensor de PCME de doble campo es menos sensible a los efectos de los puntos críticos, ya que la región central del sensor ya está fijada. Sin embargo, la sensibilidad restante de los puntos críticos se puede reducir aún más colocando las regiones de fijación en cualquier lado de la región del sensor de campo doble.

50 Con referencia a la **figura 53**, se muestra un sensor de PCME de doble campo (DF) con regiones de fijación en cualquiera de los lados.

Cuando las regiones de fijación no están permitidas o son posibles (por ejemplo, separación axial limitada disponible), entonces la región de detección debe estar magnéticamente protegida de las influencias de los materiales ferromagnéticos externos.

A continuación, se explicará la uniformidad de señal de rotación (RSU).

- 5 El rendimiento del sensor RSU es, de acuerdo con la comprensión actual, principalmente dependiente de cómo circunferencialmente uniforme es la corriente eléctrica que entró y salió de la superficie del SH, y el espacio físico entre los puntos de entrada y de salida de corriente eléctrica. Cuanto mayor sea la separación entre los puntos de entrada y salida de corriente, mejor será el rendimiento de la RSU.

10 Con referencia a la **figura 54**, cuando las separaciones entre los puntos de entrada de corriente circunferenciales individuales son relativamente grandes en relación con el diámetro del árbol (e igualmente grandes son las separaciones entre los puntos de salida de corriente colocados circunferencialmente), esto dará como resultado malos rendimientos de la RSU. En tal caso, la longitud del segmento de codificación de PCM debe ser lo más grande posible, ya que de lo contrario el campo magnético creado será circunferencialmente no uniforme.

15 Con referencia a la **figura 55**, ampliando el segmento de codificación de PCM, la distribución del campo magnético circunferencial se volverá más uniforme (y finalmente casi perfecta) a la distancia de la mitad entre los puntos de entrada de corriente y de salida de corriente. Por lo tanto, el rendimiento de la RSU del sensor de PCME es mejor en el punto de la mitad de camino entre los puntos de entrada/salida de corriente.

A continuación, se describirán los problemas básicos de diseño de un sistema de sensor de NCT.

20 Sin entrar en los detalles específicos de la tecnología de codificación de PCM, el usuario final de esta tecnología de detección necesita ahora algunos detalles de diseño que le permitan aplicar y utilizar este concepto de detección en su aplicación. Las siguientes páginas describen los elementos básicos de un sensor de NCT basado en magnetoestricción (como el sensor primario, el sensor secundario y la electrónica SCSP), cómo son los componentes individuales y qué opciones se deben tomar al integrar esta tecnología en un producto ya existente.

25 En principio, la tecnología de detección de PCME puede usarse para producir un producto de sensor independiente. Sin embargo, en aplicaciones industriales ya existentes, hay poco espacio disponible para un producto "independiente". La tecnología de PCME se puede aplicar en un producto existente sin la necesidad de rediseñar el producto final.

30 En caso de que un dispositivo sensor de par autónomo o un dispositivo sensor de detección de posición se aplicará a un sistema de transmisión de motor, puede requerir que todo el sistema deba sufrir un cambio importante de diseño.

A continuación, con referencia a la figura 56, se ilustra una posible ubicación de un sensor de PCME en el árbol de un motor.

35 La figura 56 muestra posibles ubicaciones de disposición para el sensor de par en una caja de engranajes de un automóvil. La porción superior de la figura 56 muestra la disposición del sensor de par de PCME. La porción inferior de la figura 56 muestra la disposición de un dispositivo sensor independiente que no está integrado en el árbol de entrada de la caja de engranajes.

40 Como puede tomarse a partir de la porción superior de la figura 56, el sensor de par puede estar integrado en el árbol de entrada de la caja de engranajes. En otras palabras, el sensor primario puede ser una porción del árbol de entrada. En otras palabras, el árbol de entrada puede estar codificado magnéticamente de manera que se convierta en el sensor primario o el propio elemento sensor. Los sensores secundarios, es decir, las bobinas, pueden alojarse, por ejemplo, en una porción de cojinete cerca de la región codificada del árbol de entrada. Debido a esto, para proporcionar el sensor de par entre la fuente de alimentación y la caja de engranajes, no es necesario interrumpir el árbol de entrada y proporcionar un sensor de par separado entre un árbol que va al motor y otro que va a la caja de engranajes como se muestra en la porción inferior de la figura 56.

45 Debido a la integración de la región codificada en el árbol de entrada, es posible proporcionar un sensor de par sin realizar ninguna modificación al árbol de entrada, por ejemplo, para un automóvil. Esto se vuelve muy importante, por ejemplo, en partes para un avión donde cada parte tiene que someterse a pruebas exhaustivas antes de que se permita su uso en el avión. Este sensor de par de acuerdo con la presente invención puede ser tal vez, incluso sin que tales pruebas exhaustivas, que se incorpore en árbol en un avión o turbina, ya que el árbol inmediato no se altera. Además, no se producen efectos materiales en el material del árbol.

50 Además, como se puede tomar a partir de la figura 56, el sensor de par según una realización de ejemplo de la presente invención puede permitir reducir una distancia entre una caja de engranajes y una fuente de alimentación, ya que la provisión de un sensor de par independiente separado entre el árbol que sale de la fuente de alimentación y el árbol de entrada a la caja de engranajes se vuelve obvia.

A continuación, se explicarán los componentes del sensor.

Un sensor de magnetoestricción sin contacto (sensor NCT), como se muestra en la **figura 57**, puede consistir en tres elementos funcionales principales: El sensor primario, el sensor secundario y la electrónica de procesamiento de señales y acondicionamiento de señal (SCSP).

- 5 Dependiendo del tipo de aplicación (demandas de volumen y calidad, coste de fabricación objetivo, flujo del procedimiento de fabricación), el cliente puede optar por comprar los componentes individuales para construir el sistema de sensores bajo su propia administración, o puede subcontratar la producción de los módulos individuales.

10 La **figura 58** muestra una ilustración esquemática de los componentes de un dispositivo de detección de par sin contacto. Sin embargo, estos componentes también pueden implementarse en un dispositivo de detección de posición sin contacto.

En los casos en que el objetivo de producción anual se encuentre en miles de unidades, puede ser más eficiente integrar el "procedimiento de codificación magnética del sensor primario" en el procedimiento de fabricación del cliente. En tal caso, el cliente necesita comprar un "equipo de codificación magnética" específico de la aplicación.

15 En aplicaciones de gran volumen, donde el coste y la integridad del procedimiento de fabricación son críticos, es típico que el NCTE suministre solo los componentes básicos individuales y el equipo necesario para construir un sensor sin contacto:

- IC (circuitos electrónicos específicos de la aplicación empaquetados montados en la superficie)
- Bobinas MFS (como parte del sensor secundario)
- 20 □ Equipo de codificación del portador del sensor (para aplicar la codificación magnética en el árbol = sensor primario)

Dependiendo del volumen requerido, las bobinas MFS se pueden suministrar ya montadas en un bastidor, y si se desea, unidas eléctricamente a un mazo de cables con conector. Igualmente, los componentes electrónicos SCSP (procesamiento de señales y acondicionamiento de señales) se pueden suministrar completamente funcionales en formato de PCB, con o sin las bobinas MFS integradas en la PCB.

25 La **figura 59** muestra los componentes de un dispositivo de detección.

30 Como puede verse a partir de la **figura 60**, el número de bobinas MFS requeridas depende del rendimiento esperado del sensor y de las tolerancias mecánicas del diseño del sensor físico. En un sistema de sensor bien diseñado con portador de sensor perfecto (SH o árbol codificado magnéticamente) e interferencias mínimas desde campos de dispersión magnéticos no deseados, solo se necesitan 2 bobinas MFS. Sin embargo, si el SH se mueve radial o axialmente en relación con la posición del sensor secundario en más de unas pocas décimas de milímetro, entonces el número de bobinas MFS debe aumentarse para lograr el rendimiento del sensor deseado.

A continuación, se explicará un circuito de control y/o de evaluación.

35 La electrónica de SCSP consiste en los circuitos integrados específicos de NCTE, una serie de circuitos electrónicos pasivos y activos externos, la placa de circuito impreso (PCB) y el alojamiento o carcasa de SCSP. Según el entorno en el que se utilizará la unidad de SCSP, la carcasa debe sellarse adecuadamente.

Dependiendo de los requisitos específicos de la aplicación, NCTE ofrece una serie de diferentes circuitos específicos de la aplicación:

- Circuito básico
- Circuito básico con regulador de tensión integrado
- 40 □ Circuito de ancho de banda de señal alta
- Dispositivo de protección de alta tensión y cortocircuito opcional
- Circuito de detección de fallos opcional

La **figura 61** muestra una solución de electrónica de sensor de un solo canal y de bajo coste.

45 Como se puede tomar a partir de la figura 61, se puede proporcionar una unidad de sensor secundario que comprende, por ejemplo, bobinas. Estas bobinas están dispuestas como, por ejemplo, se muestra en la figura 60 para detectar variaciones en un campo magnético emitido desde la unidad de sensor primario, es decir, el árbol del sensor o elemento sensor cuando se aplica un par al mismo. La unidad de sensor secundario está conectada a un IC básico en un SCST. El IC básico está conectado a través de un regulador de tensión a una tensión de alimentación positiva. El IC básico también está conectado a tierra. El IC básico está adaptado para proporcionar

una salida analógica al exterior del SCST, cuya salida se corresponde con la variación del campo magnético causada por la tensión aplicada al elemento sensor.

5 La **figura 62** muestra un diseño de sistema de doble canal protegido contra cortocircuitos con detección integrada de fallos. Este diseño consiste en 5 dispositivos ASIC y proporciona un alto grado de seguridad del sistema. El IC de detección de fallos identifica cuándo hay una rotura del cable en alguna parte del sistema de sensor, un fallo en las bobinas MFS o un fallo en las etapas del impulsor electrónico del "IC básico".

A continuación, se explicará la unidad de sensor secundario.

10 El sensor secundario puede, de acuerdo con la **figura 63**, consistir en los elementos: De una a ocho bobinas MFS (sensor de campo magnético), la placa de alineación y conexión, el mazo de cables con conector y la carcasa del sensor secundario.

Las bobinas MFS se pueden montar en la placa de alineación. Usualmente, la placa de alineación permite que los dos cables de conexión de cada bobina MFS estén soldados/conectados de la manera adecuada. El mazo de cables está conectado a la placa de alineación. Esto, completamente montado con las bobinas MFS y el mazo de cables, luego se integra o mantiene mediante la carcasa del sensor secundario.

15 El elemento principal de la bobina MFS es el cable central, que debe estar hecho de un material amorfo.

Dependiendo del entorno en el que se utilizará la unidad de sensor secundario, la placa de alineación montada debe cubrirse con un material protector. Este material no puede causar tensión mecánica o presión sobre las bobinas MFS cuando la temperatura ambiente está cambiando.

20 En aplicaciones donde la temperatura operativa no excede de +110 grados C, el cliente tiene la opción de colocar la electrónica SCSP (ASIC) dentro de la unidad de sensores secundarios (SSU). Aunque los dispositivos ASIC pueden operar a temperaturas superiores a +125 °C, será cada vez más difícil compensar los cambios de señal relacionados con la temperatura y la ganancia de señal.

25 La longitud de cable máxima recomendada entre las bobinas MFS y la electrónica SCSP es de 2 metros. Al usar el cable de conexión apropiado, se pueden alcanzar distancias de hasta 10 metros. Para evitar la interferencia cruzada de señales en aplicaciones multicanal (dos SSU independientes que operan en la misma ubicación del sensor primario = función de sensor redundante), se debe considerar el cable blindado especialmente entre las SSU y la electrónica de SCSP.

Al planificar la producción de la unidad de sensor secundario (SSU), el productor debe decidir qué parte o partes de la SSU deben comprarse mediante subcontratación y qué etapas de fabricación se realizarán en la empresa.

30 A continuación, se describirán las opciones de fabricación de la unidad de sensor secundario.

Al integrar el sensor NCT en una herramienta personalizada o sistema de transmisión estándar, el fabricante del sistema tiene varias opciones para elegir:

- SSU hecho a medida (incluido el mazo de cables y el conector)
  - módulos o componentes seleccionados; el montaje final de SSU y la prueba del sistema pueden realizarse bajo la administración del cliente.
  - solo los componentes esenciales (bobinas MFS o cable de núcleo de MFS, IC específicos de aplicación) y producirán la SSU internamente.
- 35

La **figura 64** ilustra una realización de ejemplo de un conjunto de unidad de sensor secundario.

A continuación, se explica un diseño de sensor primario.

40 La SSU (unidad de sensor secundario) se puede colocar fuera del SH codificado magnéticamente (portador del sensor) o, en caso de que el SH sea hueco, dentro del SH. La amplitud de la señal del sensor alcanzable es de igual resistencia, pero tiene un mejor rendimiento señal-ruido cuando se coloca dentro del árbol hueco.

La **figura 65** ilustra dos configuraciones de la disposición geométrica del sensor primario y del sensor secundario.

45 Se pueden lograr rendimientos mejorados del sensor cuando el procedimiento de codificación magnético se aplica a una sección recta y paralela del SH (árbol). Para un árbol con un diámetro de 15 mm a 25 mm, la longitud mínima óptima de la región codificada magnéticamente es de 25 mm. El rendimiento del sensor mejorará aún más si la región se puede hacer de hasta 45 mm (añadiendo regiones de protección). En sistemas de transmisión (caja de cambios) complejos y altamente integrados, será difícil encontrar ese espacio. En circunstancias más ideales, la región de codificación magnética puede ser tan corta como de 14 mm, pero esto conlleva el riesgo de que no se puedan lograr todas las prestaciones deseadas del sensor.

50

Como se ilustra en la **figura 66**, la separación entre la SSU (unidad de sensor secundario) y la superficie del portador del sensor, según una realización de ejemplo de la presente invención, debe mantenerse lo más pequeña posible para lograr la mejor calidad de señal posible.

A continuación, se describirá el equipo de codificación del sensor primario.

5 Se muestra un ejemplo en la **figura 67**.

Dependiendo de qué tecnología de detección de magnetoestricción se elegirá, el portador del sensor (SH) necesita procesarse y tratarse en consecuencia. Las tecnologías varían mucho entre sí (ABB, FAST, FT, Kubota, MDI, NCTE, RM, Siemens, ...) y también lo hacen los equipos de procesamiento necesarios. Algunas de las tecnologías de detección de magnetoestricción disponibles no necesitan cambios físicos en el SH y solo se basan en el procesamiento magnético (MDI, FAST, NCTE).

10

Aunque la tecnología MDI es un procedimiento de dos fases, la tecnología FAST es un procedimiento de tres fases, y la tecnología NCTE un procedimiento de una sola fase, llamada codificación PCM.

