

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 017 259**

51 Int. Cl.:

G01N 24/08 (2006.01)
G01N 24/10 (2006.01)
G01R 33/38 (2006.01)
G01R 33/60 (2006.01)
G01R 33/383 (2006.01)
G01R 33/389 (2006.01)
G07D 7/04 (2006.01)
H01F 7/02 (2006.01)
H01F 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2021** **PCT/EP2021/025494**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2022** **WO22128153**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2021** **E 21839330 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025** **EP 4264245**

54 Título: **Elemento sensor y dispositivo de comprobación de la autenticidad de un soporte de datos con una característica de resonancia de espín**

30 Prioridad:

16.12.2020 DE 102020007707

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.05.2025

73 Titular/es:

**GIESECKE+DEVRIENT CURRENCY
TECHNOLOGY GMBH (100.00%)
Prinzregentenstrasse 161
81677 München, DE**

72 Inventor/es:

**HUBER, STEPHAN y
SCHULLER, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 017 259 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

Elemento sensor y dispositivo de comprobación de la autenticidad de un soporte de datos con una característica de resonancia de espín

La invención hace referencia a un elemento sensor para comprobar la autenticidad de un soporte de datos plano, en particular, un billete bancario, que comprende una característica de resonancia de espín; así como a un dispositivo de comprobación con un tal elemento sensor.

Los soportes de datos, como documentos de valor o de identidad, pero también otros objetos de valor, como por ejemplo artículos de marca suelen ir provistos de elementos de seguridad para su protección, que permiten comprobar la autenticidad de los soportes de datos y, al mismo tiempo, sirven de protección frente a reproducciones no autorizadas.

A menudo, los elementos de seguridad están diseñados para ser legibles por máquina, a fin de permitir la comprobación de autenticidad automática y, dado el caso, la posterior detección sensorial y el tratamiento de los soportes de datos provistos de ellos. Con este fin, se utilizan desde hace tiempo, por ejemplo, elementos de seguridad con zonas magnéticas, cuyo contenido informativo se puede registrar y analizar por medio del sensor magnético de un sistema de procesamiento de billetes bancarios durante la comprobación de la autenticidad.

En lo referente a la comprobación de la autenticidad mecánica, también se conoce el empleo de elementos de seguridad con características de resonancia de espín para la protección de documentos y otros soportes de datos.

Las características de resonancia de espín consisten generalmente en una absorción de energía resonante de un grupo de espín en un campo magnético externo. Físicamente, la absorción de energía resonante se basa en la división del estado de energía del grupo de espín en el campo magnético externo. Espines, cuyos momentos magnéticos están orientados en paralelo al campo externo, presentan un estado energético más bajo como espines con un momento magnético antiparalelo. Por medio de la radiación de un campo magnético alterno de fuerza adecuada, que está orientado en perpendicular al campo magnético externo, designado como campo de polarización, se pueden excitar transiciones de resonancia entre los niveles de energía.

La frecuencia ω_L de resonancia necesaria para la excitación de las transiciones se produce por la diferencia energética de los niveles divididos,

$$\omega_L = \gamma B_c$$

donde γ indica la relación giromagnética de los espines en cuestión y B_c designa el campo magnético característico relevante. La frecuencia de resonancia característica de un grupo de espín también se puede designar como frecuencia de Larmor.

Para la comprobación de la autenticidad, como grupo de espín, se pueden utilizar tanto espines nucleares como espines electrónicos en los elementos de seguridad, correspondientemente en el caso de la excitación resonante, se habla de resonancia de espín nuclear (resonancia magnética nuclear, NMR) o de resonancia de espín electrónico (ESR). También se pueden utilizar materiales con alta densidad de espín electrónico, en los que la interacción entre los espines ya no se obvia. Estos incluyen los materiales ferro y ferrimagnéticos y en estos casos se habla en general de resonancia ferromagnética (FMR).

