

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 223**

51 Int. Cl.:

G01L 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2012** **E 12189136 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018** **EP 2584331**

54 Título: **Sensor de par magnético para una placa de accionamiento de un convertidor de transmisión**

30 Prioridad:

18.10.2011 US 201113275693

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

12.09.2018

73 Titular/es:

METHODE ELECTRONICS, INC. (100.0%)
7401 West Wilson Avenue
Chicago, IL 60706, US

72 Inventor/es:

LEE, SEONG-JAE

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 681 223 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 magnético para una placa de accionamiento de un convertidor de transmisión

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 La presente invención hace referencia a métodos y dispositivos de detección para transmisiones de automóviles y, más particularmente, a sensores de par magnetoelástico sin contacto para proporcionar una medida del par transmitido radialmente en una placa de accionamiento de un convertidor de transmisión o elemento en forma de disco similar.

Descripción del arte relacionado

- 10 En el control de sistemas que tienen ejes de accionamiento giratorios, el par y la velocidad son parámetros de interés fundamentales. Por lo tanto, la detección y la medición del par de manera precisa, fiable y no costosa ha sido un objetivo primordial durante mucho tiempo de los diseños de dichos sistemas de control.

- Anteriormente, la medición del par se lograba utilizando sensores del tipo por contacto acoplados directamente a un eje. Un sensor de este tipo es un aparato de detección de par de tipo "galga extensométrica", en el que una o más galgas extensométricas se unen directamente a la superficie periférica externa del eje, y se mide un cambio en la resistencia ocasionado por una tensión mecánica, mediante un circuito en puente u otro medio bien conocido. Sin embargo, los sensores del tipo por contacto son relativamente inestables y de fiabilidad limitada debido al contacto directo con el eje giratorio. Además, son costosos y por tanto resultan comercialmente poco prácticos para un uso competitivo en muchas aplicaciones, tales como sistemas de dirección automovilísticos, para las que son solicitados los sensores de par.
- 15
- 20

- Posteriormente, se desarrollaron sensores de par sin contacto del tipo magneto-restrictivos para su uso con ejes giratorios. Por ejemplo, la Patente de EE.UU. N° 4,896,544 de Garshelis, que se incorpora en la presente patente a modo de referencia, divulga un sensor que comprende un elemento que porta un par, con una superficie debidamente ferromagnética y magneto-restrictiva, dos bandas circunferenciales axialmente distintas dentro del elemento que están dotadas de anisotropía magnética inducida por tensión residual dirigida helicoidalmente, y un dispositivo discriminador magnético para detectar, sin entrar en contacto con el elemento sometido al par, diferencias en la respuesta de las dos bandas a las fuerzas aplicadas al elemento que porta el par. De forma más habitual, la magnetización y la detección se logran proporcionando un par de bobinas de excitación o de magnetización cubriendo y rodeando las bandas, con las bobinas conectadas en serie y accionadas por corriente alterna. El par es detectado utilizando un par de bobinas de detección conectadas de forma opuesta para medir una señal de diferencia que es el resultado de los flujos magnéticos externos de las dos bandas. Desafortunadamente, proporcionar el suficiente espacio para regular las bobinas de excitación y de detección en y alrededor del dispositivo en el que el sensor se utiliza, puede crear problemas prácticos en aplicaciones donde el espacio es reducido. Además, dichos sensores pueden ser costosos, de forma poco práctica, para su uso en dispositivos altamente competitivos en cuanto al coste, tales como en aplicaciones automovilísticas.
- 25
- 30
- 35

- Se han desarrollado transductores de par basados en la medición del campo que surge de la inclinación inducida por el par de magnetizaciones remanentes inicialmente circunferenciales que, preferiblemente, utilizan un anillo de pared fina ("aro") que se utiliza como elemento de generación del campo. Véase, por ejemplo, las Patentes de EE.UU. Nos. 5,351,555 y 5,520,059 de Garshelis, que se incorporan en la presente patente a modo de referencia. La tensión de tracción del "aro" en el anillo, asociada con los medios de su acoplamiento al eje que porta el par que está siendo medido, establece una anisotropía uniaxial dominante dirigida circunferencialmente. Tras la aplicación de un esfuerzo de torsión al eje, la magnetización se reorienta y se vuelve cada vez más helicoidal a medida que el esfuerzo de torsión aumenta. La magnetización helicoidal que es resultado de la torsión tiene tanto una componente radial como una componente axial, donde la magnitud de la componente axial depende enteramente del grado de torsión. Puede utilizarse uno o más sensores de vectores de campo magnético para detectar la magnitud y polaridad del campo que surge, como resultado del par aplicado, en el espacio por encima de las regiones condicionadas magnéticamente en un eje, y proporcionan una salida de señales que reflejan la magnitud y la dirección del par. Puesto que el par de pico admisible en un sensor de anillo está limitado por el deslizamiento en la interfaz anillo/eje, se ha expresado cierta preocupación con respecto a la distorsión que surge del deslizamiento en la interfaz anillo/eje bajo las condiciones de sobrecarga del par. Esto junto con la necesidad de múltiples piezas de diferentes materiales para minimizar los efectos adversos de los campos parasitarios, ha fomentado la investigación de construcciones alternativas.
- 40
- 45
- 50

Se han desarrollado transductores de par magnetoelástico en los que la región activa de detección del par se forma directamente en el propio eje, en lugar de en un elemento ferromagnético independiente que entonces ha de ser

fijado al eje. Véase, por ejemplo, la Patente de EE.UU. N° 6,047,605 de Garshelis, que se incorpora en la presente patente a modo de referencia. En una forma de estos denominados transductores “sin aro”, la región magnetoelásticamente activa se polariza en una única dirección circunferencial y la misma posee suficiente anisotropía magnética para devolver la magnetización a la región, a continuación de la aplicación del par al elemento, hacia la única dirección circunferencial cuando el par aplicado se reduce a cero. El eje sometido al par se encuentra conformado, de forma deseable, de un material policristalino en donde al menos un 50% de la distribución de las magnetizaciones locales se encuentran dentro de un cuadrante de 90 grados dispuesto simétricamente alrededor de la dirección de la polarización magnética y presentan una coercitividad lo suficientemente elevada para que el campo de la región de transducción no cree campos magnéticos parásitos en regiones próximas del eje de suficiente fuerza para destruir la utilidad, para propósitos de detección del par, del campo magnético neto visto por el sensor de campo magnético. En formas particularmente preferidas de dichos transductores el eje está formado de un material policristalino orientado de forma aleatoria, que presenta simetría cúbica y la coercitividad es mayor de 15 Oersted (Oe), de forma deseable mayor de 20 Oe y, preferiblemente mayor de 35 Oe.

Más recientemente, se han desarrollado sensores de par magnetoelástico sin contacto que proporcionan señales indicativas del par transmitido entre localizaciones de elementos en forma de disco separadas radialmente. La patente de EE.UU. N° 6,513,395 de Jones, que se incorpora en la presente patente a modo de referencia, describe un sensor de par que incluye un elemento en forma de disco que tiene una región magnetoelásticamente activa que se polariza en una única dirección circunferencial. En esa patente, un sensor de campo magnético se encuentra montado próximo a la región activa, donde el sensor que detecta la magnitud del campo magnético es el resultado de un par transferido desde un eje al elemento en forma de disco, y donde el sensor produce una señal de salida en respuesta al mismo. Dicha configuración puede ser susceptible de compassing tal como se discute más adelante. Dicha patente también describe un disco que tiene dobles regiones polarizadas de forma circunferencial y opuesta, con dos sensores situados a lo largo de la misma línea radial, donde sus direcciones sensibles se encuentran orientadas radialmente y de forma opuesta para permitir un modo común de cancelación del campo. Esta colocación de los sensores, sin embargo, tiene el resultado no deseado de que los sensores recogen señales del campo magnético que no cambian linealmente en respuesta a un cambio en el par aplicado al disco.

Otro arte previo describe un sensor de par que incluye un elemento en forma de disco que tiene una región en la que unas regiones magnéticamente condicionadas se encuentran separadas y espaciadas entre sí en una dirección radial. Se cree, sin embargo, que un sensor de par que tiene un hueco entre unas regiones magnéticamente condicionadas puede mostrar una gran uniformidad de señal de rotación (RSU, por sus siglas en inglés) debido a los campos de dispersión magnética entre las dos regiones magnéticamente condicionadas anulares. De forma ideal, un sensor de par mostrará una señal de RSU de valor cero, que se define como la no variación en la salida de señal durante la rotación de un elemento cuando ningún par, o un par constante, es aplicado al elemento giratorio. En la práctica real sin embargo, debido a las deficiencias en la preparación de la superficie y a los procesos de magnetización, se detectan señales RSU perceptibles. Además, un sensor de par que tiene un elemento con forma de disco con un hueco entre unas regiones magnéticamente condicionadas requiere un espacio adicional, que no es deseable en aplicaciones en las que el disco tiene una cantidad limitada de superficie plana disponible para las regiones magnéticamente condicionadas.

Debido a que los campos magnéticos, en el contexto de su medición, son fungibles, los sensores descritos por el arte mencionado anteriormente y otros artes pueden ser susceptibles a otros campos magnéticos de origen exterior. En particular, el campo magnético terrestre generará un fenómeno conocido como “compassing” (o influencias por geomagnetismo) en el que el campo medido es la suma del campo magnético inducido por el par y el campo magnético terrestre. Dentro del contexto de esta divulgación, el término “compassing” deberá utilizarse para describir cualquier error que sea el resultado del campo magnético terrestre.

Los campos magnéticos de origen exterior pueden emanar tanto de fuentes de campos lejanos como de campos cercanos. Una fuente de campos lejanos, tal como el terrestre con su campo magnético, generalmente tiene el mismo efecto sobre cada sensor de campo magnético en un dispositivo de detección de par que tiene múltiples sensores de campo magnético. Fuentes de campos cercanos, tales como imanes permanentes, llaves de ajuste imantadas, motores, solenoides, etc., pueden crear campos magnéticos que tienen gradientes locales significativos, teniendo de ese modo efectos significativamente diferentes sobre los diferentes sensores de campo magnético en un dispositivo de detección de par con múltiples sensores de campo magnético.