Se debe tener en cuenta que después del procesamiento magnético, el portador del sensor (SH o árbol) se ha convertido en un dispositivo de "medición de precisión" y debe tratarse en consecuencia. El procesamiento magnético debe ser la última etapa antes de que el SH tratado se coloque cuidadosamente en su ubicación final.

15

El procesamiento magnético debe ser una parte integral del procedimiento de producción del cliente (procesamiento magnético interno) bajo las siguientes circunstancias:

- Grandes cantidades de producción (como en miles)
- SH pesado o difícil de manejar (por ejemplo, altos costes de envío)
- 20  Requisitos de calidad e inspección muy específicos (por ejemplo, aplicaciones de defensa)

En todos los demás casos, puede ser más rentable obtener el SH tratado magnéticamente por un subcontratista cualificado y autorizado, como NCTE. Para el procesamiento magnético "interno" se requiere un equipo de fabricación dedicado. Dichos equipos pueden operarse completamente de forma manual, semiautomatizada y completamente automatizada. Dependiendo de la complejidad y del nivel de automatización, el equipo puede costar entre 20.000 euros y más de 500.000 euros.

25

Debe indicarse que el término "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y "un" o "una" no excluye una pluralidad. También se pueden combinar elementos descritos en asociación con diferentes realizaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de codificación magnética de un elemento sensor para un sensor de par, comprendiendo el procedimiento las etapas de:  
 5 aplicar un primer pulso de corriente al elemento sensor (S1);  
 en el que el primer pulso de corriente se aplica de manera que hay un primer flujo de corriente en una primera dirección a lo largo de un eje longitudinal del elemento sensor; y  
 en el que el primer pulso de corriente es tal que la aplicación del pulso de corriente genera una región magnéticamente codificada en el elemento sensor;  
**caracterizado por que**  
 10 el primer pulso de corriente tiene un borde ascendente y un borde descendente, en el que el borde ascendente es más empinado que el borde descendente.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que se aplica un segundo pulso de corriente al elemento sensor (S2); en el que el segundo pulso de corriente se aplica de manera que hay un segundo flujo de corriente en una segunda dirección a lo largo del eje longitudinal del elemento sensor.
- 15 3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que el segundo pulso de corriente tiene un borde ascendente y un borde descendente; en el que el borde ascendente es más empinado que el borde descendente.
4. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la primera dirección es opuesta a la segunda dirección.
- 20 5. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el elemento sensor tiene una superficie circunferencial que rodea una región central del elemento sensor; en el que el primer pulso de corriente se introduce en el elemento sensor en una primera ubicación en la superficie circunferencial, de manera que existe el primer flujo de corriente en la primera dirección en la región central del elemento sensor; y en el que el primer pulso de corriente se descarga desde el elemento sensor en una segunda ubicación en la superficie circunferencial; en el que la segunda ubicación está a una distancia en la primera dirección desde la primera ubicación.
- 25 6. El procedimiento de una de las reivindicaciones 2 a 5, en el que el segundo pulso de corriente se introduce en el elemento sensor en la segunda ubicación en la superficie circunferencial, de manera que existe el segundo flujo de corriente en la segunda dirección en la región central del elemento sensor; y en el que el segundo pulso de corriente se descarga desde el elemento sensor en la primera ubicación en la superficie circunferencial.
- 30 7. El procedimiento de una de las reivindicaciones 5 a 6, en el que el elemento sensor es un árbol; en el que la región central se extiende dentro del árbol a lo largo de su extensión longitudinal, de manera que la región central rodea un centro del árbol; en el que la superficie circunferencial es la superficie exterior del árbol; en el que la primera y segunda ubicaciones son respectivas regiones circunferenciales en el exterior del árbol.
8. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el primer pulso de corriente no se aplica al elemento sensor en una cara de extremo del elemento sensor.
- 35 9. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el primer pulso de corriente tiene un primer máximo entre 40 y 1400 amperios o en el que el primer pulso de corriente tiene un primer máximo entre 60 y 800 amperios o en el que el primer pulso de corriente tiene un primer máximo entre 75 y 600 amperios o en el que el primer pulso de corriente tiene un primer máximo entre 80 y 500 amperios.
- 40 10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que un segundo máximo del segundo pulso se corresponde esencialmente con el primer máximo.
11. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que una primera duración del primer pulso de corriente es significativamente más larga que una segunda duración del segundo pulso de corriente.
- 45 12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la primera duración es menor que 300 ms y la segunda duración es mayor que 300 ms o en el que la primera duración es menor que 200 ms y la segunda duración es mayor que 400 ms o en el que la primera duración es entre 20 y 150 ms y la segunda duración es entre 180 y 700 ms.
13. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que se aplica una pluralidad de primeros pulsos de corriente.
- 50 14. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el primer pulso de corriente se aplica por medio de un sistema de electrodos que tiene al menos un primer electrodo y un segundo electrodo; en el que el primer electrodo está ubicado en la primera ubicación y el segundo electrodo está ubicado en la segunda ubicación.
15. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que cada uno de los primeros electrodos tiene una pluralidad de clavijas de electrodo; en el que la pluralidad de clavijas de electrodo de cada uno de los primeros y segundos electrodos está dispuesta circunferencialmente alrededor del elemento sensor, de manera que el elemento sensor



está en contacto con las clavijas de electrodo de los primeros y segundos electrodos en una pluralidad de puntos de contacto en una superficie circunferencial externa del árbol en la primera y segunda ubicaciones.

5 16. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 15, en el que al menos uno del primer pulso de corriente y al menos uno del segundo pulso de corriente se aplican al elemento sensor, de manera que el elemento sensor tenga una región codificada magnéticamente; en el que, en una dirección esencialmente perpendicular a una superficie del elemento sensor, la región codificada magnéticamente del elemento sensor tiene una estructura de campo magnético tal que hay un primer flujo magnético en una primera dirección y un segundo flujo magnético en una segunda dirección; y en el que la primera dirección es opuesta a la segunda dirección.

10 17. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 16, que comprende, además, la etapa de: proporcionar una primera zona de fijación adyacente a la primera ubicación y una segunda zona de fijación adyacente a la segunda ubicación.

15 18. El procedimiento de la reivindicación 17, que comprende, además, la etapa de: formar la primera zona de fijación aplicando un tercer pulso de corriente a la superficie circunferencial del elemento sensor en la primera ubicación o adyacente a la primera ubicación, de manera que hay un tercer flujo de corriente en la segunda dirección; en el que el tercer flujo de corriente se descarga en una tercera ubicación que se desplaza desde la primera ubicación en la segunda dirección.

20 19. El procedimiento de una de las reivindicaciones 17 a 18, que comprende, además, la etapa de: formar la segunda zona de fijación, en la segunda ubicación o adyacente a la segunda ubicación, aplicando un cuarto pulso de corriente sobre la superficie circunferencial al elemento sensor, de manera que hay un cuarto flujo de corriente en la primera dirección; en el que el cuarto flujo de corriente se descarga en una cuarta ubicación que se desplaza desde la segunda ubicación en la primera dirección.

25 20. El procedimiento de una de las reivindicaciones 2 a 19, que comprende, además: aplicar los dos pulsos de corriente al elemento de cuerpo metálico, de manera que, en una dirección esencialmente perpendicular a una superficie del elemento de cuerpo metálico, se genere una estructura de campo magnético de manera que haya una primera capa de flujo magnético en una primera dirección y una segunda capa de flujo magnético en una segunda dirección; en el que la primera dirección es opuesta a la segunda dirección.

30 21. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, en el que, en un diagrama de tiempo en relación con la corriente, cada uno de los al menos dos pulsos de corriente tiene un borde de elevación rápida que es esencialmente vertical y tiene un borde de caída lenta.