Cuando se trata de NMR y ESR, el campo B_c magnético característico relevante se produce básicamente por medio del campo B_0 magnético externo, en el caso de FMR, la condición de resonancia también depende de los campos internos presentes en el material, que forman un campo B_{ef} efectivo conjuntamente con el campo magnético externo, que entonces representa el campo B_c magnético característico relevante para el cálculo de la frecuencia de resonancia.

Con fuerzas de campo magnético habituales, en el caso de NMR, la frecuencia de resonancia normalmente se encuentra en el rango de Mhz, en el caso de ESR y FMR normalmente se encuentra en un rango de Ghz claramente mayor.

El documento US 5.149.946 A divulga un método de autenticación de un objeto mediante electroscopia de resonancia electrónica paramagnética, donde el método está caracterizado por el hecho de que al objeto se añade al menos una sustancia de autenticación, donde la sustancia presenta un pico de EPR, cuya anchura no es mayor de aprox. 1,5 gauss, donde la espectroscopia se lleva a cabo en un campo estático con una amplitud tal, que la sustancia presenta una frecuencia de resonancia en la zona de alta frecuencia. La anchura del pico de EPR de la sustancia se utiliza como criterio de distinción. Al campo estático se superpone preferiblemente un campo de modulación colineal de audiofrecuencia, que presenta una amplitud, que esencialmente es mayor que la anchura de EPR de la sustancia y está debajo de un campo electromagnético de alta frecuencia, que se extiende en perpendicular al campo estático y al campo de modulación y presenta una amplitud, que no es menor que la anchura del pico, por lo que no se detectan

los materiales paramagnéticos con una anchura de pico mayor que la sustancia de autenticación. También se describe un dispositivo para llevar a cabo un método y un papel de seguridad que se puede utilizar con un método. El dispositivo contiene preferiblemente núcleos de ferrita, que forman entre ellos un entrehierro para el objeto.

El documento SU 1.054.752 A1 divulga una fuente de un campo magnético polarizante para aparatos espectroscópicos. Dispone de un imán permanente con un mecanismo de ajuste del campo magnético, un dispositivo de control de campo magnético y un sensor de campo magnético, que está dispuesto en el entrehierro de trabajo del imán. Para mejorar la estabilidad del campo magnético y la linealidad de un cambio de campo magnético, contiene además un generador de pulsos programable, bobinas de modulación de pulsos, un circuito muestreador y retenedor, un amplificador de fallo y una unidad de conmutación. A ese respecto, la unidad de conmutación está conectada al generador de pulsos programable a través de la primera salida, a la entrada de compuerta del circuito muestreador y retenedor a través de la segunda salida y a la entrada de conmutador de la unidad de conmutación a través de la tercera salida. El circuito muestreador y retenedor, el amplificador de fallo y la unidad de conmutación están conmutadas en serie y conectadas mecánicamente por medio de un sensor de campo magnético, que está dispuesto entre las bobinas de modulación de pulsos y la unidad de control de campo magnético. La segunda salida del amplificador de fallo está directamente acoplada a la salida del sensor de campo magnético.

En base de lo anterior, la invención tiene por objeto indicar un dispositivo que permita una comprobación de la autenticidad fiable de soportes de datos con características de resonancia de espín y que también permita, particularmente, la comprobación de soportes de datos de movimiento rápido.

Este objetivo se resuelve mediante las características de las reivindicaciones independientes. Perfeccionamientos de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

La invención proporciona un elemento sensor para la comprobación, en particular, la comprobación de la autenticidad de un soporte de datos plano con una característica de resonancia de espín. El soporte de datos puede ser, por ejemplo, un billete de bancario. El elemento sensor contiene un núcleo magnético con un entrehierro, en el que se puede introducir el soporte de datos plano para la comprobación de la autenticidad, un elemento para generar un flujo magnético estático en el entrehierro, una bobina de modulación para generar un campo de modulación temporalmente variable en el entrehierro y un resonador para excitar la característica de resonancia de espín del soporte de datos por comprobar y para detectar la respuesta de señal de la característica de resonancia de espín. El núcleo magnético del elemento sensor está formado al menos parcialmente de un material magnético amortiguador de corriente de Foucault.