La patente de EE.UU. a Garshelis aborda el tema del compassing esta vez respecto a fuentes de campos lejanos. En dicha patente, se describe un eje que tiene dos regiones magnetoelásticamente activas axialmente distintas, polarizadas en direcciones circunferenciales opuestas, con sensores de campo magnético que tienen polaridades axiales opuestas situados en proximidad a las regiones activas y que proporcionan señales de salida en respuesta a un par aplicado al eje. Sumando las señales de salida de los sensores de campo magnético, todos los campos magnéticos externos en modo común, es decir los campos lejanos, se cancelan. En las aplicaciones que emplean dicho esquema, los sensores polarizados de forma opuesta deberían estar situados tan cerca entre sí como sea posible para conservar la eficiencia del esquema de rechazo de modo común. Los sensores que se encuentran espaciados entre sí muestran una eficiencia de rechazo de modo común reducida, ya que el campo magnético

terrestre puede distorsionarse de forma significativa alrededor de las partes ferromagnéticas y alrededor del sensor de par.

5 La publicación de solicitud de patente de EE.UU. N° 2009/0230953 de Lee, que se incorpora en la presente memoria a modo de referencia, describe un dispositivo de detección de par diseñado para cancelar el ruido magnético de un campo cercano de fuentes externas sin cancelar un campo magnético inducido por un par. Dicha referencia describe un sensor de par que incluye tres conjuntos de sensores de campo magnético, axialmente espaciados en proximidad a un eje, donde el eje tiene una región magnetoelásticamente activa que se encuentra polarizada en una dirección circunferencial. Las señales recibidas por cada uno de los sensores de campo magnético se ajustan para compensar los efectos de fuentes de campo cercano.

10 En dispositivos de detección de par que tienen elementos ferromagnéticos con regiones magnetoelásticamente activas anulares, es deseable que un sensor de campo magnético cerca de una región magnetoelásticamente activa recoja una señal que represente de forma precisa el par aplicado al elemento, independientemente de la distancia angular entre el sensor de campo magnético y un radio del elemento. Se cree que los dispositivos de detección de par que muestran esta característica muestran una uniformidad de señal de rotación (RSU) mejorada. Las no uniformidades en la profundidad, amplitud, o en la intensidad del campo magnético, alrededor de una región magnetoelásticamente activa puede conducir a señales RSU perceptibles y, de este modo, a mediciones imprecisas del par. El rendimiento mejorado de la RSU, y un efecto de histéresis reducido, puede también lograrse sometiendo el elemento ferromagnético a un proceso apropiado de dureza de la superficie, tal como se conoce en el arte, previamente a la magnetización. Lee, por ejemplo, describe un dispositivo de detección de par diseñado para mostrar un rendimiento de RSU mejorado incorporando una pluralidad de sensores de campo magnético, angularmente y axialmente espaciados, situados en proximidad a la superficie circunferencial de un eje giratorio.

20 Los dispositivos de detección de par descritos en el arte previo no se encuentran especialmente configurados para medir el par transmitido entre un eje y una parte radialmente separada de un elemento en forma de disco, a la vez que muestran un rendimiento RSU mejorado y reducen los efectos adversos causados por el compassing. Por consiguiente, existe la necesidad de un dispositivo de este tipo.

25 La < WO 01/13082 A1 muestra un dispositivo de detección de par magnético con un elemento generalmente en forma de disco que tiene superficies opuestas en general circulares separadas, y que forman un eje central de rotación, unas regiones primera y segunda magnéticamente condicionadas dispuestas sobre, o en al menos una parte del elemento en forma de disco que forma una región magnetoelásticamente activa para producir un campo magnético que varía con un par aplicado al elemento en forma de disco. Existen sensores de campo magnético que tienen direcciones sensibles opuestas que proporcionan una señal de salida que representa el par aplicado al elemento en forma de disco. Sin embargo, la disposición de los sensores de campo descritos en este documento del arte previo es inapropiada para suprimir los efectos de las fuentes de ruido de campo cercano.

Resumen de la invención

35 La presente invención, según se describe en la presente patente, se aplica en general a la medición del par en cualquier elemento en forma de disco que sea giratorio alrededor de un eje, tal como una polea, engranaje, piñón, o similar.

40 Es un objeto principal de la presente invención proporcionar un dispositivo de detección de par que tenga sensores de campo magnético sin contacto situados próximos a un elemento en forma de disco, para medir el par transmitido entre un eje y una parte radialmente separada del elemento en forma de disco.

Es otro objeto de la invención proporcionar un dispositivo de detección del par que tenga sensores de campo magnético que generen de salida una señal representativa de un par aplicado, en donde la señal de salida varía linealmente con respecto a variaciones en el par aplicado.

45 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo de detección del par que tiene sensores de campo magnético situados en pares, donde los sensores de campo magnético tienen sus direcciones de detección opuestas entre sí, para minimizar los efectos adversos del ruido magnético, incluyendo el compassing.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo de detección del par con una región anular magnetoelásticamente activa, que presenta regiones dobles, no separadas, magnéticamente condicionadas polarizadas de forma opuesta para mejorar el rendimiento RSU del dispositivo de detección del par.

50 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo de detección del par con múltiples sensores de campo magnético espaciados angularmente que están situados especialmente para mejorar el rendimiento RSU del dispositivo de detección del par.

Descrito brevemente, esos y otros objetos, ventajas y características de la presente invención se logran tal como se realizan y describen completamente en la presente patente, mediante un dispositivo de detección de par magnético de acuerdo con la reivindicación 1.

- 5 Las regiones magnéticamente condicionadas pueden conformarse de forma anular sin un hueco entre las mismas para aumentar la precisión del dispositivo de detección del par. El dispositivo puede incluir múltiples pares de sensores de campo magnético para aumentar la precisión. Los sensores de campo magnético pueden orientarse circunferencialmente cuando las regiones magnéticamente condicionadas se encuentran polarizadas axialmente, y orientarse axialmente cuando las regiones magnéticamente condicionadas se encuentran polarizadas circunferencialmente para mejorar el rendimiento lineal del dispositivo y aumentar la precisión.
- 10

Con esos y otros objetos, ventajas y características de la invención que pueden volverse obvias de aquí en adelante, la naturaleza de la invención puede entenderse más claramente en referencia a la siguiente descripción detallada de la invención, las reivindicaciones adjuntas y a los diversos dibujos adjuntos en la presente memoria.

Breve descripción de los dibujos

- 15 La FIG. 1 es una vista en perspectiva de un elemento en forma de disco de acuerdo con la presente invención.
- La FIG. 2 es una vista en alzado lateral del elemento en forma de disco de la FIG. 1, que representa la magnetización de una región magnetoelástica activa, de acuerdo con una realización de la presente invención.
- 20 La FIG. 3 es una vista en planta superior del elemento en forma de disco de la FIG. 2, que representa la magnetización de una región magnetoelástica activa, de acuerdo con una realización de la presente invención.
- La FIG. 4A es un gráfico que ilustra las intensidades de los campos magnéticos en las regiones magnéticamente condicionadas cuando el dispositivo de detección del par de la presente invención se encuentra en un estado quiescente.
- 25 La FIG. 4B es una vista en planta superior de un elemento en forma de disco de acuerdo con la presente invención, que ilustra la relación entre el elemento en forma de disco y el gráfico de la FIG. 4A.
- La FIG. 5 es una vista en planta superior de un elemento en forma de disco, que muestra posicionamientos ilustrativos de los sensores de campo magnético, de acuerdo con otra realización de la presente invención.
- 30 La FIG. 6 es una vista en planta superior de un elemento en forma de disco, que muestra posicionamientos ilustrativos de los sensores de campo magnético, de acuerdo con otra realización de la presente invención.
- La FIG. 7 es una vista en planta superior de un elemento en forma de disco, que muestra posicionamientos ilustrativos de los sensores de campo magnético, de acuerdo con otra realización de la presente invención.
- 35 La FIG. 8 es una vista en planta superior de un elemento en forma de disco, que muestra posicionamientos ilustrativos de los sensores de campo magnético, de acuerdo con otra realización de la presente invención.
- La FIG. 9 es una vista en planta superior de un elemento en forma de disco, que muestra posicionamientos ilustrativos de los sensores de campo magnético, de acuerdo con otra realización de la presente invención.
- 40 La FIG. 10 es una vista en perspectiva de un elemento en forma de disco de acuerdo con la presente invención que ilustra un cambio en la magnetización de la región magnetoelásticamente activa cuando el elemento en forma de disco está sometido a un par.
- La FIG. 11 es una vista en despiece que muestra un ejemplo de dispositivo de detección de par de acuerdo con la presente invención para su utilización en un tren de accionamiento automovilístico.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Diversas realizaciones preferidas de la invención se describen con propósitos ilustrativos, entendiéndose que la invención puede ser realizada de otras formas que no se muestran específicamente en los dibujos. Las figuras en la presente memoria se proporcionan con propósitos de ejemplificación y no se encuentran dibujadas a escala.

5 Volviendo en primer lugar a la FIG. 1, se muestra en la misma un dibujo en perspectiva de un elemento 110 en general en forma de disco de acuerdo con el dispositivo de detección del par de la presente invención. El disco está formado de un material ferromagnético y es, o al menos incluye, una región 140 magnetoelásticamente activa. El material seleccionado para formar el disco 110 debe ser al menos ferromagnético para asegurar la existencia de dominios magnéticos para al menos formar una magnetización remanente en la región 140 magnetoelásticamente activa, y debe ser magneto-restrictivo de tal manera que la orientación de las líneas del campo magnético en la
10 región 140 magnetoelásticamente activa pueda ser modificada por los esfuerzos asociados con el par aplicado. El disco 110 puede ser completamente sólido, o puede ser parcialmente hueco. El disco 110 puede estar formado de un material homogéneo o puede estar formado a partir de una mezcla de materiales. El disco 110 puede tener cualquier grosor, y éste se encuentra preferiblemente entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 1 cm de grosor.