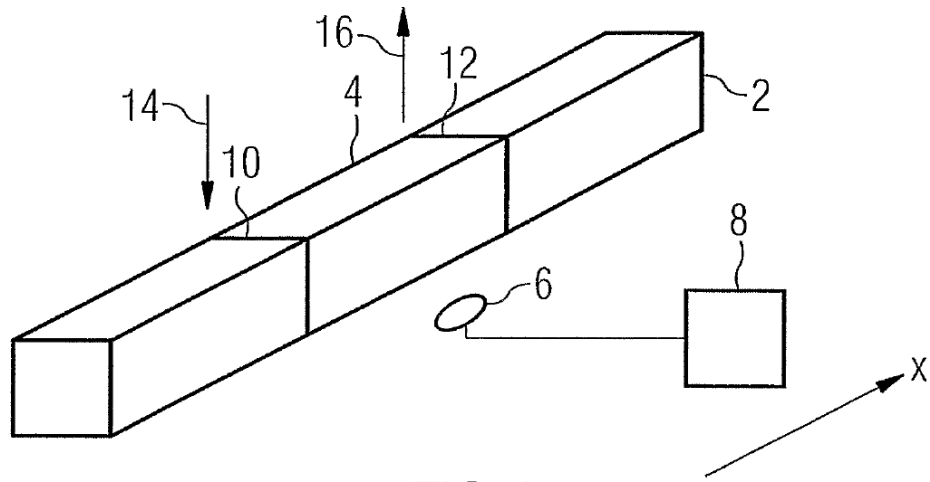


FIG 1

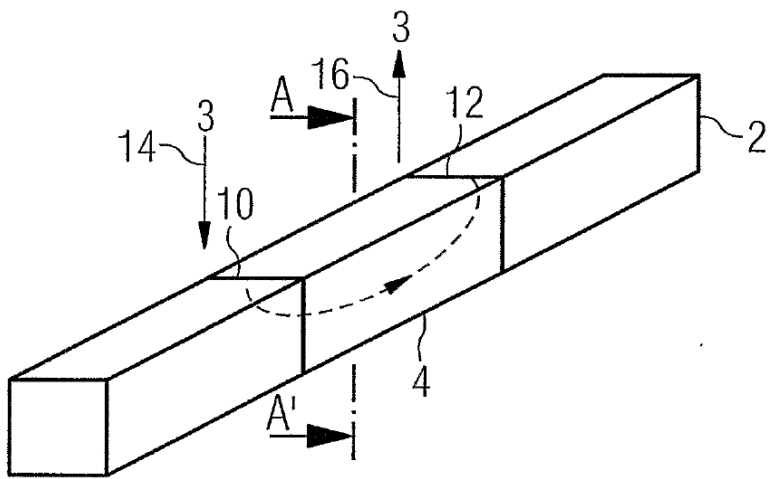


FIG 2A

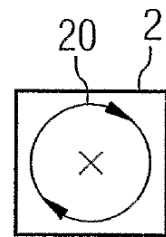


FIG 2B

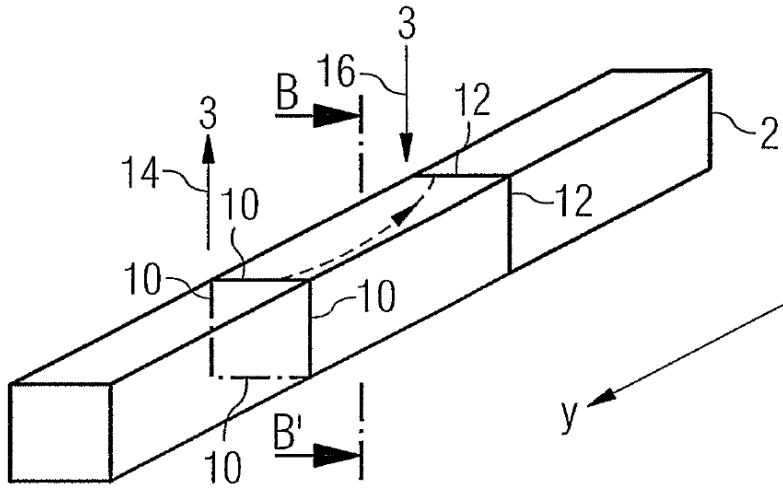


FIG 3A

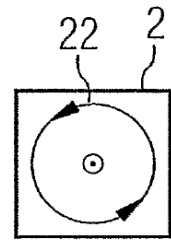


FIG 3B

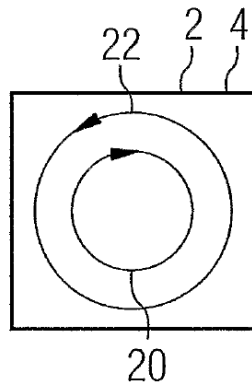


FIG 4

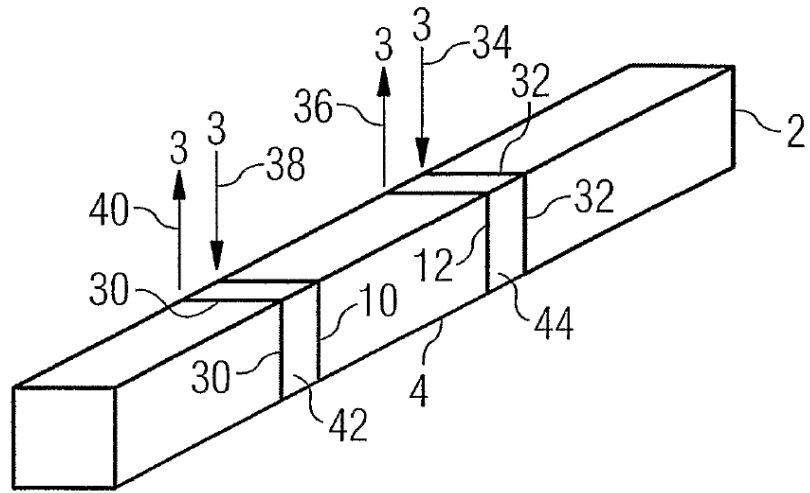


FIG 5

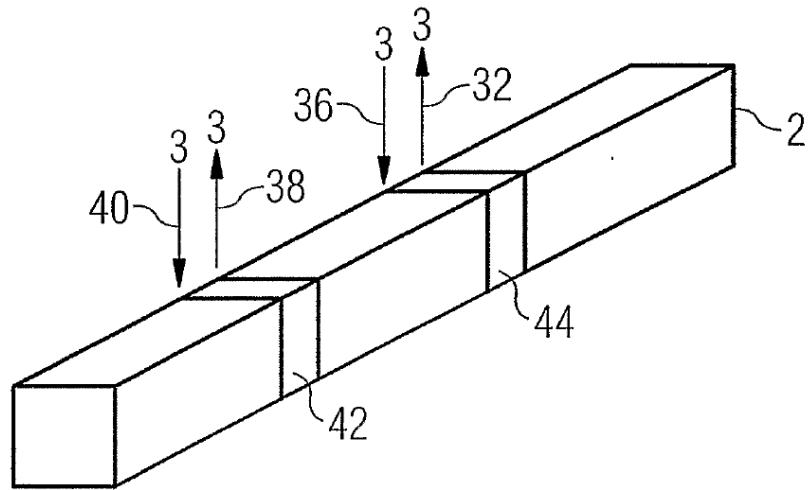


FIG 6

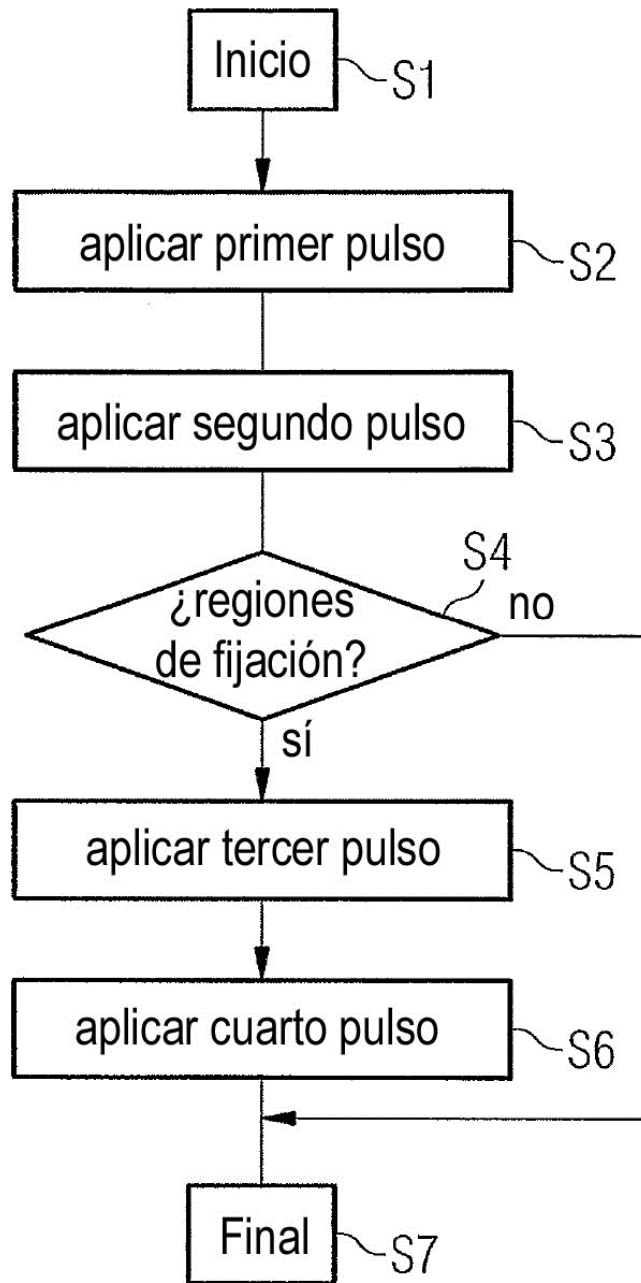


FIG 7

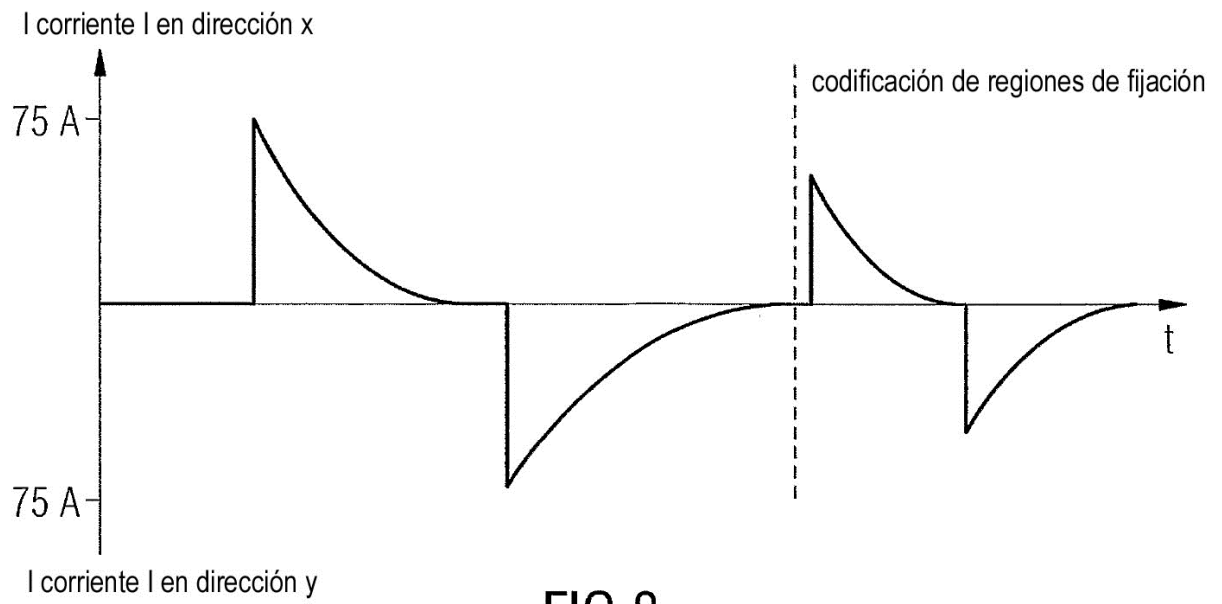


FIG 8

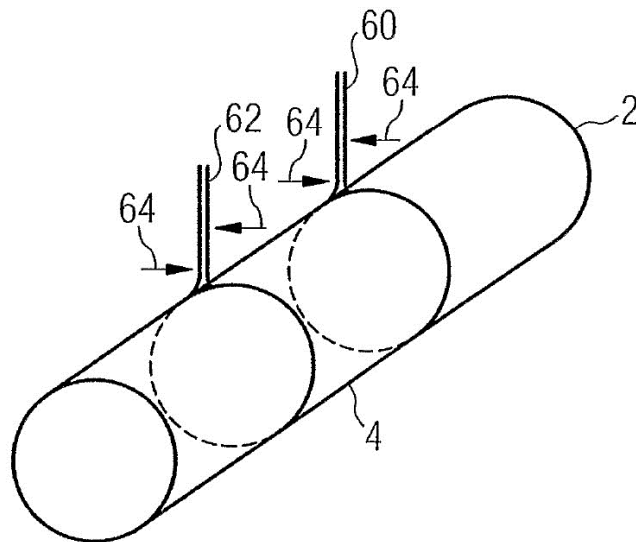


FIG 9

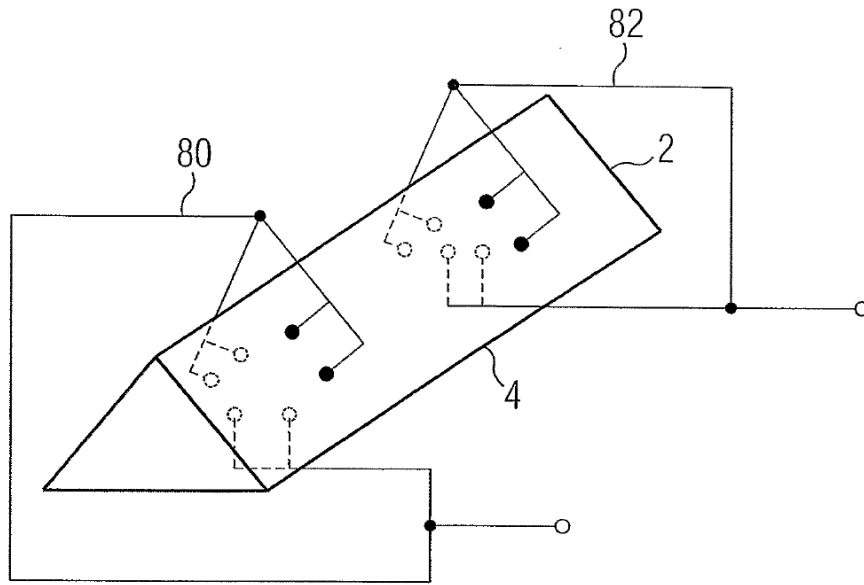


FIG 10A

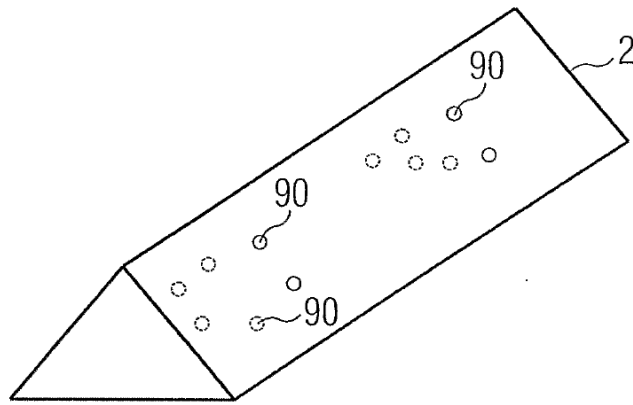


FIG 10B

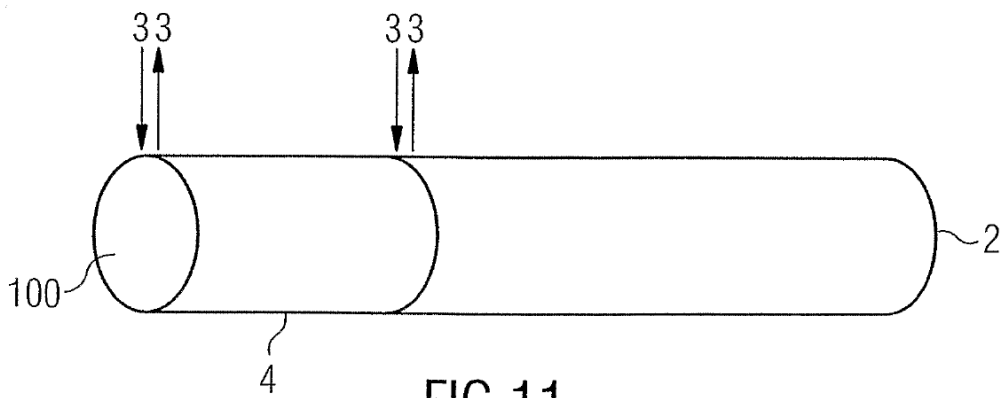


FIG 11

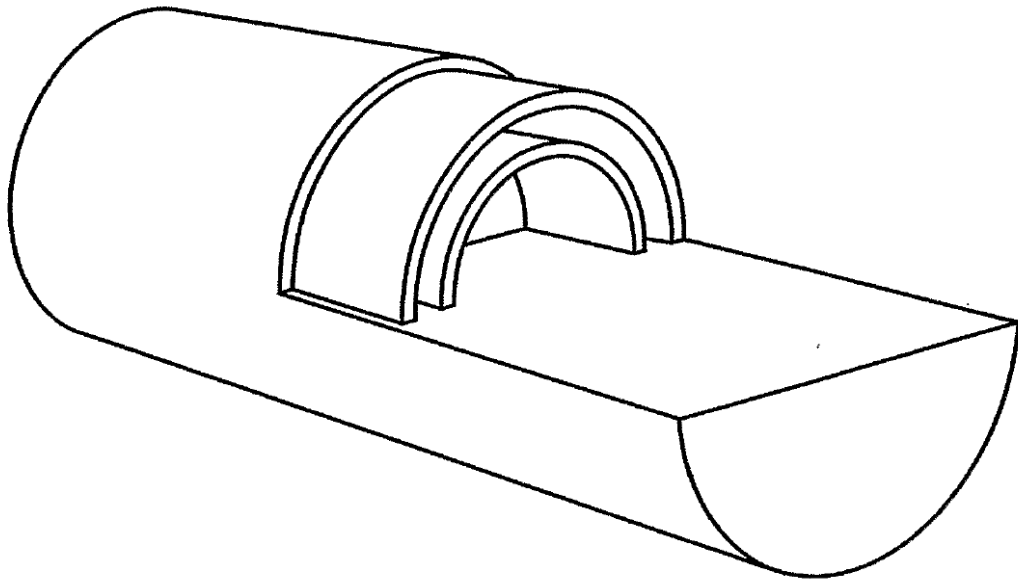


FIG 12

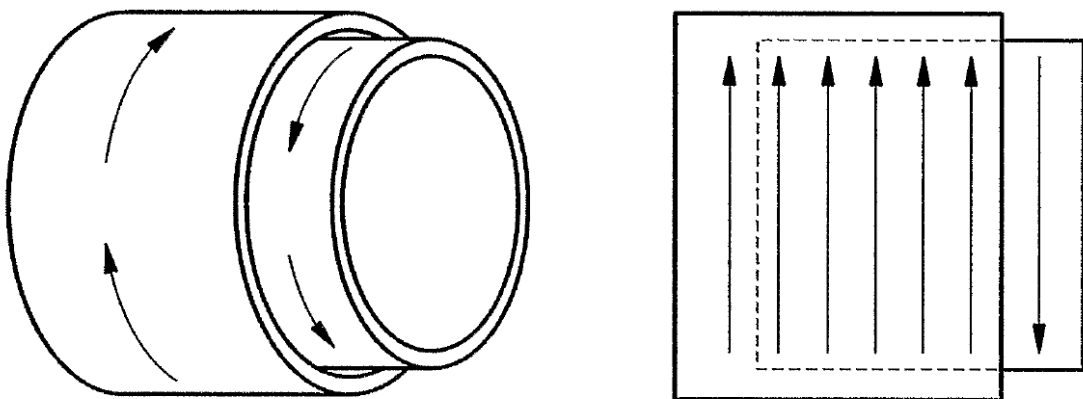


FIG 13