El material magnético amortiguador de corriente de Foucault presenta ventajosamente una conductividad eléctrica al menos de 3 veces, preferiblemente, al menos 5 veces, en particular, 10 veces más baja que el material sólido de hierro blando al menos a lo largo de una dirección en espacio.

En una configuración ventajosa, el elemento el núcleo magnético comprende como material magnético amortiguador de corriente de Foucault un paquete de láminas compuesto de un material magnético blando, en particular, a base de una aleación de SiFe, una aleación de NiFe, una aleación de CoFe, una aleación de AlFe o un vidrio metálico. Gracias a la pequeña sección transversal de las láminas y las capas de aislamiento presentes entre ellas, la conductividad eléctrica del material de salida se reduce considerablemente, mientras que se conservan las propiedades magnéticas ventajosas del material de salida magnético blando.

En este caso, la conductividad eléctrica del paquete de láminas depende del espesor de las láminas, donde los espesores típicos de láminas son de aprox. 35 μm o incluso inferiores. Además, la conductividad de un paquete de láminas depende bastante de la dirección y es particularmente baja en perpendicular al plano de las láminas. Por ello, para mayor ventaja, las láminas se disponen de tal manera, que la dirección del campo magnético inductor de la corriente de Foucault, en particular, del campo de modulación se sitúan en el plano de las láminas.

De mismo modo, como ventaja, el núcleo magnético puede comprender una ferrita como material magnético amortiguador de corriente de Foucault. Las mencionadas ferritas son materiales ferrimagnéticos, por ejemplo, materiales basados en MnZn o basados en NiZn, que se forman por medio de una sinterización al núcleo magnético o parte de núcleo magnético deseados. Las ferritas se caracterizan por una alta permeabilidad con una intensidad de imantación de saturación todavía aceptable y al mismo tiempo tienen una conductividad eléctrica muy baja.

El núcleo magnético comprende un polvo magnético blando como material magnético amortiguador de corriente de Foucault, cuyas partículas de polvo están aisladas eléctricamente entre sí. El material de salida de tales núcleos de polvo puede ser p.ej. hierro puro o hierro carbonílico. Otras posibilidades son aleaciones de SiFe, NiFe o SiAlFe.

El aislamiento eléctrico de las partículas de polvo se puede conseguir p. ej. dispersando el polvo en un aglutinante aislante. Además, un aislamiento eléctrico se puede generar por medio de una capa de óxido en la superficie de polvo u otro revestimiento adecuado. A continuación, se forma el polvo para el núcleo magnético o parte de núcleo magnético deseados.

Por tanto, las propiedades magnéticas ventajosas del núcleo magnético se derivan del polvo magnético blando, mientras que la conductividad eléctrica se reduce considerablemente debido al aislamiento eléctrico de los granos de polvo independientes con respecto al material sólido magnético blando. Al contrario que la ferrita, el material en polvo magnético blando se caracteriza por su alta intensidad de imantación de saturación, por lo que es adecuado para su uso en altas intensidades de campo magnético.

Asimismo, el núcleo magnético puede comprender un paquete de barras magnéticas blandas dispuesto en paralelo como material magnético amortiguador de corriente de Foucault, que están aisladas eléctricamente entre sí. El material de las barras puede ser por ejemplo hierro puro, hierro carbonílico o una aleación de SiFe, NiFe, NiMoFe o SiAlFe. El aislamiento eléctrico se puede realizar por ejemplo por medio de un revestimiento de las barras con un material aislante o por medio de una capa de óxido en la superficie de las barras. Además, es posible pegar las barras con un adhesivo eléctricamente aislante. Como ventaja, el diámetro de las barras es menor de 2 mm, preferiblemente, menor de 0,5 mm.

De forma similar a un paquete de láminas, un paquete de barras presenta una gran conductividad eléctrica anisotrópica, donde, no obstante, las propiedades del material sólido solo permanecerán prácticamente intactas en una dirección, es decir, a lo largo del eje de barra. La conductividad eléctrica se reduce considerablemente en ambas direcciones orientadas en perpendicular a él. Por ello, para mayor ventaja, las barras se disponen de tal manera, que la dirección del campo magnético inductor de la corriente de Foucault, en particular, del campo de modulación sea paralela al eje de las barras.