15 La región 140 magnetoelásticamente activa es preferiblemente plana, y comprende al menos dos regiones 142, 144 radialmente distintas, anulares, polarizadas de forma opuesta magnéticamente condicionadas, que definen la región 140 magnetoelásticamente activa del dispositivo de detección del par. Las superficies 112, 114 superior e inferior no tienen que ser planas, tal como se muestra, pero podrían tener un grosor variable en la sección transversal desde el centro del disco 110 hasta el borde exterior. Dependiendo de la aplicación para la que se desee el dispositivo de
20 detección del par, puede resultar poco práctico para posicionar los sensores 152, 154 de campo magnético en ambos lados del disco 110. Por lo tanto, la presente invención está diseñada para funcionar en casos en los que la región 140 magnetoelásticamente activa se encuentra presente en únicamente una superficie del disco 110. Sin embargo, la región 140 magnetoelásticamente activa puede estar presente en ambos lados del disco 110.

25 La FIG. 2 muestra una vista lateral del disco 110, e ilustra un proceso por el cual la región 140 magnetoelásticamente activa puede formarse en una parte anular del disco 110. Tal como se muestra, dos imanes 202, 204, permanentes que tienen direcciones de magnetización opuestas (y por tanto polaridad opuesta), se encuentran situados próximos a la superficie del disco 110 a una distancia d_1 . A continuación del posicionamiento de los imanes 202, 204, permanentes el disco 110 puede hacerse rotar alrededor de su eje central O, lo que da como resultado la formación de dos regiones 142, 144 anulares magnéticamente condicionadas, polarizadas de forma opuesta. De forma alternativa, las regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas pueden formarse girando
30 los imanes permanentes alrededor del eje central O, mientras que el disco 110 permanece fijo. Durante la creación de la región 140 magnetoelásticamente activa, la velocidad de rotación alrededor del eje central O, y la distancia d_1 entre los imanes permanentes 202, 204 y la superficie del disco 110, debería mantenerse constante para asegurar la uniformidad de la región 140 magnetoelásticamente activa y mejorar el rendimiento RSU del dispositivo de detección del par. Preferiblemente, durante la creación de la región 140 magnetoelásticamente activa, los imanes permanentes 202, 204 se posicionan adyacentes entre sí, sin ningún hueco entre los mismos, para formar regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas sin ningún hueco entre las mismas. Se entiende que la ausencia de un hueco entre las regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas da como resultado un dispositivo de detección del par con un rendimiento RSU mejorado.

40 A la hora de formar la región 140 magnetoelásticamente activa, la intensidad de los imanes permanentes 202, 204 y la distancia d_1 entre los imanes permanentes 202, 204 y el disco 110, debe ser cuidadosamente seleccionada para optimizar el rendimiento del dispositivo de detección del par. Utilizando unos imanes permanentes 202, 204 más fuertes, y posicionando los imanes permanentes 202, 204 más cerca del disco 110, se puede producir en general una región 140 magnetoelásticamente activa que proporcionará una señal más fácilmente medible, más intensa,
45 cuando son empleados por un dispositivo de detección del par. Sin embargo, utilizando imanes permanentes 202, 204 que sean excesivamente fuertes, o colocando unos imanes permanentes 202, 204 excesivamente cerca del disco 110, se puede producir una región 140 magnetoelásticamente activa que muestre histéresis, lo que afecta negativamente la linealidad de la señal producida por el dispositivo de detección del par en respuesta a un par aplicado. Preferiblemente, la región 140 magnetoelásticamente condicionada es creada utilizando unos imanes de aleación de hierro-neodimio-boro (Nd-FeB) situados a una distancia de entre aproximadamente 0,1 mm y 5 mm de la superficie del disco 110. Más preferiblemente, los imanes se sitúan a una distancia de aproximadamente 3 mm de la superficie del disco 110. Preferiblemente, el ancho de la región 140 magnetoelásticamente activa no es mayor de 13 mm. Más preferiblemente, el ancho de la región 140 magnetoelásticamente activa es de aproximadamente 10 mm.

55 La FIG. 2 muestra una realización que tiene imanes permanentes 202, 204 con direcciones de magnetización que son perpendiculares al plano del disco 110. Esta configuración da como resultado unas regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas que se polarizan inicialmente en la dirección axial (es decir, perpendicular a la superficie del disco). En esta configuración las regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas se polarizan preferiblemente de tal manera que, en ausencia del par aplicado al disco 110 (es decir, cuando el dispositivo de detección del par se encuentra en estado quiescente), las regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas no
60 tienen ninguna componente de magnetización neta en las direcciones circunferencial o radial.

Durante la formación de la región 140 magnetoelásticamente activa, los imanes permanentes 202, 204 pueden situarse, tal como se muestra en la FIG. 2, de tal manera que la región 142 magnéticamente condicionada más interior sea creada con su polo norte magnético dirigido hacia arriba, y la región 144 magnéticamente condicionada más exterior sea creada con su polo norte magnético dirigido hacia abajo. De forma alternativa, durante la formación de la región 140 magnetoelásticamente activa, los imanes permanentes pueden situarse de tal manera que la región 142 magnéticamente condicionada más interior sea creada con su polo norte magnético dirigido hacia abajo, y la región 144 magnéticamente condicionada más exterior sea creada con su polo norte magnético dirigido hacia arriba.

La FIG. 3 muestra una vista superior del disco 110, e ilustra una realización en la que la región 140 magnetoelásticamente activa se crea con unos imanes permanentes 302, 304 que tienen direcciones de magnetización que son paralelas al plano del disco 110, en la dirección circunferencial. Esta configuración da como resultado regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas que se polarizan inicialmente en la dirección circunferencial del disco 110. En esta configuración, las regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas se polarizan preferiblemente de tal manera que, en ausencia del par aplicado al disco 110, las regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas no tienen ninguna componente de magnetización neta en las direcciones axial o radial.

Durante la formación de la región 140 magnetoelásticamente activa, los imanes permanentes 302, 304 pueden ser situados, tal como se muestra en la FIG. 3, de tal manera que la región 142 magnéticamente condicionada más interior es creada con su polo norte magnético con una orientación en el sentido de las agujas del reloj, y la región 144 magnéticamente condicionada más exterior es creada con su polo norte magnético con una orientación en sentido opuesto a la dirección de las agujas del reloj. De forma alternativa, durante la formación de la región magnetoelásticamente activa, los imanes permanentes 302, 304 pueden situarse de tal manera que la región 142 magnéticamente condicionada más interior es creada con su polo norte magnético con una orientación opuesta al sentido de las agujas del reloj, y la región 144 magnéticamente condicionada más exterior es creada con su polo norte magnético con una orientación en el sentido de las agujas del reloj.

Volviendo a las FIGS. 4A y 4B, la FIG. 4A es un gráfico que ilustra la intensidad de los campos magnéticos en las regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas cuando el dispositivo de detección del par se encuentra en estado quiescente. Los valores a lo largo del eje vertical representan la intensidad del campo magnético de la región 140 magnetoelásticamente activa. Los campos magnéticos que emanan de la superficie del disco 110 pueden tener sus principales componentes en la dirección axial, como con el disco 110 de la FIG. 2, o en la dirección circunferencial, como con el disco 110 de la FIG. 3. Los valores a lo largo del eje horizontal representan la distancia a lo largo de un radio del disco 110 desde la línea central O hasta el borde externo del disco 110. El punto A corresponde a un punto a lo largo del borde de la región 142 magnéticamente condicionada más interior que está más cerca del centro del disco 110. El punto B corresponde a un punto a lo largo del borde de la región 144 magnéticamente condicionada más exterior que está más cerca del borde circunferencial del disco 110. El punto C corresponde a un punto a lo largo del límite entre las regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas más interior y más exterior. El punto r1 corresponde a un punto dentro de la región 142 magnéticamente condicionada más interior, en la que la intensidad del campo magnético se encuentra en su punto máximo. El punto r2 corresponde a un punto dentro de la región 144 magnéticamente condicionada más exterior, en la que la intensidad del campo magnético se encuentra al máximo. La FIG. 4B muestra el disco 110 con los puntos A, B, C, r1, y r2 que corresponden a aquellos puntos que se muestran en el gráfico de la FIG. 4A. Los puntos r1 y r2, que corresponden al pico de los campos magnéticos, indican las distancias desde el centro del disco 110 a las que los sensores 152, 154 de campo magnético deberían situarse para optimizar la dirección del flujo magnético externo, y de este modo maximizar el rendimiento del dispositivo de detección del par. El propósito de las unidades proporcionadas en la FIG. 4 es el de ser utilizados a modo de ejemplo y no son limitativas en la presente invención.

Volviendo a la FIG. 5, se muestra en la misma una vista en planta superior del disco 110 en estado quiescente, con una región 140 magnetoelásticamente activa creada por unos imanes permanentes 202, 204 según se muestra en la FIG. 2. La región 140 magnetoelásticamente activa incluye dobles regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas que se encuentran polarizadas de forma opuesta en direcciones axiales positivas y negativas, respectivamente. Los puntos en la FIG. 5 indican las líneas 546 del campo magnético orientadas perpendiculares a la superficie del disco 110, de tal manera que las líneas 546 del campo magnético se encuentran dirigidas hacia el exterior de la página. Las X en la FIG. 5 indican las líneas 548 del campo magnético orientadas perpendiculares a la superficie del disco 110, de tal manera que las líneas 548 del campo magnético se encuentran dirigidas hacia el interior de la página.

[0037] Un par de sensores 552, 554 de campo magnético se sitúa próximo a la región 140 magnetoelásticamente activa, de tal manera que cada sensor 552, 554 de campo magnético se sitúa sobre la parte de la región 142, 144 magnéticamente condicionada en una ubicación en la que la intensidad de campo magnético se encuentra en un máximo. Los sensores 552, 554 de campo magnético están orientados de manera que sus direcciones sensibles sean perpendiculares a la dirección de magnetización en la región 140 magnetoelásticamente activa. En la FIG. 5, las flechas indican las direcciones sensibles de los sensores 552, 554 de campo magnético. Los sensores 552, 554 de campo magnético están orientados con sus direcciones sensibles paralelos a la superficie del disco 110 (es decir, en la dirección circunferencial), y las regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas se encuentran polarizadas

perpendiculares a la superficie del disco 110 (es decir, en la dirección axial). Esta configuración asegura que las señales representativas generadas de salida por los sensores 552, 554 de campo magnético varían linealmente con respecto a las variaciones en el par aplicado al disco 110.