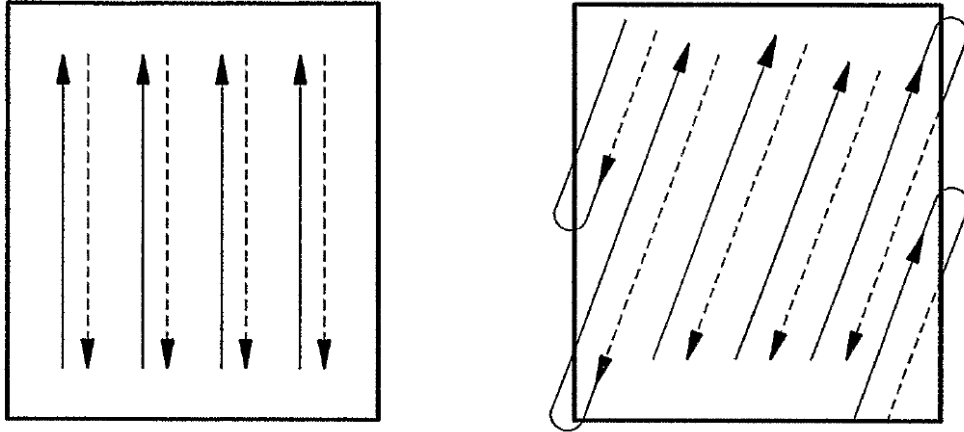


FIG 14

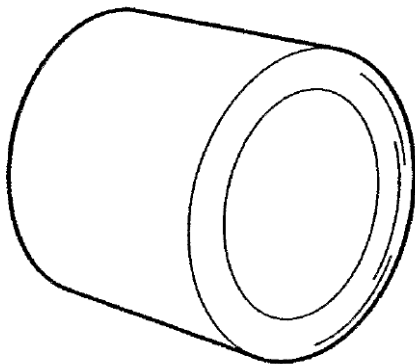


FIG 15

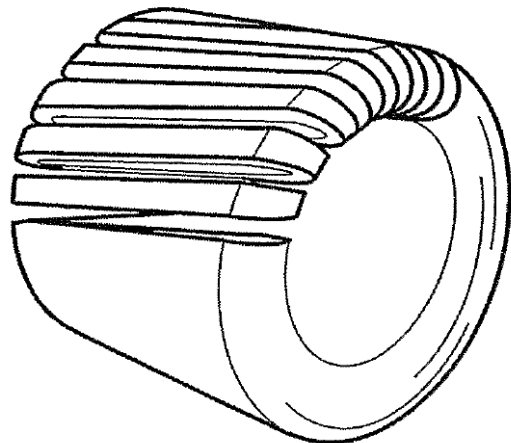


FIG 16

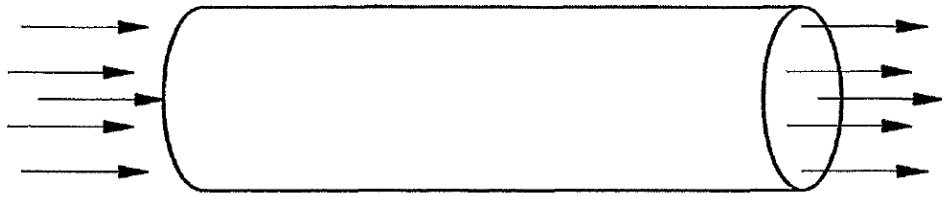


FIG 17

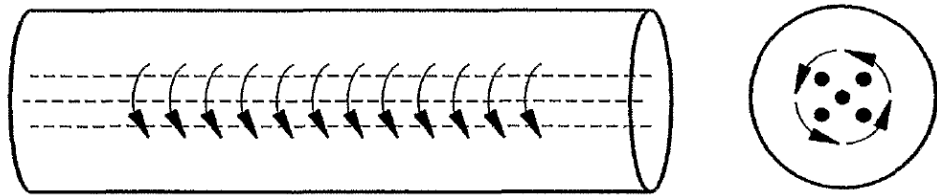


FIG 18

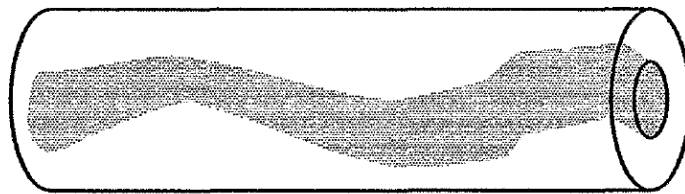


FIG 19

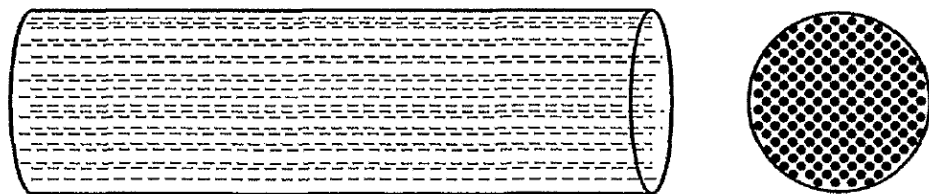


FIG 20

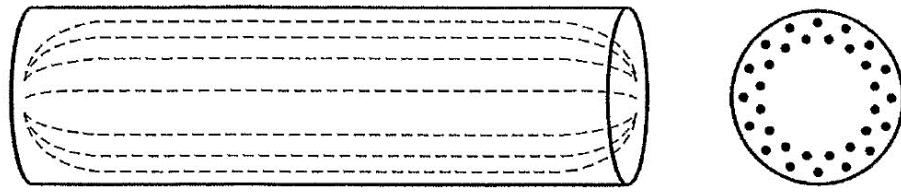


FIG 21

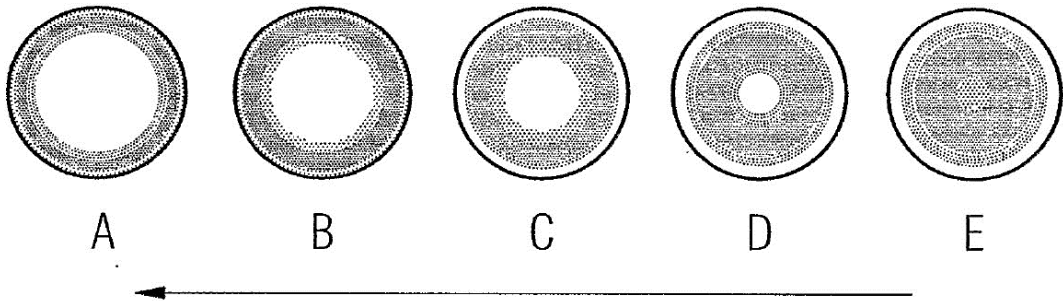


FIG 22

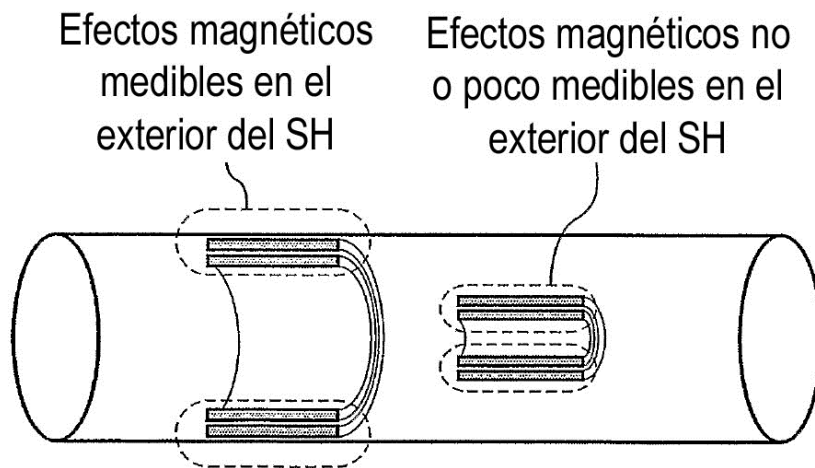


FIG 23

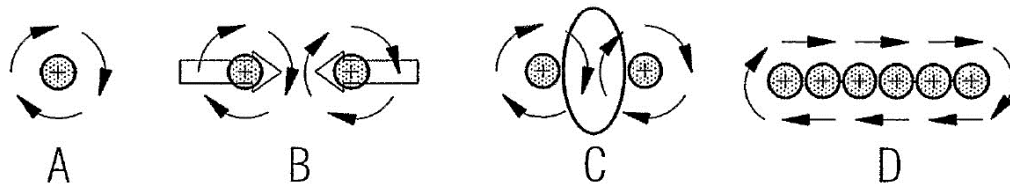


FIG 24

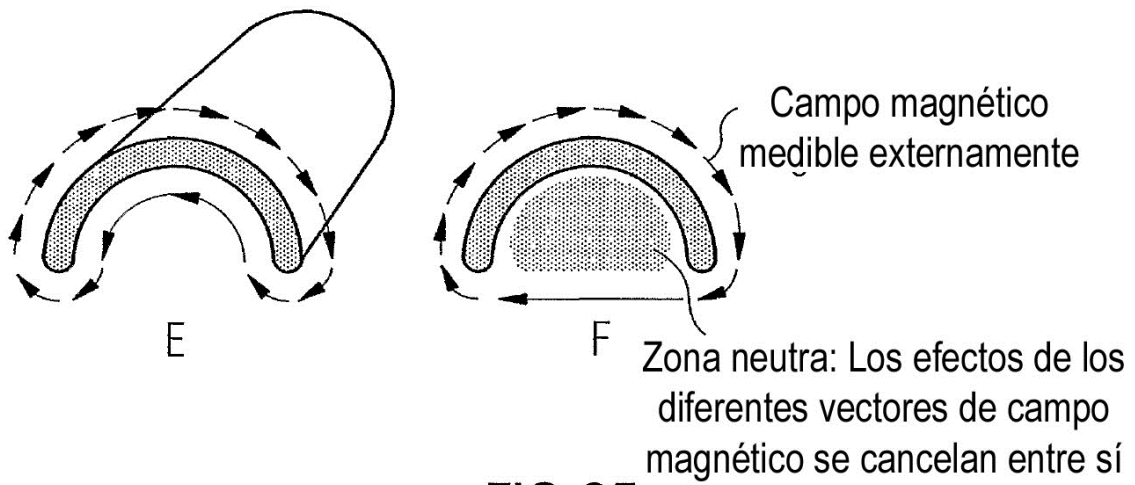


FIG 25

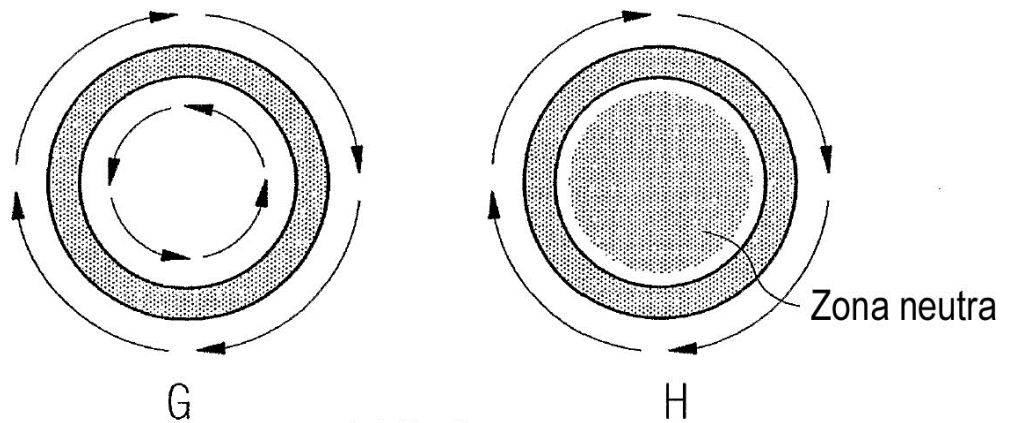


FIG 26

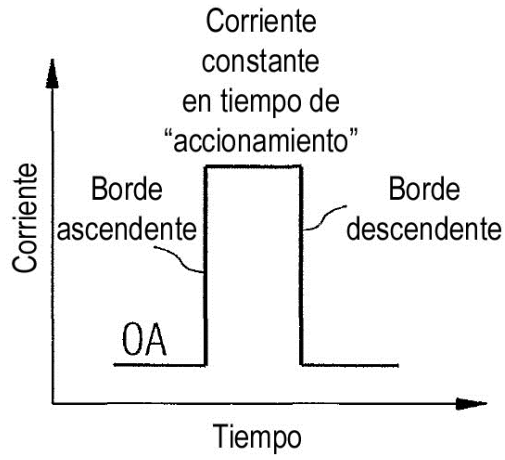


FIG 27

PCM: Señal de salida en función de la longitud del pulso de corriente  
Diámetro del árbol de 15 mm (curva corregida)