La siguiente tabla muestra valores típicos de permeabilidad máxima $\mu_{\max}$ (permeabilidad del material poco antes de alcanzar la saturación), la intensidad de imantación B_s de saturación y la conductividad σ eléctrica de las distintas materias reivindicadas en la presente solicitud. El lema hierro blando designa un material sólido de hierro blando con propiedades magnéticas ventajosas, pero alta conductividad eléctrica (material de referencia).

	B_s (T)	$\mu_{\max}$	σ (S/m)
Hierro blando (material de referencia)	2,1	15 000	10^7
Chapa eléctrica (paquete de láminas)	1,7	10 000	$2 \cdot 10^6$
Ferrita	0,3	200	$1 \cdot 10^{-6}$
Material en polvo	1,2	20	$1 \cdot 10^{-5}$

En el caso de una estructura concreta de un núcleo magnético, la elección de material se decide teniendo en cuenta el tamaño deseado del núcleo, las pérdidas por un flujo disperso magnético y las corrientes de Foucault que surjan. Como se puede apreciar en la tabla, las corrientes de Foucault se atenúan de forma particularmente eficiente debido a su conductividad eléctrica extremadamente baja por los materiales de ferrita y en polvo. Por ello, se puede hacer uso de estos materiales en un núcleo magnético, en particular, cerca del entrehierro, donde las corrientes de Foucault interfieren de forma particularmente intensa.

No obstante, al mismo tiempo, los materiales de ferrita y polvo presentan una densidad de flujo de saturación baja y una permeabilidad baja a los materiales laminados. Por tanto, en una aplicación el flujo altamente magnético y casi estático está destinado a guiarse sin pérdidas, por ejemplo, en un conector entre el imán permanente y el entrehierro, de manera que se especifique el uso de los materiales laminados en estas zonas, dado que estos permiten una estructura compacta debido a su elevada densidad de flujo de saturación y atenúan de forma eficiente flujos dispersos magnéticos debido a su alta permeabilidad.

En una configuración ventajosa, además del al menos un material magnético amortiguador de corriente de Foucault, el núcleo magnético también comprende un material sólido de alta permeabilidad y alta densidad de flujo de saturación, en particular, hierro blando. De esta manera, se combinan las propiedades ventajosas de ambos materiales y se consigue una resistencia magnética particularmente baja de todo el circuito magnético.

El núcleo magnético está formado con ventaja al menos en una, preferiblemente, en dos zonas adyacentes al entrehierro mediante un material magnético amortiguador de corriente de Foucault. Esta disposición supone una ventaja, puesto que en estas zonas surgen altas corrientes de Foucault.

Para mayor ventaja, también se pueden utilizar varios materiales magnéticos amortiguadores de corriente de Foucault diferentes en el núcleo magnético. Por ejemplo, las zonas adyacentes al entrehierro pueden estar formadas por un material magnético de ferrita o material magnético en polvo mencionados con anterioridad, que presente una conductividad eléctrica particularmente baja, mientras otras zonas del núcleo magnético están formadas por un paquete de láminas mencionado, que siga presentando una alta permeabilidad y una alta densidad de flujo de saturación, a pesar de sus propiedades amortiguadoras de corriente de Foucault. Las otras zonas también pueden formar todo el núcleo magnético restante, de manera que el núcleo magnético en su conjunto esté formado de materiales magnéticos amortiguadores de corriente de Foucault.

En una configuración preferida, la bobina de modulación está dispuesta en el entrehierro del núcleo magnético. Así, solo se inducen corrientes de Foucault comparativamente bajas en el núcleo magnético. En otra configuración igualmente preferida, la bobina de modulación está enrollada en torno a una zona con material magnético amortiguador de corriente de Foucault, en particular, en torno a una zona con el material magnético de ferrita o material magnético en polvo mencionados. Esto permite una anchura de entrehierro menor y, con ello, un campo magnético altamente estático en el entrehierro.