5 Los sensores 552, 554 de campo magnético se encuentran polarizados de forma opuesta, y provistos en pares. La técnica de colocación puede denominarse como una configuración de rechazo de modo común. Las señales de salida de cada uno de los sensores 552, 554 de campo magnético en el par pueden sumarse para proporcionar una señal representativa del par aplicado al disco 110. Los campos magnéticos externos tienen efectos iguales en cada uno de los sensores 552, 554 de campo magnético en el par. Debido a que los sensores 552, 554 de campo magnético en el par se encuentran polarizados de forma opuesta, los datos de salida sumados de los sensores 552, 554 de campo magnético tienen un valor cero con respecto a los campos magnéticos externos. Sin embargo, debido a que las regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas se polarizan de forma opuesta, tal como lo están los sensores 552, 554 de campo magnético, los datos de salida sumados de los sensores 552, 554 de campo magnético es el doble del de cada sensor 552, 554 de campo magnético individual con respecto al par aplicado al disco 110. Por lo tanto, colocar los sensores 552, 554 de campo magnético en una configuración de rechazo de modo común reduce enormemente los efectos adversos del compassing en el dispositivo de detección del par.

Volviendo a la realización que se muestra en la FIG. 6, el disco 110 se muestra en estado quiescente, y tiene una región 140 magnetoelásticamente activa creada mediante imanes 302, 304 permanentes tal como se muestra en la FIG. 3. La región 140 magnetoelásticamente activa incluye dobles regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas que se polarizan de forma opuesta, con líneas 646, 648 de campo magnético, en direcciones circunferenciales opuestas. Un par de sensores 652, 654 de campo magnético pueden situarse próximos a la región 140 magnetoelásticamente activa, de tal manera que cada sensor 652, 654 de campo magnético se sitúa sobre la parte de una región 142, 144 magnéticamente condicionada en una ubicación en la que la intensidad del campo magnético se encuentra en un máximo. Los sensores 652, 654 de campo magnético se encuentran orientados de tal manera que sus direcciones sensibles son perpendiculares a la dirección de magnetización en la región 140 magnetoelásticamente activa. En la FIG. 6, un punto (que indica una dirección hacia el exterior de la página) y una X (que indica una dirección hacia el interior de la página) indican las direcciones sensibles de los sensores 652, 654 del campo magnético. Los sensores 652, 654 del campo magnético se encuentran orientados con sus direcciones sensibles perpendiculares a la superficie del disco 110 (es decir, en la dirección axial), y unas regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas se polarizan paralelas a la superficie del disco 110 (es decir, en la dirección circunferencial) para asegurar que las señales representativas generadas como salida por los sensores 652, 654 de campo magnético varían linealmente con respecto a variaciones en el par aplicado al disco 110. Los sensores 652, 654 de campo magnético se coloca en una configuración de rechazo de modo común para reducir los efectos del compassing en el dispositivo de detección de par.

Volviendo a la FIG. 7, lo que se muestra en la misma es el disco 110 con una región 140 magnetoelásticamente activa con dobles regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas, que se encuentran polarizadas en direcciones axiales opuestas. Cuatro pares de sensores 552, 554 de campo magnético se sitúan próximos a la región 140 magnetoelásticamente activa con sus direcciones sensibles perpendiculares a la magnetización de las regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas. Los cuatro pares de sensores 552, 554 de campo magnético se encuentran espaciados a igual distancia alrededor de la región 140 magnetoelásticamente activa, con aproximadamente 90 grados entre cada par. Esta configuración proporciona un rendimiento RSU mejorado debido a que permite calcular la media de las señales representativas generadas como salida por los múltiples sensores 552, 554 de campo magnético, dando como resultado de este modo una medición más precisa del par aplicado al disco 110. Cualquier imprecisión atribuible a un único par de sensores de campo magnético debido a las no uniformidades en la región 140 magnetoelásticamente activa son de reducida significancia cuando se calcula la media de las señales de los múltiples sensores 552, 554 de campo magnético. En los dispositivos de detección de par que tienen regiones 140 magnetoelásticamente activas que muestran un alto grado de uniformidad (es decir, la señal RSU es sustancialmente cero), puede utilizarse tan pocos como un par de sensores 552, 554 de campo magnético para lograr el suficiente rendimiento de RSU. Sin embargo, debido a las limitaciones en los procesos de preparación del material y magnetización, una señal RSU no igual a cero significativa puede resultar difícil de evitar. En casos en los que se desea un rendimiento RSU aumentado, el número de pares de sensores de campo magnético puede incrementarse. Por ejemplo, ocho pares de sensores 552, 554 de campo magnético, espaciados a 45 grados, pueden ser utilizados.

Volviendo a la FIG. 8, se muestra en la misma el disco 110 con una región 140 magnetoelásticamente activa con regiones 142, 144 magnéticamente condicionadas polarizadas en una única dirección axial para formar, esencialmente, una única región magnéticamente condicionada. Una unidad 850 de sensor de campo magnético incluye cuatro sensores 852, 854, 856, 858 de campo magnético individuales. Los sensores 852, 854 de campo magnético primarios se sitúan próximos a la región 140 magnetoelásticamente activa, se alinean en la dirección radial, y se polarizan de forma similar en una dirección perpendicular a la magnetización de la región 140 magnetoelásticamente activa. Los sensores 856, 858 de campo magnético secundarios se sitúan en lados opuestos de los sensores 852, 854 de campo magnético primarios, próximos al disco 110, pero apartados de la región 140 magnetoelásticamente activa, de tal manera que los sensores 856, 858 de campo magnético secundarios no

recogen las señales inducidas por el par. Los sensores 856, 858 de campo magnético secundarios se polarizan de forma similar en una dirección opuesta a la de los sensores 852, 854 de campo magnético primarios. Esta configuración puede ser ventajosa en casos en los que una fuente de ruido (no se muestra) crea un gradiente del campo magnético local con diferentes efectos en cada uno de los sensores 852, 854 de campo magnético primarios, según se discute en la Solicitud de patente de EE.UU. N° 2009/0230953 de Lee, que se incorpora en la presente memoria a modo de referencia. En dicho caso, puede asumirse que la fuente de ruido tiene el mayor efecto sobre los sensores 856, 858 de campo magnético secundario más cercanos a la fuente de ruido, y el mínimo efecto sobre el sensor 858, 856 de campo magnético secundario más alejado de la fuente de ruido. Puede también ser asumido que el efecto de la fuente de ruido sobre los sensores 852, 854 de campo magnético primarios se encuentra entre los efectos que se presentan en cada uno de los sensores 856, 858 de campo magnético secundarios. Finalmente, puede asumirse que la suma de las señales inducidas por el ruido recogidas por los sensores 852, 854 de campo magnético primarios. Por lo tanto, sumando las señales recogidas por cada uno de los cuatro sensores 852, 854, 856, 858 de campo magnético, el efecto del ruido magnético sobre la unidad 850 del sensor de campo magnético es cancelado, y la señal compuesta recogida por la unidad 850 del sensor de campo magnético es totalmente inducida por el par.

La FIG. 9 muestra una configuración del disco 110 que puede ser ventajosa en situaciones en las que el espacio radial del disco 110 es limitado. El disco 110 tiene una región 140 magnetoelásticamente activa con una única región 143 magnéticamente condicionada polarizada en una única dirección axial. Una unidad 950 de sensor de campo magnético incluye cuatro sensores 952, 954, 956, 958 de campo magnético individuales. Los sensores 952, 954 primarios de campo magnético se sitúan próximos a la región 140 magnetoelásticamente activa, se alinean en la dirección circunferencial, y se polarizan de forma similar en una dirección perpendicular a la magnetización de la región 140 magnetoelásticamente activa. Los sensores 956, 958 secundarios de campo magnético se sitúan en lados opuestos de los sensores 952, 954 primarios de campo magnético próximos al disco 110, pero apartados de la región 140 magnetoelásticamente activa, de tal manera que los sensores 956, 958 secundarios de campo magnético no recojan señales inducidas por el par. Los sensores 956, 958 secundarios de campo magnético se polarizan de forma similar en una dirección opuesta a la de los sensores 952, 954 primarios de campo magnético. Esta configuración puede ser ventajosa en casos en los que una fuente de ruido (no se muestra) crea un gradiente de campo magnético local que tiene diferentes efectos sobre cada uno de los sensores 952, 954 primarios de campo magnético, tal como se discute en la solicitud de publicación de Patente de EE.UU. N° 2009/0230953 de Lee, la cual se incorpora a la presente patente a modo de referencia. En tal caso, puede asumirse que la fuente de ruido tiene el mayor efecto sobre el sensor 956, 958 secundario de campo magnético más cercano a la fuente de ruido, y el menor efecto sobre el sensor 956, 958 secundario de campo magnético más alejado de la fuente de ruido. Puede también asumirse que el efecto de la fuente de ruido sobre los sensores 952, 954 primarios de campo magnético se encuentra entre los efectos que se presentan sobre cada uno de los sensores 956, 958 secundarios de campo magnético. Finalmente, puede asumirse que la suma de las señales inducidas por ruido recogidas por los sensores 956, 958 secundarios de campo magnético es igual en valor a la suma de las señales inducidas por el ruido recogido por los sensores 952, 954 primarios de campo magnético. Por lo tanto, sumando las señales recogidas por cada uno de los sensores 952, 954, 956, 958, de campo magnético, el efecto del ruido magnético sobre la unidad 950 de sensor de campo magnético se cancela, y la señal compuesta recogida por la unidad 950 de sensor de campo magnético es totalmente inducida por el par.