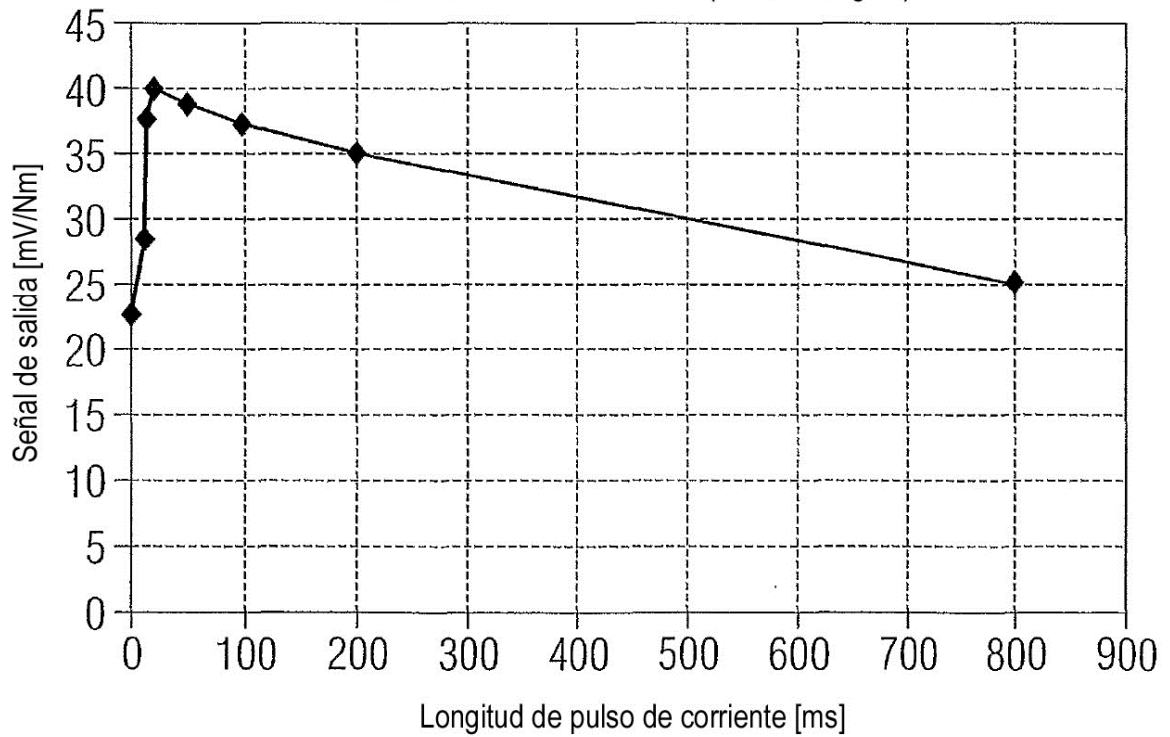


FIG 28

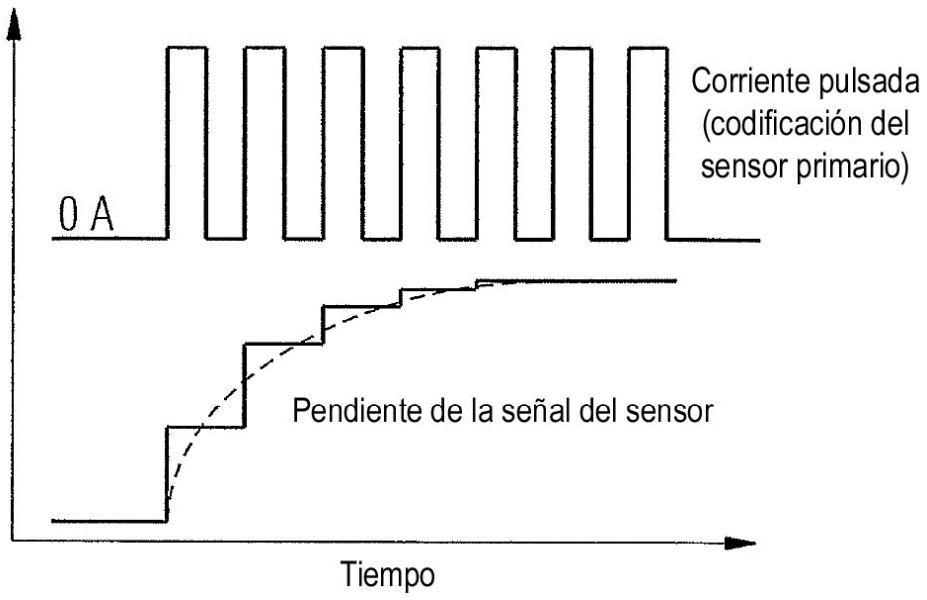


FIG 29

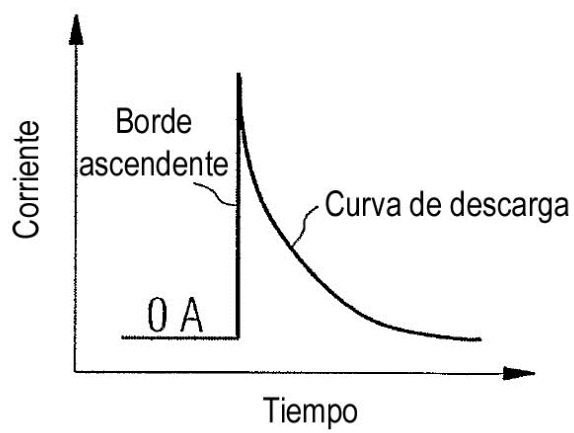


FIG 30

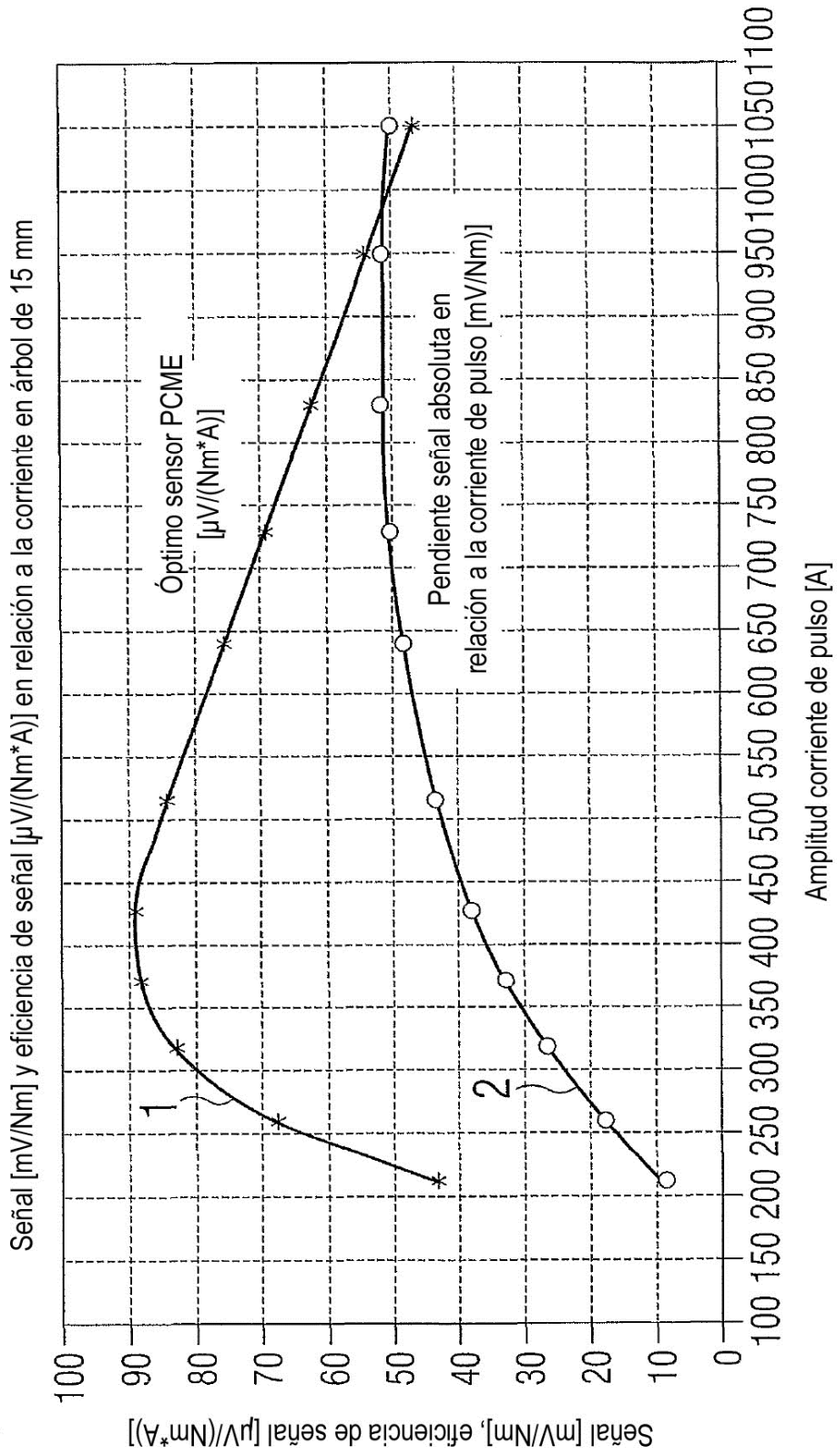


FIG 31

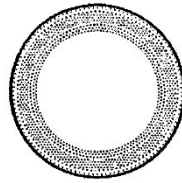


FIG 32

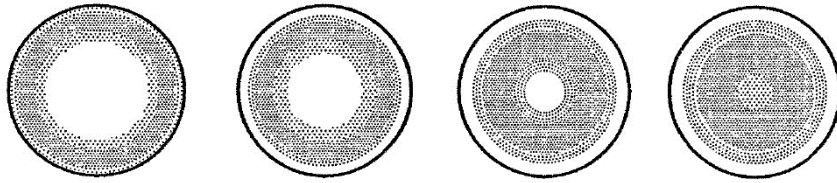


FIG 33

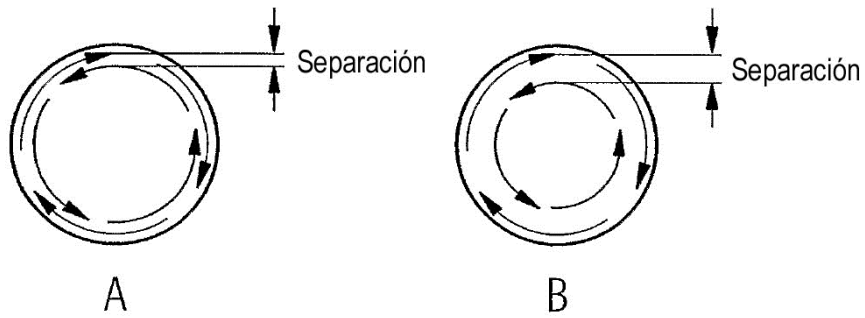


FIG 34

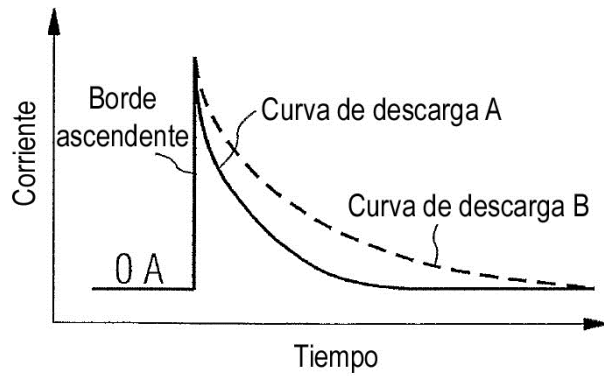


FIG 35



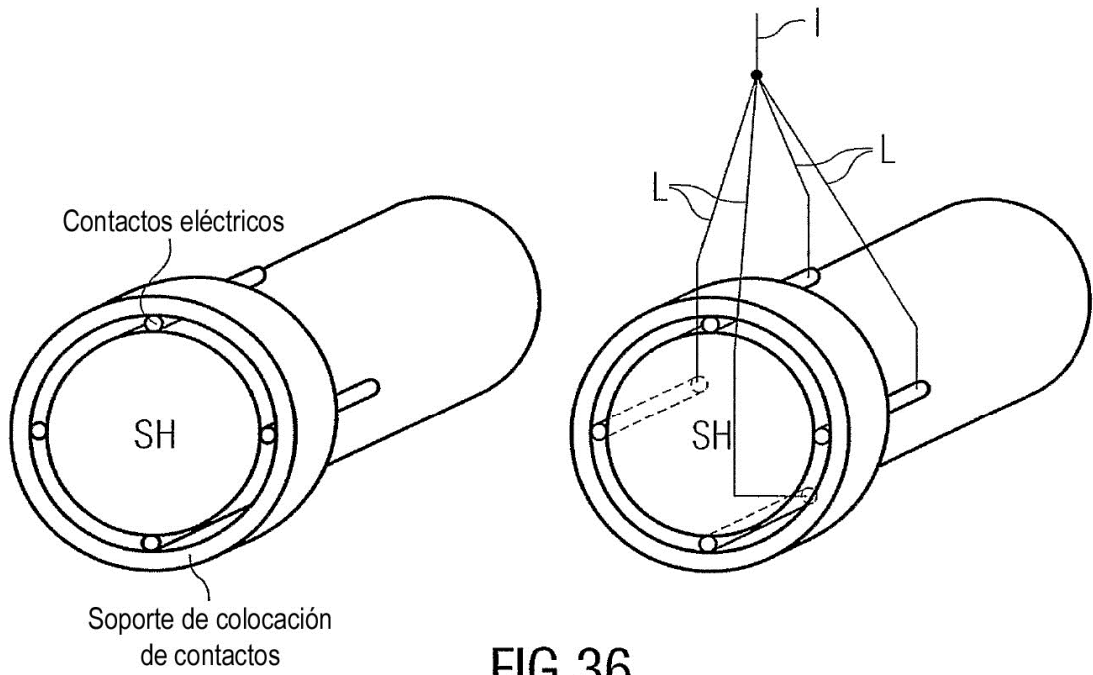


FIG 36

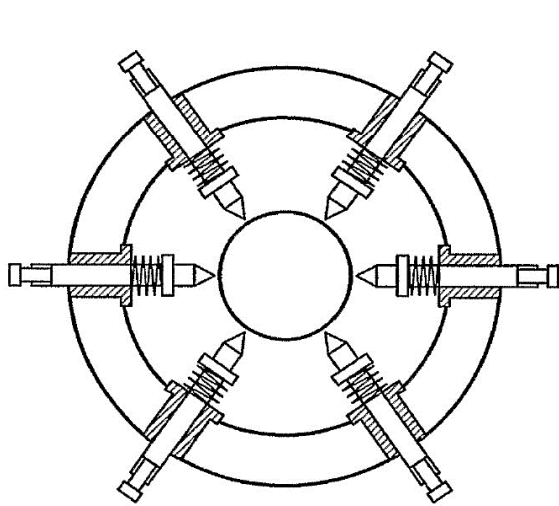


FIG 37

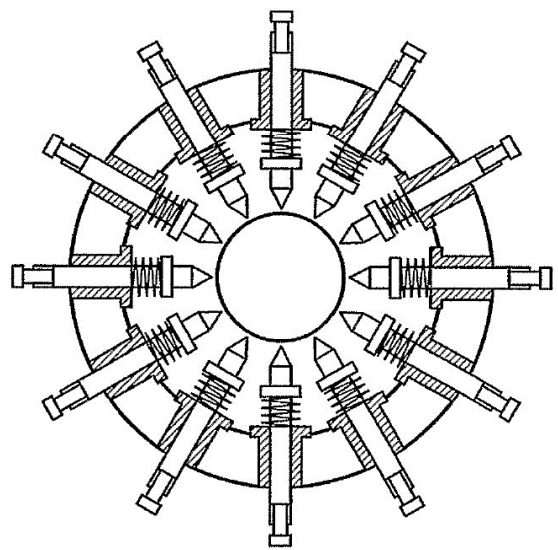


FIG 38

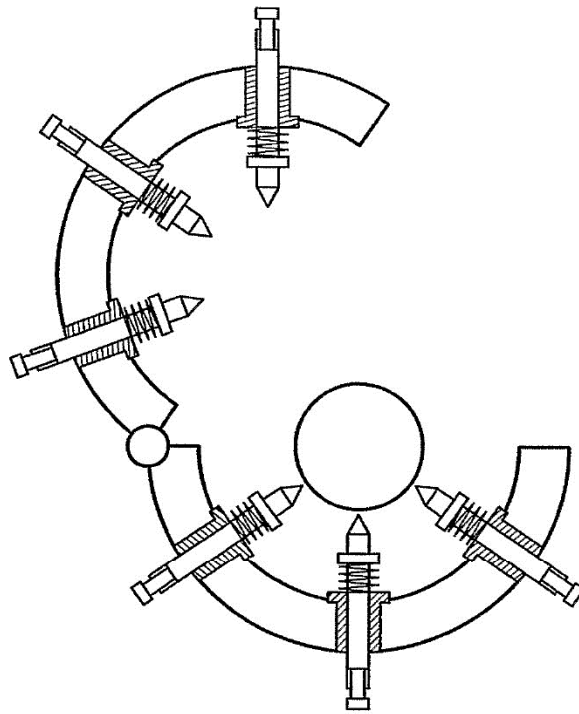


FIG 39