El elemento para generar un flujo magnético estático está formado ventajosamente por al menos un imán permanente. Lo cual reduce el consumo energético y el calor residual con respecto a una estructura, en la que la porción estática del flujo magnético también se genere por un electroimán. No obstante, en otras configuraciones que no forman parte del alcance de protección de las reivindicaciones, también puede suponer una ventaja generar no solo la porción temporalmente variable, sino también la porción estática del flujo magnético en el entrehierro por medio de electroimanes. Esto permite una manipulación particularmente sencilla tras la desconexión del elemento sensor, en particular, durante la instalación, desmontaje y transporte del dispositivo de comprobación.

En particular, está previsto que el elemento para generar el flujo magnético estático esté formado por varios imanes permanentes. De esta manera, se puede conseguir una alta densidad de flujo en el entrehierro.

Para un imán permanente, también supone una ventaja combinarlo con un núcleo magnético de un material no permanentemente magnetizado. Lo cual permite una gran libertad de diseño en su forma estructural, una mayor robustez mecánica de la estructura y que sea más fácil de fabricar.

El resonador está dispuesto con ventaja en el entrehierro del núcleo magnético. A este respecto, ventajosamente, se utiliza un resonador de superficie. El cual permite un menor tamaño y una geometría del campo magnético, que se adapte bien a la muestra plana.

El elemento sensor presenta como ventaja una bobina de rampa para generar un campo magnético en el entrehierro paulatinamente variable en el tiempo con respecto al campo de modulación. La bobina de rampa está preferiblemente enrollada en torno a un núcleo magnético, en particular, una zona del núcleo magnético amortiguadora de corriente de Foucault. La bobina de rampa sirve en particular para generar una función de rampa del campo de polarización y/o para compensar posibles desviaciones de intensidad del campo de polarización.

La mencionada bobina de modulación está diseñada preferiblemente para generar un campo magnético variable con una frecuencia de entre aprox. 1 kHz y aprox. 1 MHz en el entrehierro. La mencionada bobina de rampa está diseñada preferiblemente para generar un campo magnético variable con una frecuencia por debajo de aprox. 1 kHz en el entrehierro. El resonador está diseñado preferiblemente para excitar y detectar señales de resonancia de espín con una frecuencia de entre aprox. 1 MHz y 100 GHz.

Una característica de resonancia de espín del soporte de datos por comprobar consiste, en particular, en una característica de resonancia magnética nuclear, una característica de resonancia de espín electrónico o una característica de resonancia ferromagnética en una materia ferro o ferrimagnética.

El elemento sensor comprende una unidad de evaluación. La unidad de evaluación está configurada, en particular, para generar un resultado de comprobación en base a la respuesta de señal detectada por el resonador de la característica de resonancia de espín. Para ello, se compara preferiblemente una propiedad característica derivada de la respuesta de señal con un valor de referencia o un intervalo de referencia, y, en caso de que haya una gran coincidencia, se emite un resultado de comprobación, que muestre por ejemplo la autenticidad o la pertenencia de clase del documento de valor comprobado. Como propiedades características, se pueden extraer, por ejemplo, la frecuencia de resonancia de la resonancia de espín, su ancho de línea o amplitud, un tiempo de relajación de la resonancia de espín o la distribución espacial de la característica de resonancia de espín.

La invención comprende además un dispositivo de comprobación para la comprobación de la autenticidad de soportes de datos planos, en particular, de billetes bancarios, con un elemento sensor del tipo descrito y con un dispositivo de transporte, que introduce el soporte de datos plano por comprobar a lo largo de una ruta de transporte en el entrehierro del núcleo magnético o lo hace pasar a través el entrehierro del núcleo magnético.

El dispositivo de comprobación puede ser especialmente parte de una máquina de procesamiento de billetes bancarios.