La FIG. 10 proporciona una ilustración del principio por el cual un par aplicado al disco 110 se mide mediante el dispositivo de detección de par. Tal como se discute anteriormente, en estado quiescente, los campos magnéticos en la región 140 magnetoelásticamente activa se alinean ya sea sustancial y exclusivamente en dirección axial, tal como se muestra en la FIG. 5, o sustancial y exclusivamente en dirección circunferencial, tal como se muestra en la FIG. 6. Cuando se aplica un par al disco 110, los momentos magnéticos en la región 140 magnetoelásticamente activa tienden a bascular a lo largo de la dirección del esfuerzo cortante, que forma un ángulo de aproximadamente 45 grados con respecto a la superficie del disco 110, según se indica por las flechas A en la FIG. 10. La inclinación causa que la magnetización de la región 140 magnetoelásticamente activa muestre una componente reducida en la dirección inicial, y una componente incrementada en la dirección de esfuerzo cortante. El grado de inclinación es proporcional a la fuerza del par aplicado al disco 110. Los sensores 152, 154 de campo magnético son capaces de detectar cambios en la intensidad de las componentes del campo magnético a lo largo de las direcciones sensibles de los sensores 152, 154 de campo magnético. Por lo tanto, cuando un par se aplica al disco 110, los sensores 152, 154 de campo magnético emiten de salida unas señales representativas que son proporcionales al par aplicado.

Los sensores 152, 154 de campo magnético son conocidos en el área e incluyen dispositivos sensores de vectores de campo magnético tales como inductores de saturación, sensores de efecto Hall, y similares. Preferiblemente, los sensores de campo magnético de acuerdo con la presente invención son inductores de flujo magnético que tienen forma solenoidal. En otra realización, los sensores 152, 154 de campo magnético pueden ser sensores de efecto Hall de circuito integrado. Los conductores 156, tal como se muestra en la FIG. 10, conectan los sensores de campo magnético a una fuente de energía de corriente continua, y transmiten la salida de señales de los sensores 152, 154 de campo magnético a un dispositivo de recepción (no se muestra), tal como un circuito de control o monitorización.

Volviendo a la FIG. 11, en la misma se muestra una vista en despiece en perspectiva de un transductor 1100 de par de acuerdo con la presente invención. En el ejemplo de realización que se muestra, el transductor 1100 de par incluye un disco 1110, un buje 1120, y un eje 1130. El disco 1110, el buje 1120 y el eje 1130 pueden ser, pero no necesariamente son, elementos distintos. El disco 1110 puede ser un elemento axialmente delgado, generalmente en forma de disco, que puede ser completamente plano o puede incluir contornos. El buje 1120 funciona acoplado de forma rígida el disco 1110 al eje 1130. El acoplamiento puede lograrse, por ejemplo, directamente o indirectamente por cualquier medio conocido que permita que el buje 1120 y el eje 1130 actúen como una unidad mecánica, de tal manera que el par aplicado al eje 1130 se transmita proporcionalmente al buje 1120 y viceversa. Ejemplos de medios de acoplamiento incluyen pasadores, lengüetas, chavetas, soldaduras, adhesivos, ajustes a presión o por contracción, y similares. El disco 1110 puede acoplarse al buje 1120 mediante cualquier método apropiado que permita que el disco 1110 y el buje 1120 actúen como una unidad mecánica de tal manera que el par aplicado al buje 1120 se transmita proporcionalmente al disco 1110, y viceversa. Preferiblemente, se encuentran provistos unos orificios 1112, 1122 en el disco 1110 y el buje, de tal manera que los orificios 1112 en el disco 1110 correspondan a orificios 1122 en el buje 1120. Pueden introducirse elementos de sujeción (no se muestran), tales como pernos, a través de los orificios 1112 en el disco 1110 y los correspondientes orificios 1122 en el buje 1120, de tal manera que se forme un acoplamiento firme entre el disco 1110 y el buje 1120. Entre los ejemplos de medios de acoplamiento alternativos se incluyen remachado, soldadura, y similares.

El disco 1110 puede acoplarse a una corona 1160, de tal forma que una parte del disco 1110 acoplada a la corona 1160 sea radialmente distinta a la parte del disco 1110 acoplada al buje 1120. La corona 1160 puede rodear la periferia del disco 1110, o puede acoplarse a una superficie del disco 1110. La corona 160 puede ser una parte integral del disco 1110. El disco 1110 y la corona 1160 actúan como una unidad mecánica, de tal manera que el par aplicado al disco 1110 puede ser transmitido proporcionalmente a la corona 1160, y viceversa. La corona 1160 puede incluir características 1162 de transferencia de fuerza para la transferencia de fuerzas predominantemente tangenciales a un elemento de accionamiento o accionado.

Un ejemplo de realización de la invención es un dispositivo de detección de par para su uso en conexión con un motor de automóvil en donde el disco 1110 incluye una placa de accionamiento, el eje 1130 incluye un cigüeñal, y la corona 1160 incluye un convertidor de par. Resultará evidente para los expertos en el arte al que pertenece la invención, sin embargo, que la invención no está limitada a ningún tipo específico de configuración de automóvil, ni la invención está limitada a aplicaciones automovilísticas en general.

La corona 1160 y el buje 1120 están formados preferiblemente de materiales no ferromagnéticos o bien están magnéticamente aislados del disco 1110 mediante espaciadores no ferromagnéticos, tales como anillos de permeabilidad baja (no se muestran) introducidos entre el buje 1120 y el disco 1110, y entre el disco 1110 y la corona 1160.

La región 1140 magnetoelásticamente activa debe poseer suficiente anisotropía para devolver la magnetización a la dirección quiescente o inicial cuando el par aplicado se reduce a cero. La anisotropía magnética puede ser inducida mediante trabajo físico del material del disco 1110 o mediante otros métodos. Métodos ilustrativos para inducir anisotropía magnética se divulgan en la patente de EE.UU. Nº 5,520,059, incorporada en la presente patente a modo de referencia.

Preferiblemente, el disco 1110 está formado de un material AISI 9310. Ejemplos de materiales alternativos a partir de los cuales puede formarse el disco se describen en la patente de EE.UU. Nº 5,520,059 y la patente de EE.UU. Nº 6,513,395, incorporada en la presente patente a modo de referencia. El disco 1110 puede estar formado de un material que tenga una estructura cristalina particularmente deseable.

En otra realización de la presente invención, la región 1140 magnetoelásticamente activa puede formarse independientemente del disco 1110, y a continuación aplicarse al disco 1110 utilizando medios tales como adhesivos, soldaduras, elementos de sujeción, o similares, de tal manera que el par inducido en el disco 1110 se transmite y es proporcional al par inducido en la región 1140 magnetoelásticamente activa.

En la operación de la presente invención, surgen campos magnéticos de la región 1140 magnetoelásticamente activa y estos campos se extienden no solamente por el espacio en el que los sensores 1152, 1154 de campo magnético están situados sino también por el espacio ocupado por el propio disco 1110. Los cambios de magnetización que tienen lugar dentro de las partes no activas del disco 1110 pueden dar como resultado la formación de campos magnéticos parasitarios que pueden extenderse por las regiones del espacio donde los sensores 1152, 1154 de campo magnético están situados. El buje 1120 y la corona 1160 pueden estar formados de materiales no ferromagnéticos para reducir o eliminar campos magnéticos parasitarios. Por tanto, en el interés de no corromper la función de transferencia de la región 1140 magnetoelásticamente activa, es importante que los campos parasitarios sean muy pequeños, idealmente cero, en comparación con el campo magnético que surge de la región magnetoelásticamente activa o, si es de intensidad significativa, que cambien linealmente y anhistóricamente (o nada) con el par aplicado, y que sean estables en el tiempo y bajo cualquiera de las condiciones operativas y

5 ambientales a las que el eje 1130, el disco 1110, y la región 1140 magnetoelásticamente activa podrían estar sometidos. Dicho de otro modo, cualquier campo parasitario que surja debe ser suficientemente pequeño en comparación con el campo de la región magnetoelásticamente activa de manera que el campo neto visto por los sensores 1152, 1154 de campo magnético sea útil para los propósitos de detección del par. Por tanto, para
10 minimizar la influencia corruptora de los campos parasitarios, es importante utilizar un material del disco que tenga una coercitividad suficientemente alta, de manera que el campo que surge de la región 1140 magnetoelásticamente activa no magnetiza las regiones del disco 1110 próximas a la región 1140 magnetoelásticamente activa para dar lugar a dichos campos magnéticos parasitarios que son de la suficiente intensidad para destruir su utilidad para los propósitos de detección del par del campo magnético neto visto por los sensores 1152, 1154 de campo magnético.
15 Esto puede lograrse, por ejemplo, utilizando un material en el que la coercitividad del disco 1110 es mayor de 15 Oe, preferiblemente mayor de 20 Oe, y de forma más deseable mayor de 35 Oe.