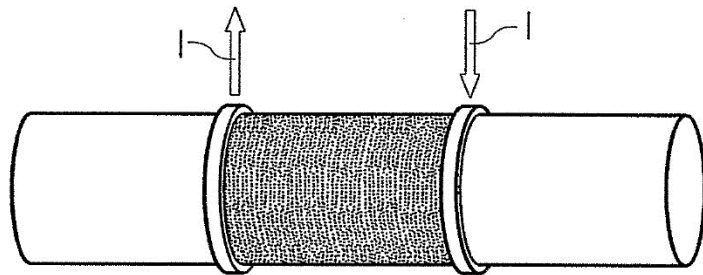


FIG 40

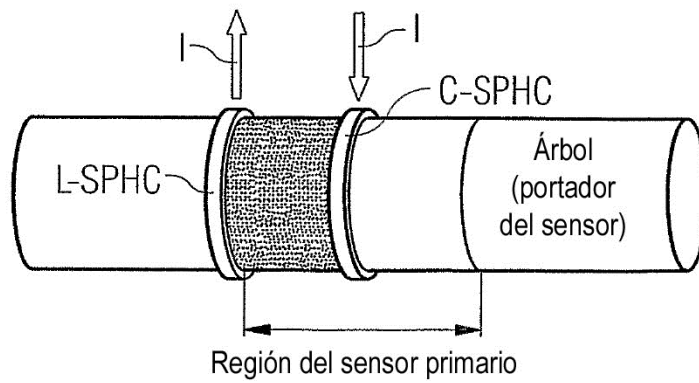


FIG 41

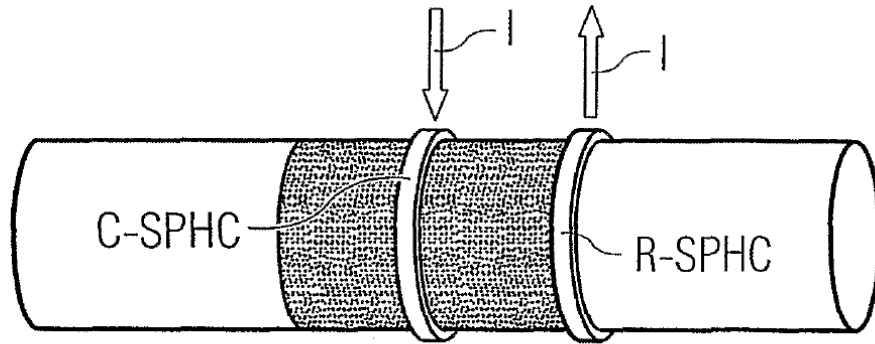


FIG 42

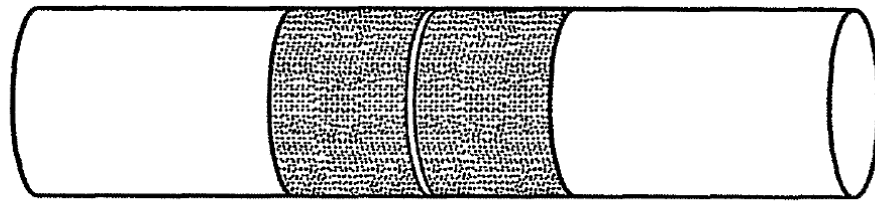


FIG 43

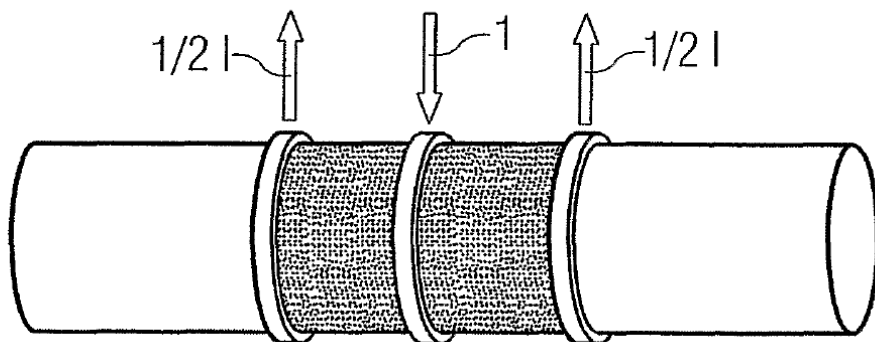


FIG 44

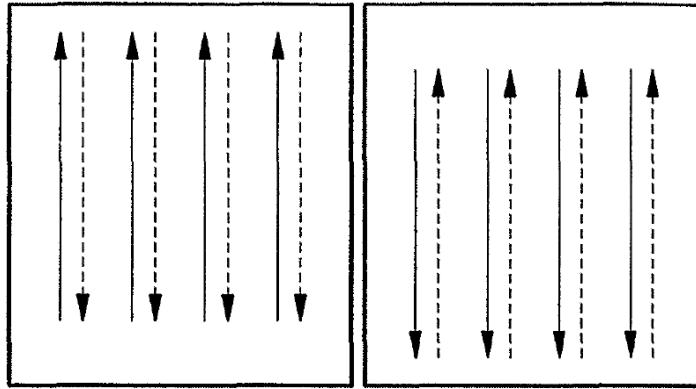


FIG 45

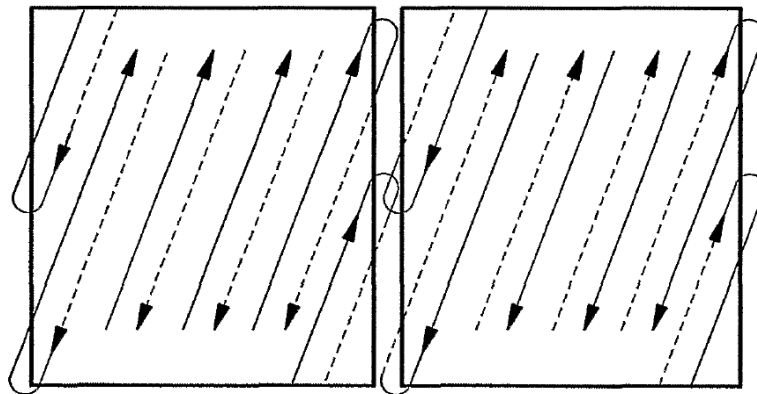


FIG 46

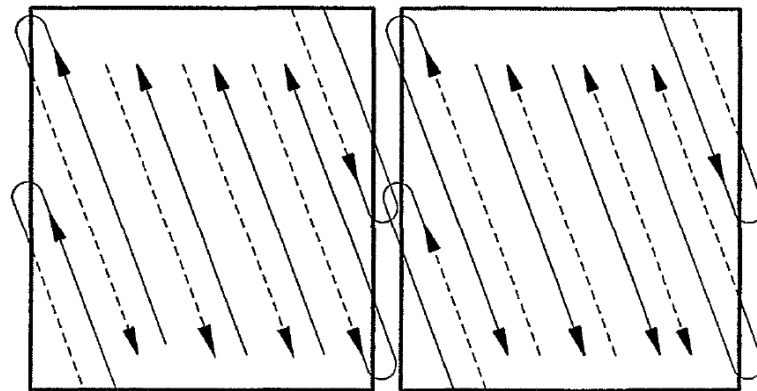


FIG 47

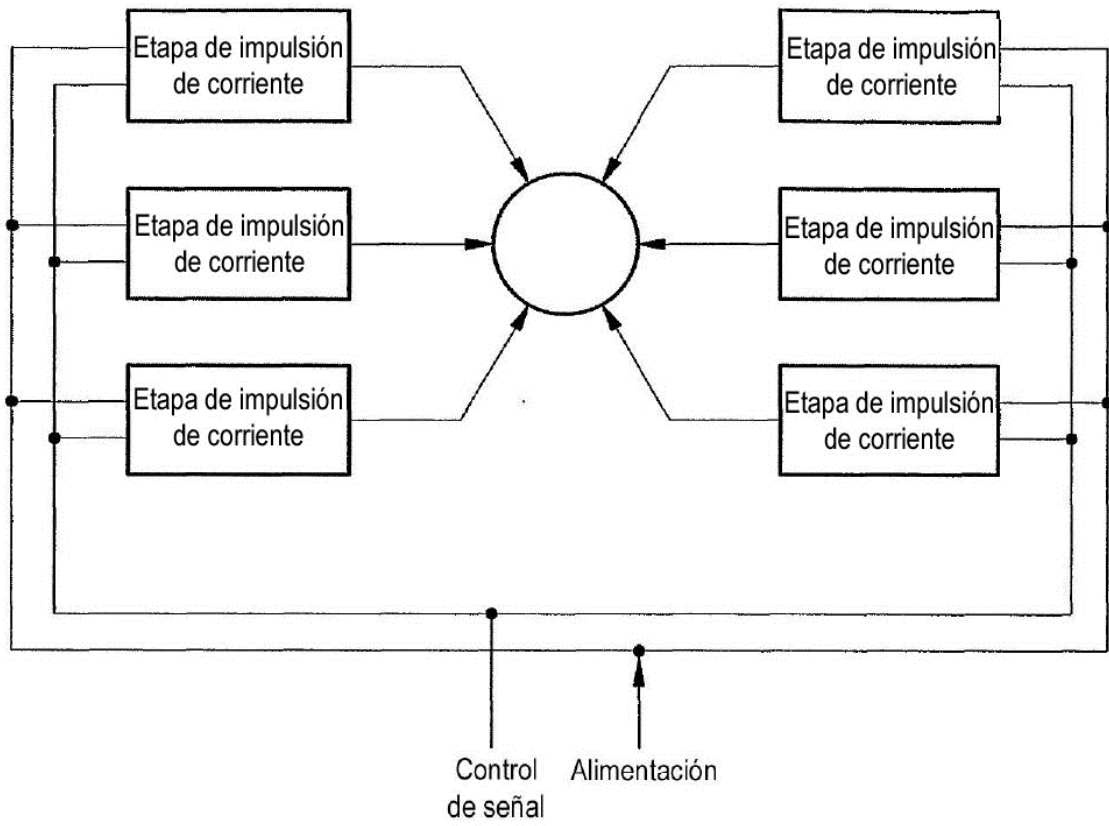


FIG 48

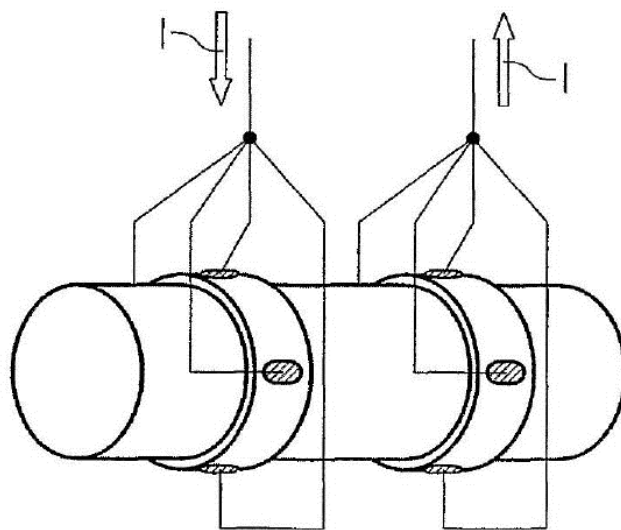
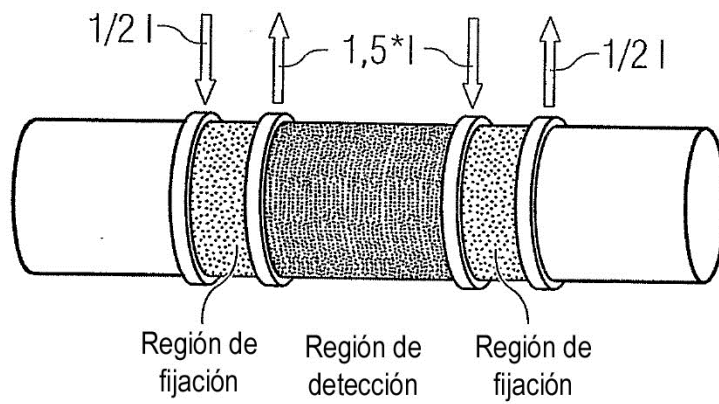
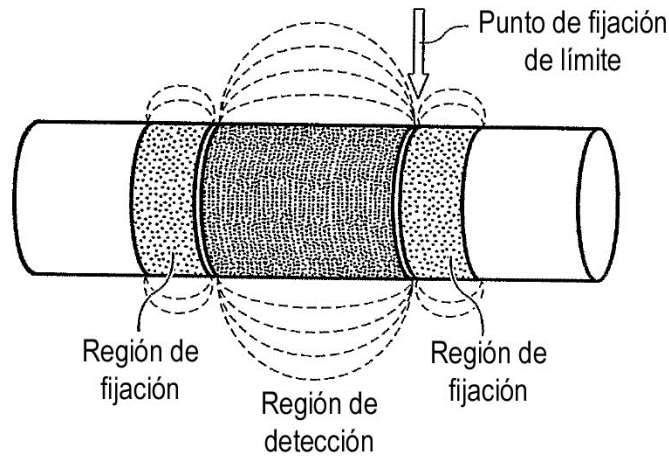
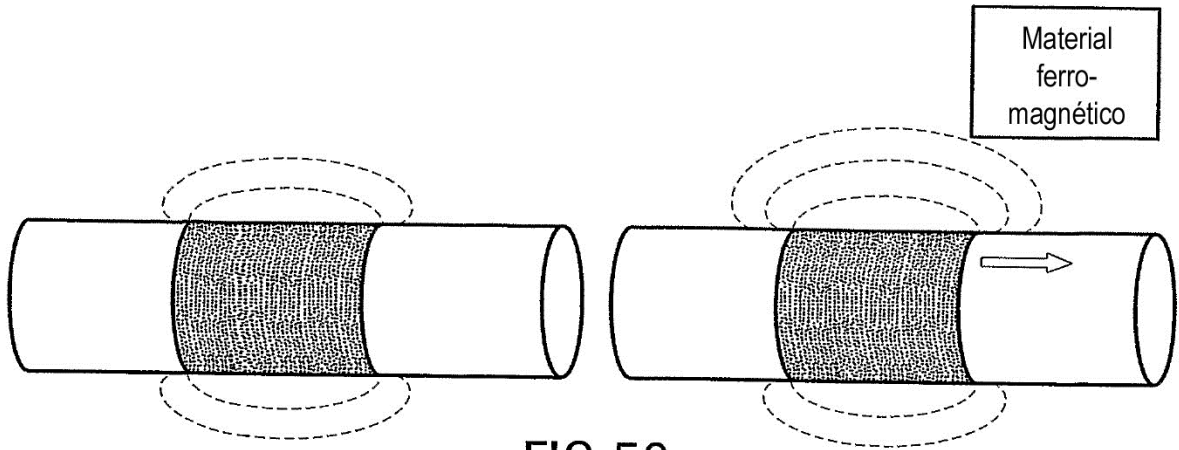


FIG 49



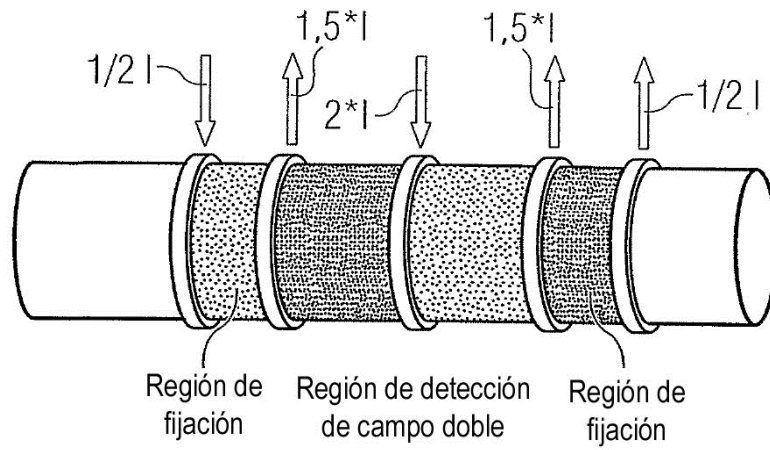


FIG 53

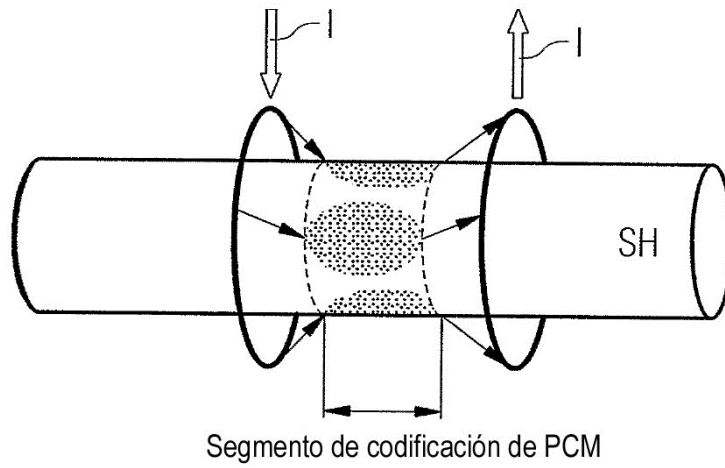


FIG 54

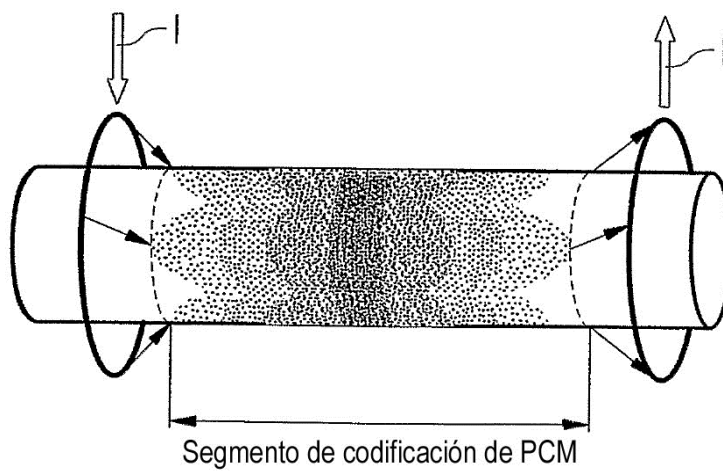


FIG 55

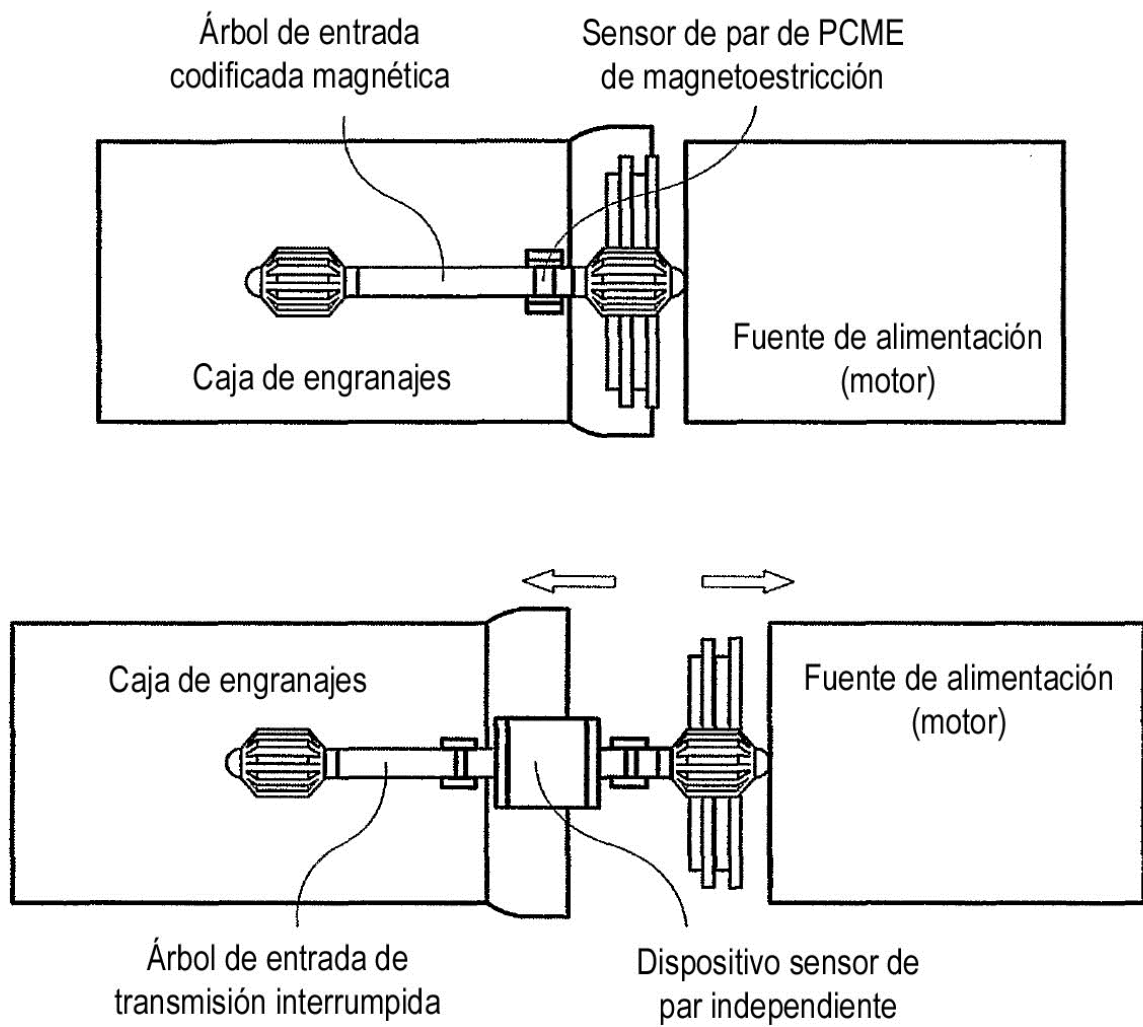


FIG 56



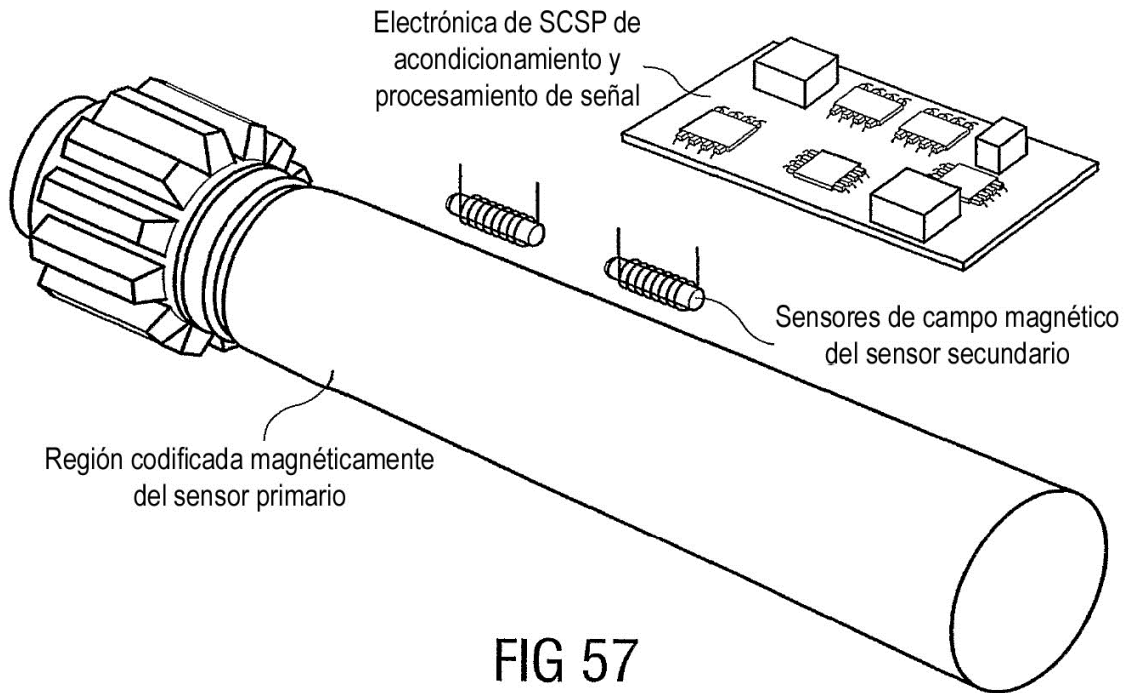


FIG 57

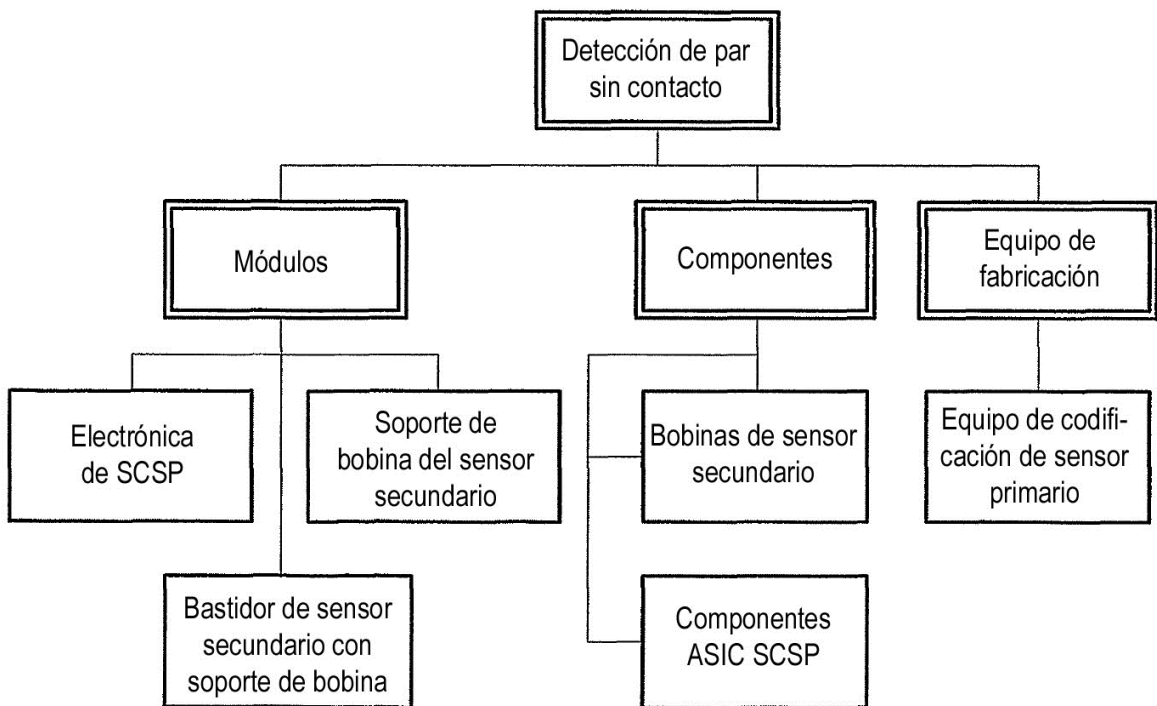


FIG 58

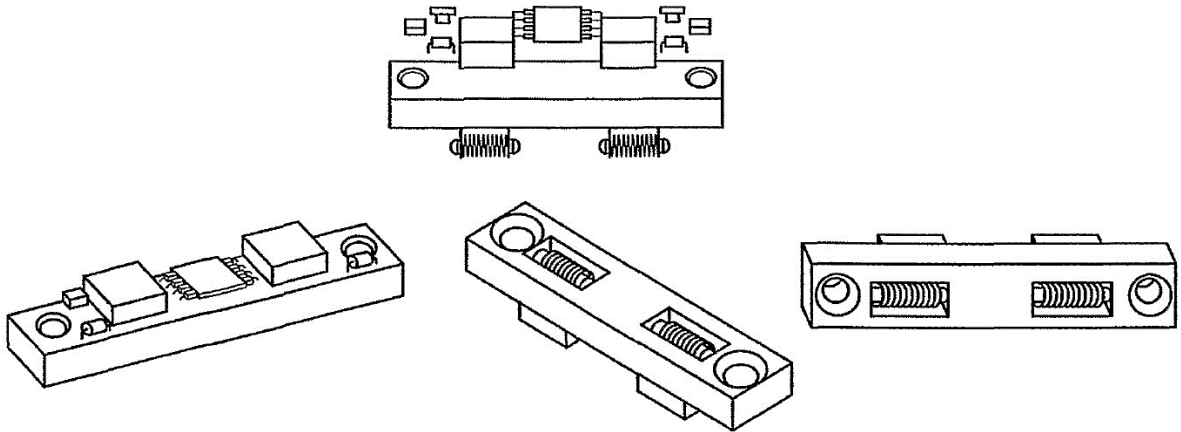


FIG 59