Además del par, la presente invención es capaz de medir potencia, energía o velocidad rotacional, en donde

$$\text{Potencia} = \text{Par} \times 2\pi \times \text{Velocidad Rotacional},$$

Y

15
$$\text{Energía} = \text{Potencia} / \text{Tiempo}.$$

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de detección de par magnético que comprende: un elemento (110) generalmente en forma de disco que tiene superficies (112, 114) separadas circulares, y que forma un eje central de rotación;
- 5 primera y segunda regiones (142, 144) ferromagnéticas y magneto-restrictivas magnéticamente condicionadas dispuestas sobre o en al menos una parte del elemento en forma de disco que forma una región magnetoelásticamente activa para producir un campo magnético que varía con un par aplicado al elemento en forma de disco, caracterizado porque la región magnetoelásticamente activa posee anisotropía magnética para devolver la magnetización en la región magnetoelásticamente activa a un estado inicial cuando el par aplicado al elemento en forma de disco se reduce a cero; y
- 10 al menos un par de sensores (152, 154) de campo magnético, cada uno con una dirección sensible y posicionado sin un hueco radial entre los mismos y próximos a la región magnetoelásticamente activa, en donde la dirección sensible del primer sensor (152) es opuesta a la dirección sensible del segundo sensor (154), y perpendicular a la dirección de polarización de las regiones primera y segunda magnéticamente condicionadas, en donde los sensores (152, 154) de campo magnético están configurados para proporcionar una señal de salida que es representativa del
- 15 par aplicado al elemento en forma de disco, y en donde la variación en la señal de salida es lineal con respecto a la variación en el par aplicado al elemento (110) en forma de disco.
2. Dispositivo de detección de par magnético, según se reivindica en la reivindicación 1, en donde las regiones (142, 144) primera y segunda magnéticamente condicionadas tienen forma anular, y/o las regiones (142, 144) primera y segunda magnéticamente condicionadas se encuentran dispuestas sin ningún hueco radial entre las mismas.
- 20 3. Dispositivo de detección de par magnético, según se reivindica en la reivindicación 1, en donde la primera y segunda región (142, 144) magnéticamente condicionadas se polarizan inicialmente en direcciones axiales opuestas, y en donde las direcciones sensibles de los sensores (552, 554) de campo magnético en cada par se orientan en direcciones circunferenciales opuestas, o en donde la primera y la segunda región magnéticamente condicionadas se polarizan inicialmente en direcciones circunferenciales opuestas, y en donde las direcciones
- 25 sensibles de los sensores (652, 654) de campo magnético en cada par se orientan en direcciones axiales opuestas.
4. Dispositivo de detección de par magnético, según se reivindica en la reivindicación 1, en donde el dispositivo de detección comprende al menos cuatro pares de sensores de campo magnético, desplazadas angularmente entre sí, o en donde el dispositivo de detección de par magnético comprende al menos ocho pares de sensores de campo magnético, desplazados angularmente entre sí.
- 30 5. Dispositivo de detección de par magnético, según se reivindica en la reivindicación 1, en donde al menos un par de sensores de campo magnético comprende un sensor de saturación, o en donde al menos un par de sensores de campo magnético comprende un sensor de efecto Hall.
6. Dispositivo de detección de par magnético, según se reivindica en la reivindicación 1, en donde al menos una parte del elemento en forma de disco se realiza de al menos un material AISI 9310, y/o en donde la región magnetoelásticamente activa se forma en el elemento en forma de disco utilizando un par de imanes permanentes dispuestos con polaridad opuesta.
- 35 7. Dispositivo de detección de par magnético, según se reivindica en la reivindicación 1, en donde el elemento en forma de disco está formado de un material que tiene una coercitividad mayor de 15 Oe, o en donde el elemento en forma de disco está formado de un material que tiene una coercitividad mayor de 20 Oe, o en donde el elemento en forma de disco está formado de un material que tiene una coercitividad mayor de 35 Oe.
- 40 8. Dispositivo de detección de par magnético, según se reivindica en la reivindicación 1, en donde el elemento en forma de disco comprende una placa de accionamiento.
9. Dispositivo de detección de par magnético, según se reivindica en la reivindicación 1, que además comprende un elemento de transmisión de par directamente o indirectamente acoplado a o formando parte del elemento en forma de disco en el eje central de rotación, de tal manera que el par aplicado al elemento de transmisión del par se transmita proporcionalmente entre el elemento de transmisión del par y el elemento en forma de disco.
- 45 10. Dispositivo de detección de par magnético, según se reivindica en la reivindicación 9, en donde el elemento de transmisión del par comprende un cigüeñal.
11. Método de fabricación de un dispositivo de detección de par magnético que comprende los pasos de:
- 50 proporcionar un elemento (110) generalmente en forma de disco que tiene unas superficies (112, 114) separadas

- 5 generalmente circulares opuesta y un eje central de rotación, en donde el elemento en forma de disco incluye al menos una parte que es tanto ferromagnética como magneto-restrictiva, en donde dicha parte es capaz de producir un campo magnético que varía con un par aplicado al elemento en forma de disco, caracterizado porque dicha parte posee anisotropía magnética para devolver la magnetización en dicha parte a un estado inicial cuando el par aplicado al elemento (110) en forma de disco se reduce a cero; situar un par de sensores (152, 154) de campo magnético polarizados de forma opuesta próximos a la superficie del elemento en forma de disco a una primera distancia de una superficie del elemento en forma de disco; en donde los sensores (152, 154) de campo magnético que forman el par están situados sin un hueco radial entre los mismos y rotar el elemento en forma de disco alrededor de su eje central para formar dos regiones (142, 144) anulares, polarizadas de forma opuesta,
- 10 magnéticamente condicionadas.
12. Método, según se reivindica en la reivindicación 11, en donde los imanes permanentes que forman el par (202, 204) se encuentran dispuestos de tal manera que están polarizados en direcciones axiales opuestas en relación al elemento en forma de disco, o en donde los imanes permanentes que forman el par (302, 304) están dispuestos de tal manera que se polarizan en direcciones circunferenciales opuestas en relación al elemento en forma de disco.
- 15 13. Método, según se reivindica en la reivindicación 11 o 12, en donde los imanes permanentes que forman el par son imanes de aleación de hierro-neodimio-boro rectangulares de grado N42 o N45, y/o en donde la primera distancia se encuentra entre aproximadamente 0,1 mm y 5 mm, o en donde la primera distancia es de aproximadamente 3 mm.

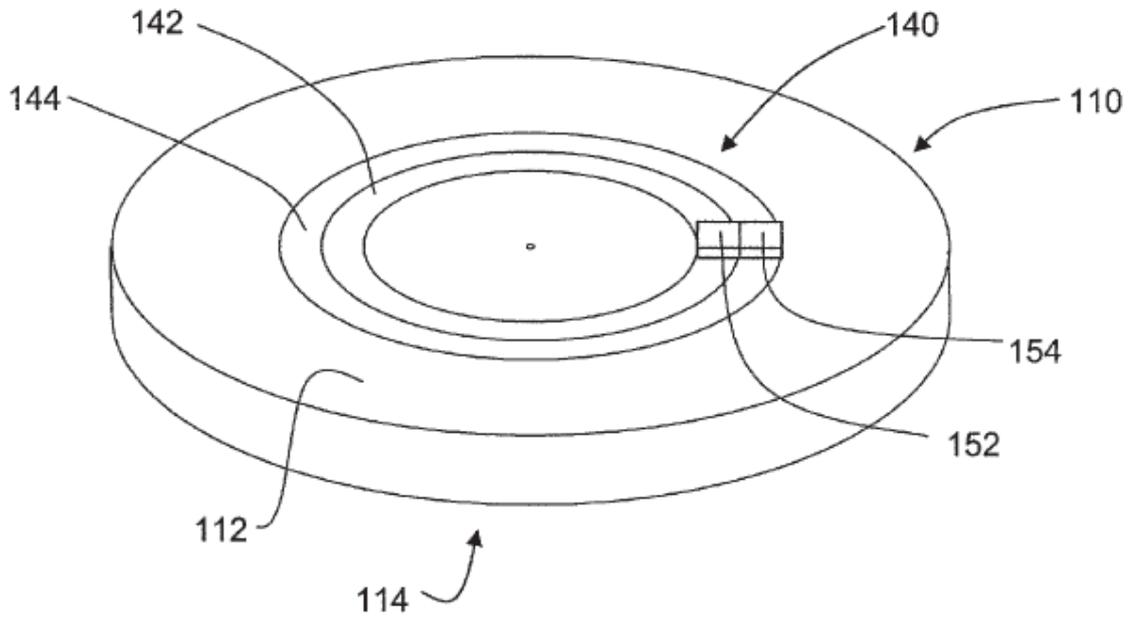


FIG. 1

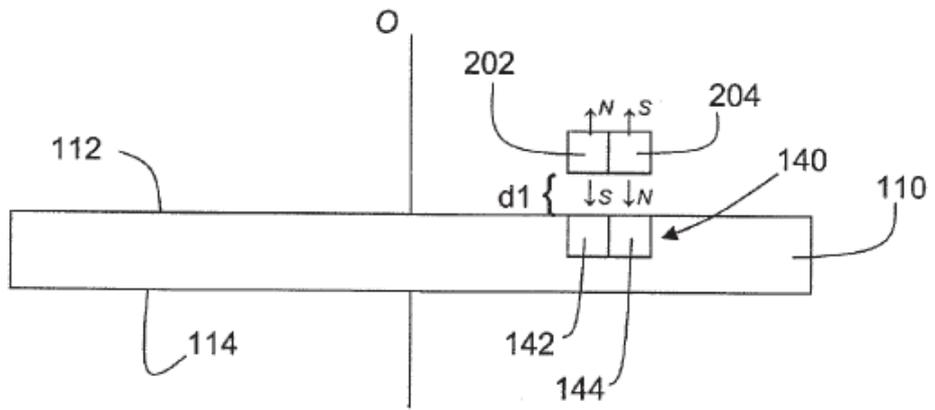


FIG. 2

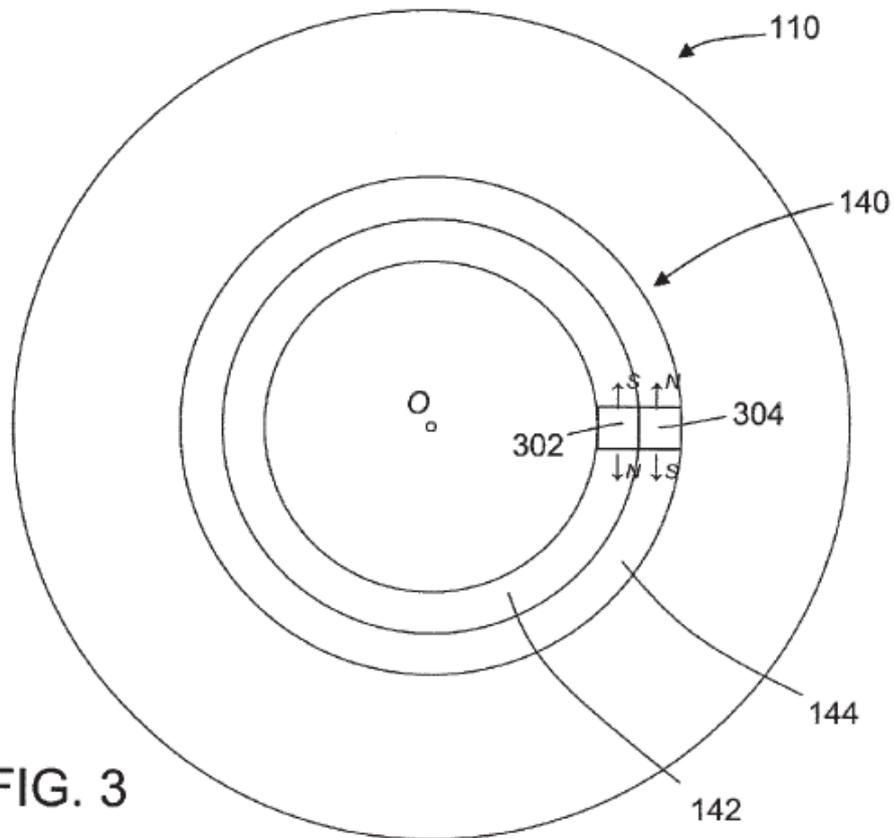


FIG. 3

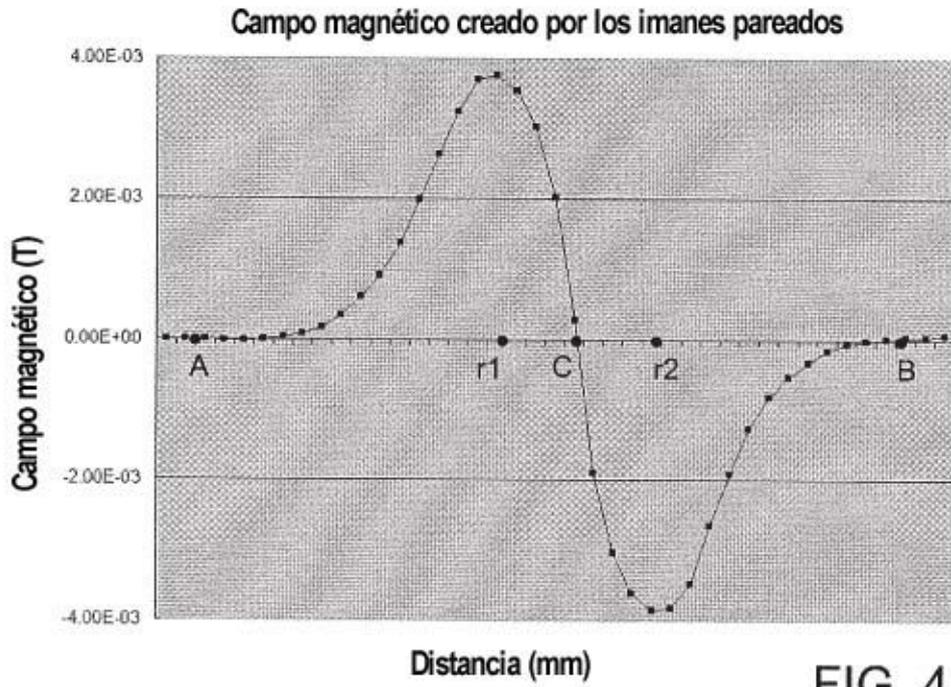


FIG. 4A

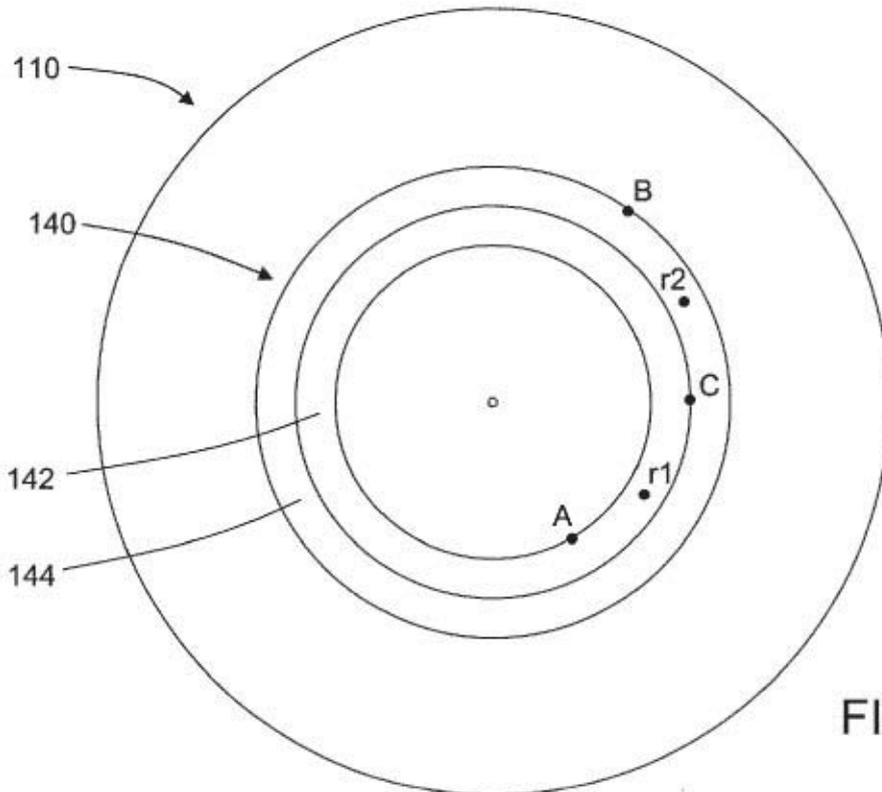


FIG. 4B

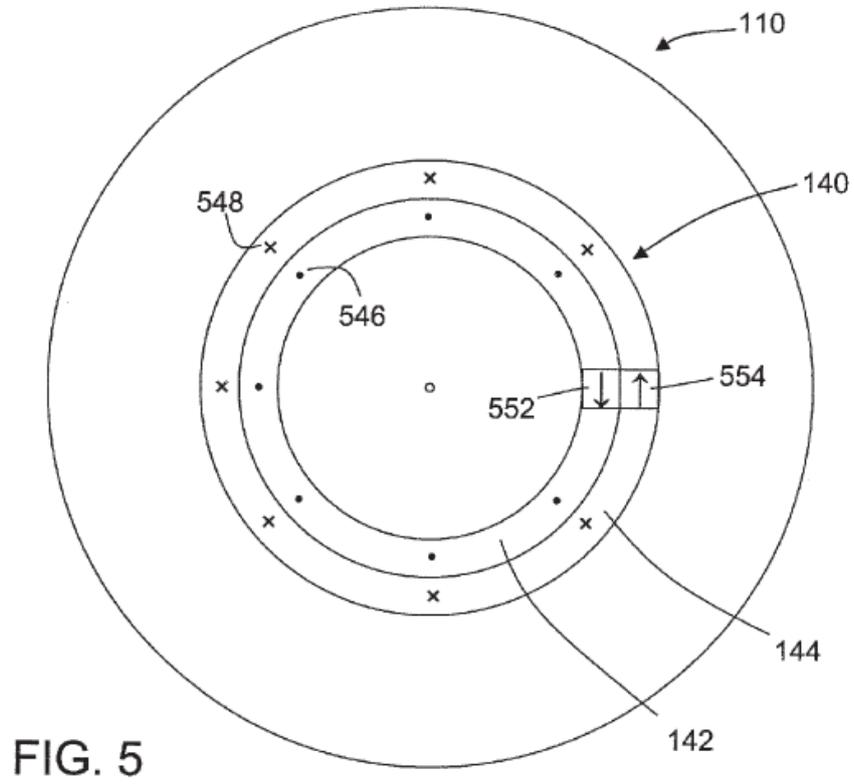


FIG. 5