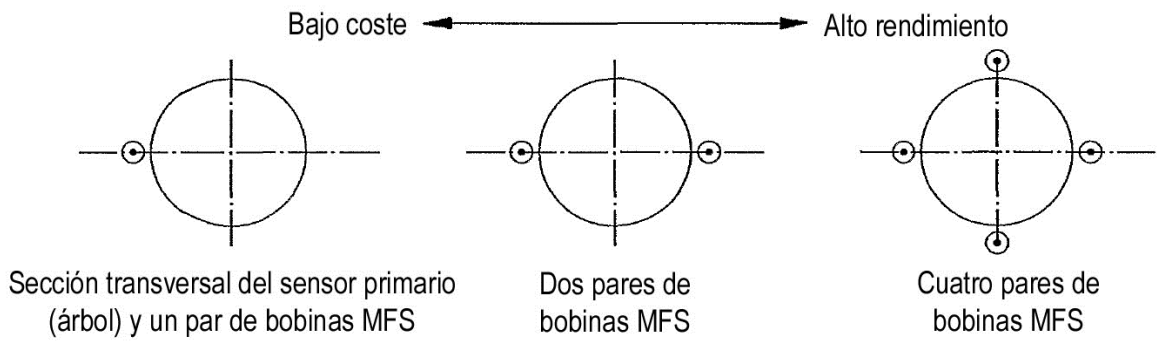


FIG 60

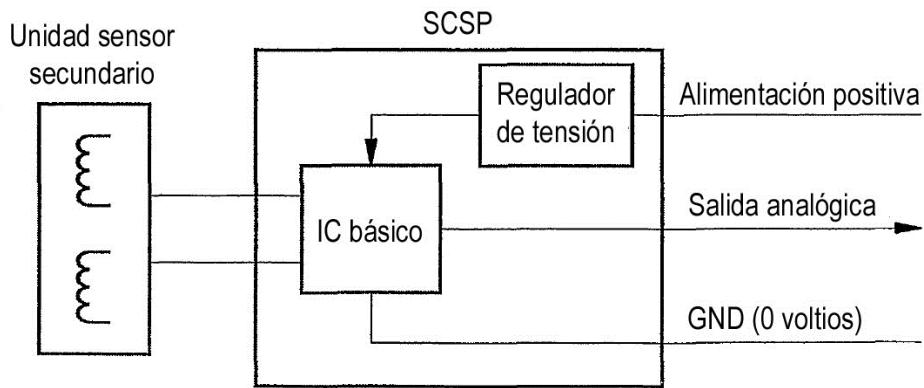


FIG 61

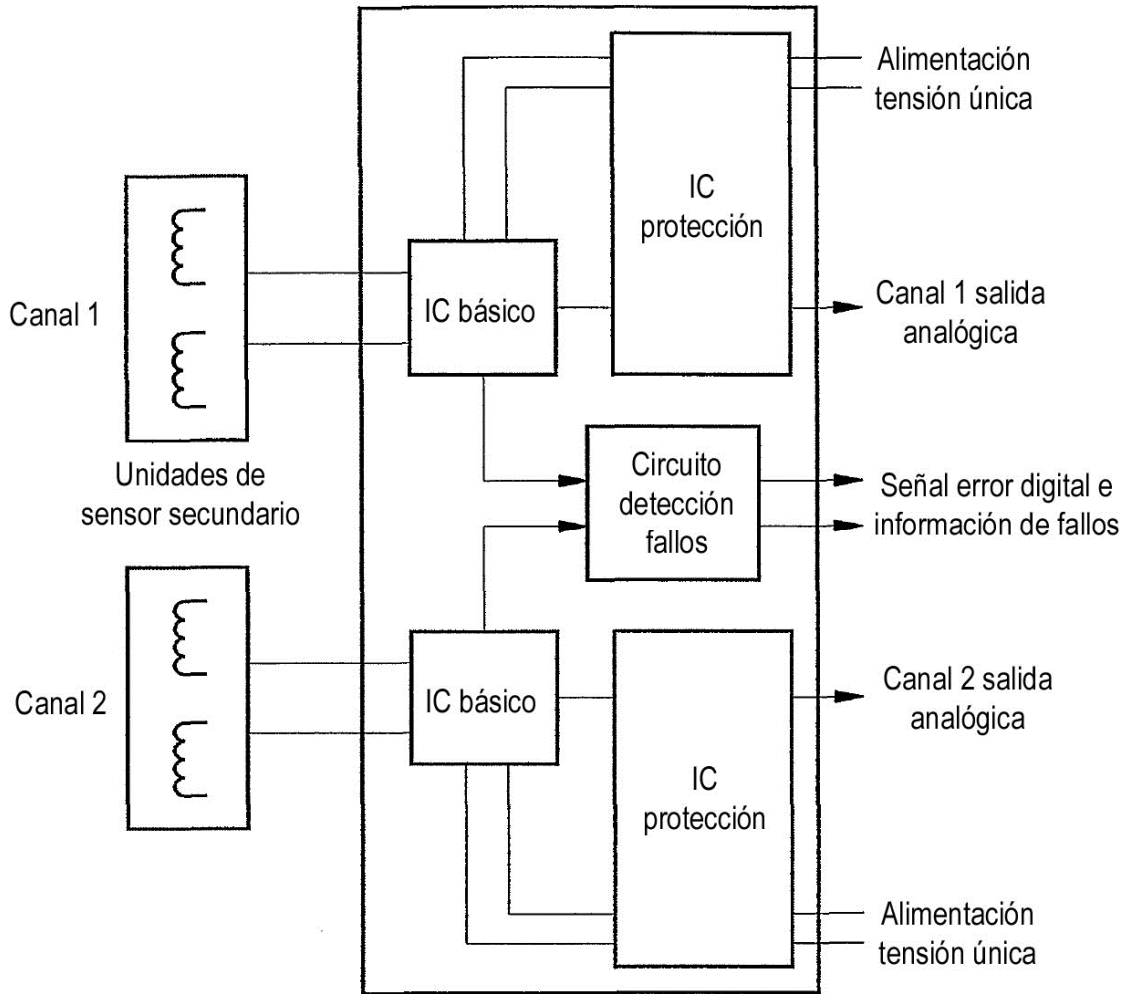


FIG 62

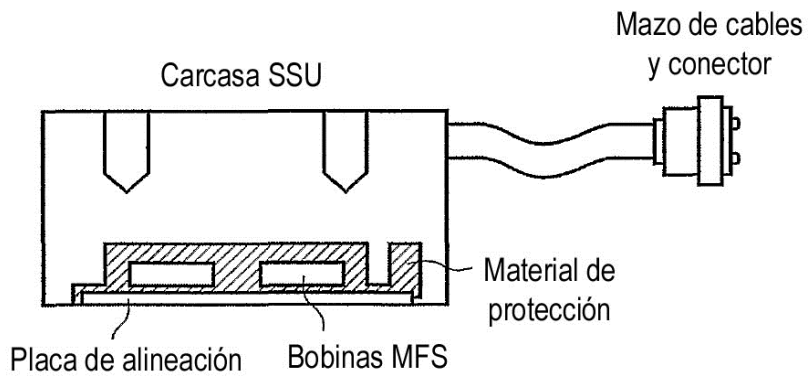
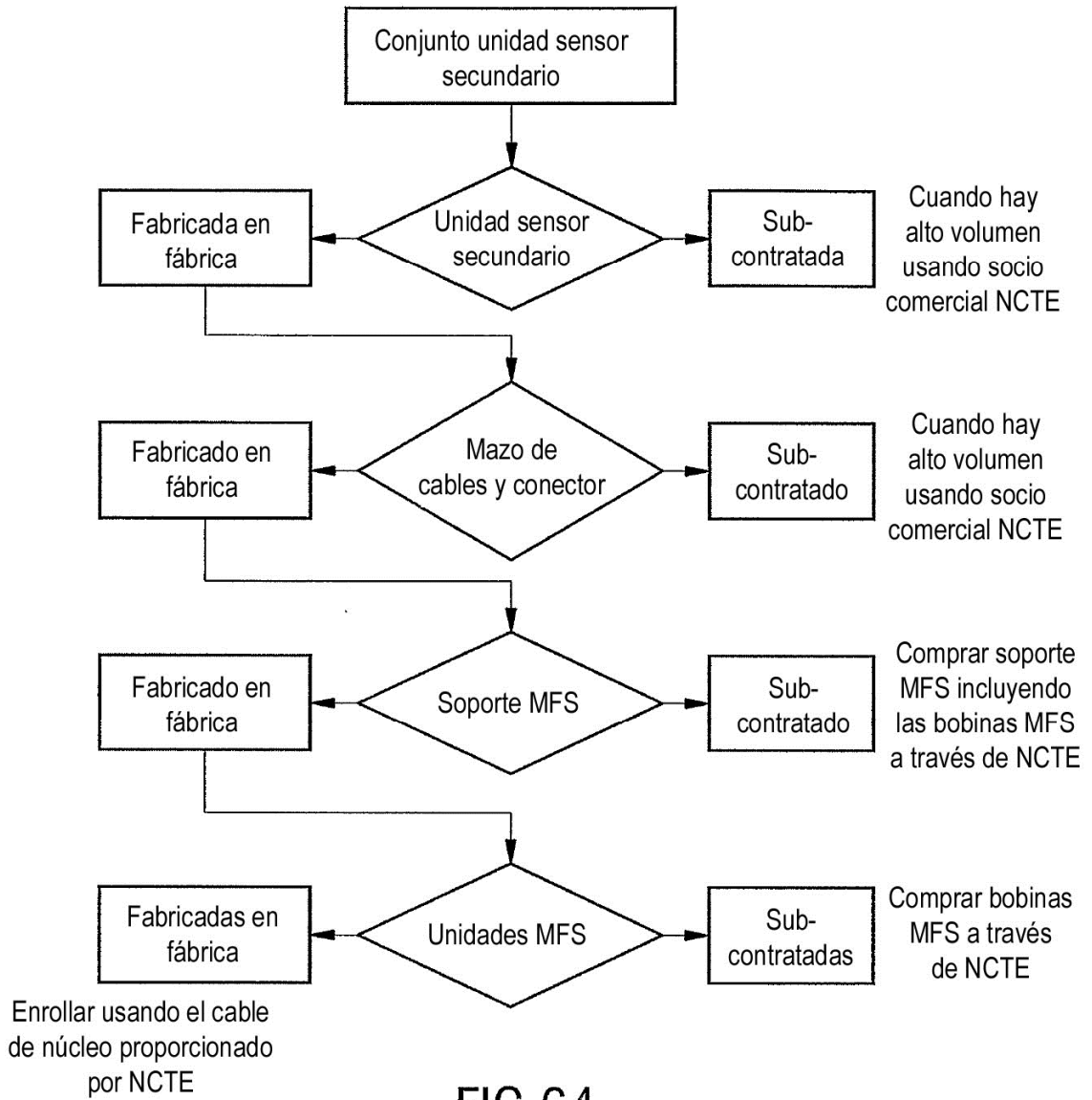


FIG 63



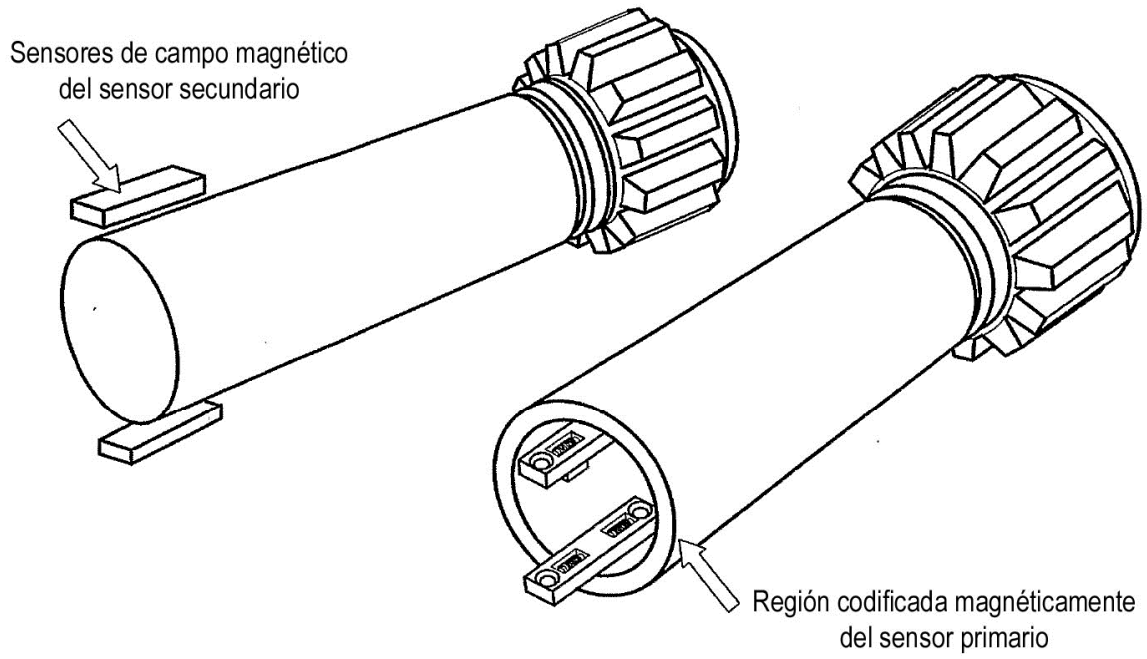


FIG 65

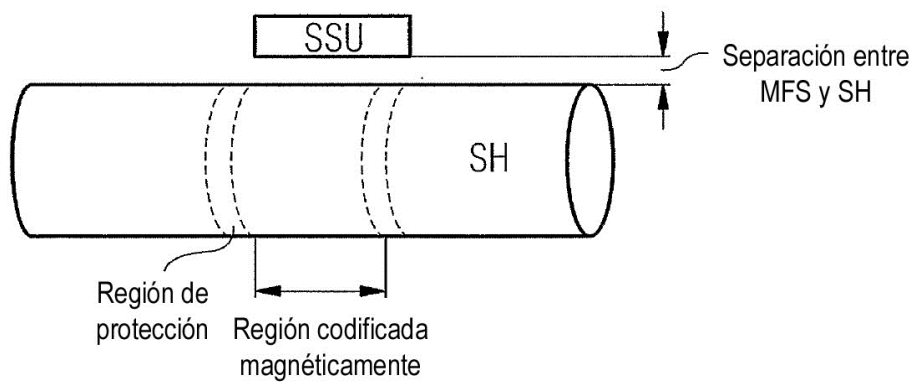


FIG 66

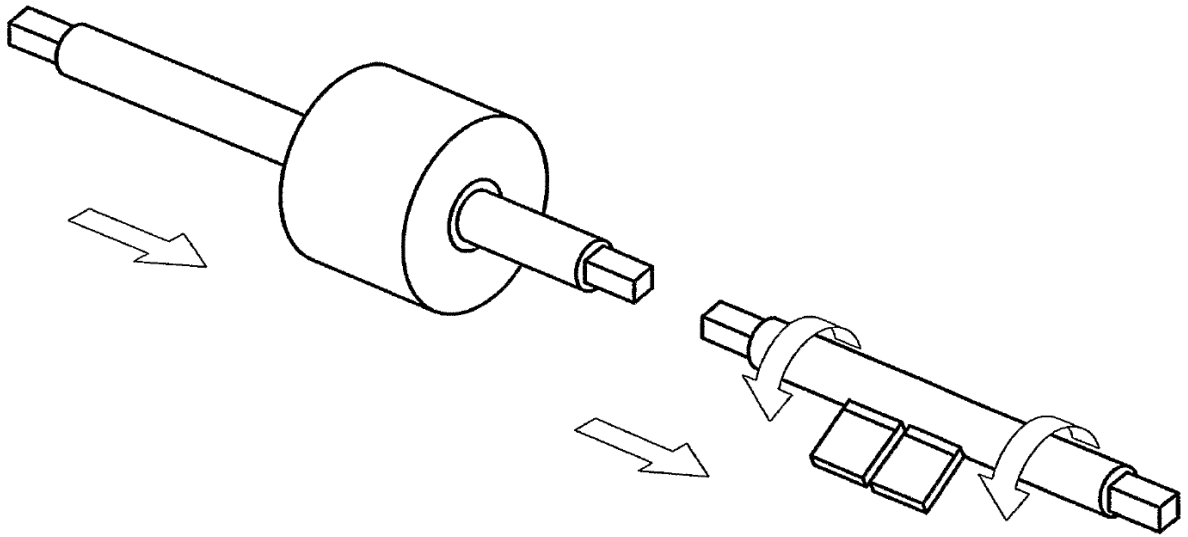


FIG 67