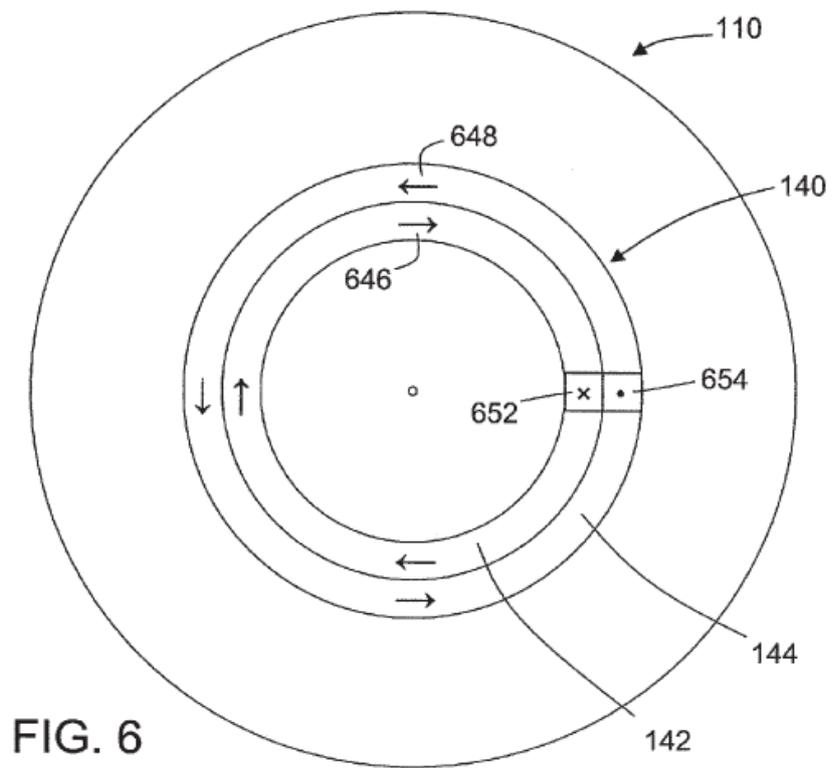


FIG. 6

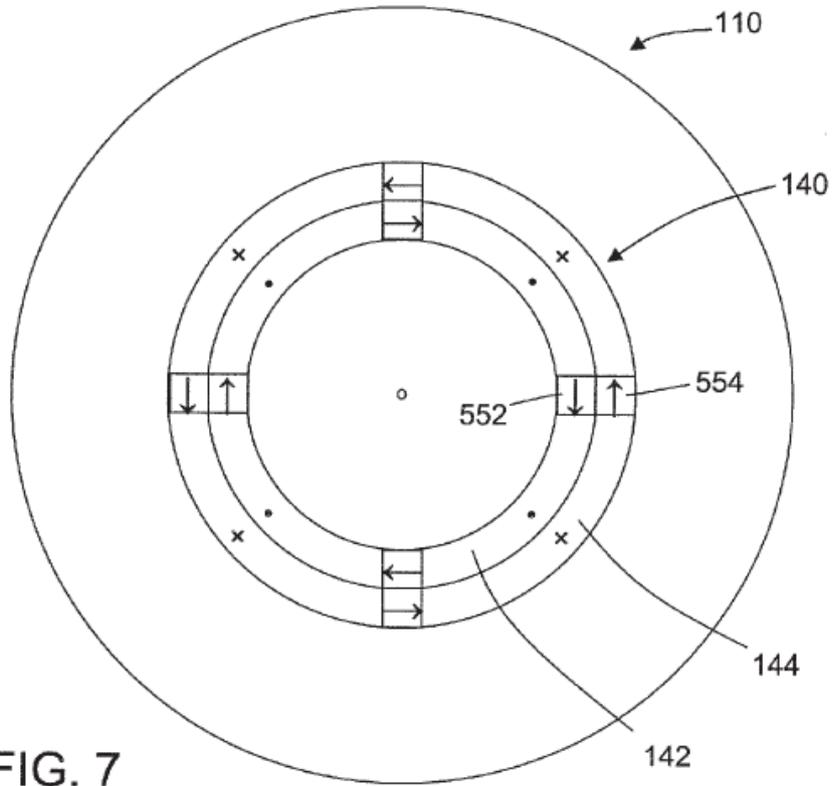


FIG. 7

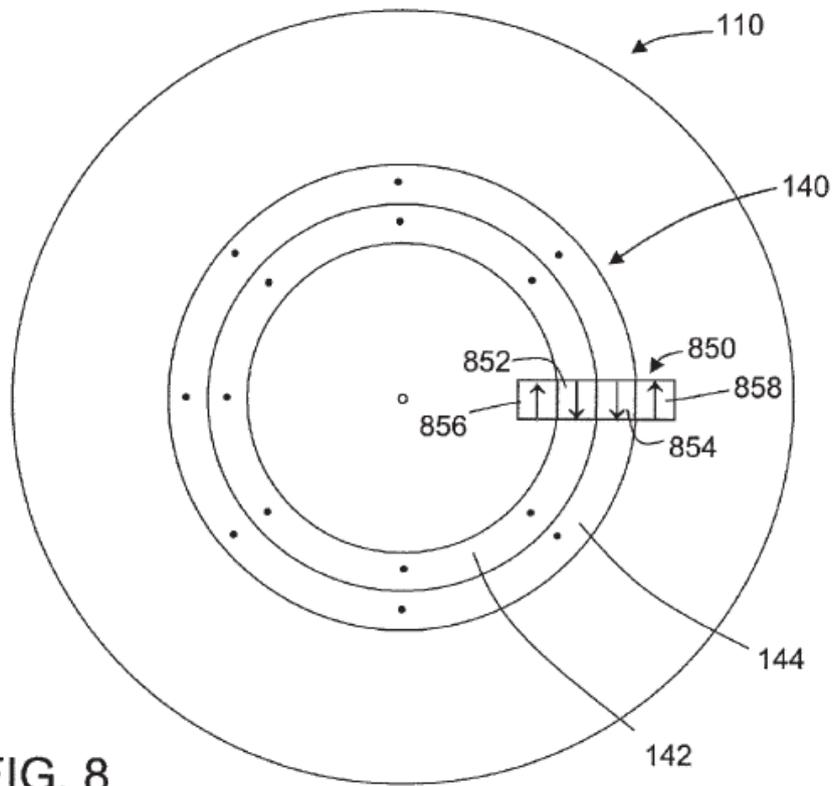


FIG. 8

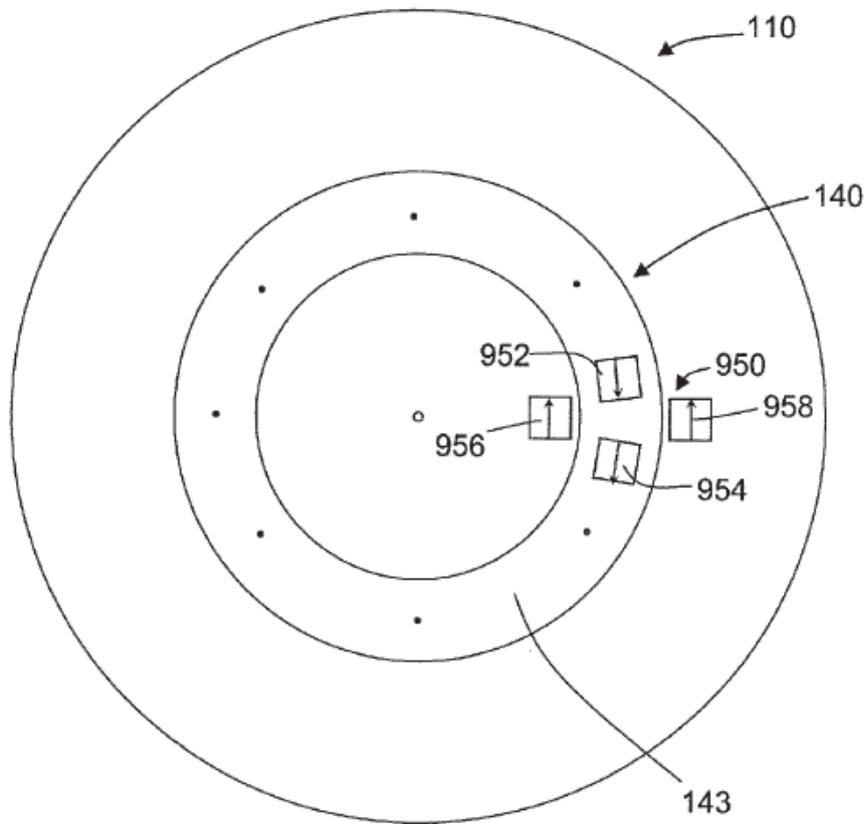


FIG. 9

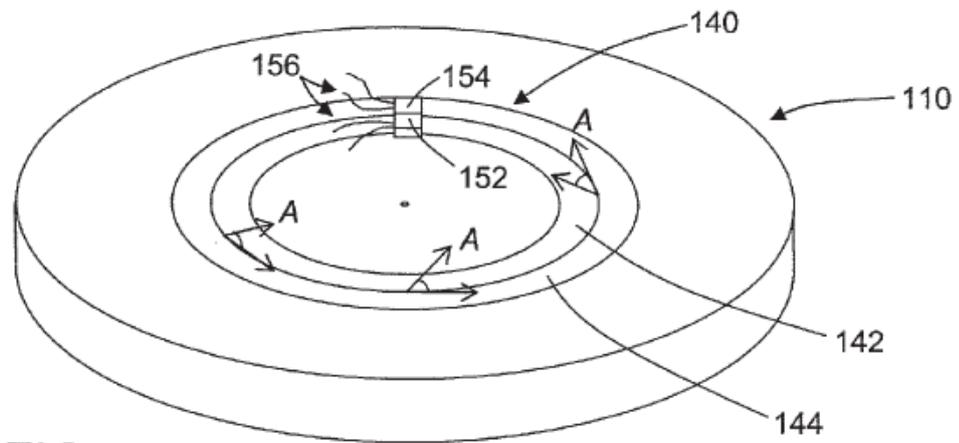


FIG. 10

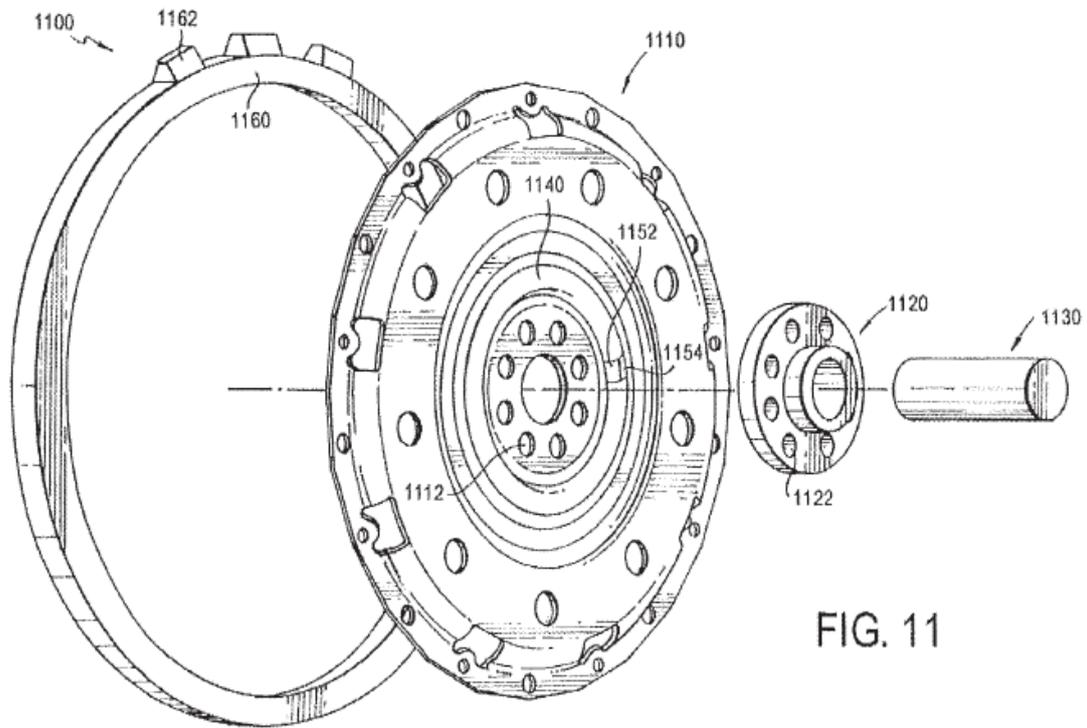


FIG. 11