La invención también hace referencia al uso de un elemento sensor según la invención. El elemento sensor se utiliza para la comprobación de la autenticidad de un soporte de datos plano con característica de resonancia de espín. En particular, la comprobación de la autenticidad se lleva a cabo con un método de medición de pulsos, un método de medición de onda continua (cw), un método de medición de escaneo rápido y/o un método de medición con campo B_0 magnético estático.

Otros ejemplos de realización así como ventajas de la invención se explican a continuación por medio de las figuras, en cuya representación se ha prescindido de una reproducción a escala y fiel a la proporción para una mayor claridad.

Muestran:

La Fig. 1 de forma esquemática un dispositivo de comprobación con un billete bancario de prueba suministrado,

la Fig. 2 el elemento sensor del dispositivo de comprobación de la Fig. 1 en una forma de realización concreta, de forma más precisa,

la Fig. 3 la intensidad de señal relativa en función de la frecuencia de modulación para dos conductores de flujo diferentes en un núcleo magnético,

la Fig. 4 un elemento sensor según otra forma de realización a modo de ejemplo de la invención y

la Fig. 5 un elemento sensor según otra forma de realización a modo de ejemplo de la invención.

La invención se explicará ahora en el ejemplo de la comprobación de la autenticidad de un billete 10 bancario. Para ello, la figura 1 muestra esquemáticamente un dispositivo 20 de comprobación con un billete bancario de prueba 10 suministrado y la Fig. 2 muestra de forma más precisa el elemento 30 sensor del dispositivo de comprobación en una forma de realización concreta.

En primer lugar, con relación a la Fig. 1, en un método de medición de onda continua, se suministra un billete bancario de prueba 10 para la comprobación de la autenticidad a lo largo de una ruta 14 de transporte por medio del dispositivo 20 de comprobación. El billete bancario de prueba 10 presenta en un rango de características, una característica 12 de resonancia de espín por comprobar, cuyas propiedades características sirven para demostrar la autenticidad del billete bancario. Como propiedades características, se pueden extraer, por ejemplo, la frecuencia de resonancia de la resonancia de espín, su ancho de línea o amplitud, un tiempo de relajación de la resonancia de espín o la distribución espacial de la característica de resonancia de espín.

El dispositivo 20 de comprobación contiene una fuente 22 de señales, que en la forma de realización a modo de ejemplo se acciona en onda continua (CW) con una frecuencia ω_L de excitación fija, que corresponde con la frecuencia de Larmor esperada de la característica 12 de resonancia de espín. La señal de excitación de la fuente 22 de señales se suministra a través de un duplexador 24 a un resonador 32 determinado del elemento 30 sensor y genera en este un campo magnético alterno de frecuencia ω_L . El resonador 32 se encuentra en el campo de un imán 34 de polarización, cuya intensidad de campo varía temporalmente con una rampa lenta ($f_{\text{barrido}} < 1 \text{ kHz}$). El resonador 32 acoge la respuesta de señal de la característica 12 de resonancia de espín y esta se guía a través de un duplexador 24 a un detector 26 y una unidad 28 de evaluación.

Ahora el campo de polarización temporalmente variable en relación con la frecuencia de excitación fija cumple la condición de resonancia $\omega_L = \gamma B_c$ mencionada anteriormente, de modo que en la característica 12 de resonancia de espín se excitan transiciones entre los estados de espín. Esto lleva a la absorción del campo magnético alterno en el resonador y, con ello, a un factor de calidad del resonador reducido, que se muestra como cambio de nivel en la señal de respuesta que detecta el detector 26.

Para aumentar la sensibilidad del dispositivo 20 de comprobación y, en particular, atenuar los ruidos $1/f$ que dominan la relación señal/ruido, el elemento 30 sensor contiene además una bobina 36 de modulación, que modula el campo de polarización del imán 34 y, con ello, también la condición de resonancia por medio de un campo B_{mod} de modulación paralelo al campo de polarización. A este respecto, la frecuencia f_{mod} de modulación del campo de modulación se encuentra normalmente en el rango de entre aprox. 1 kHz y aprox. 1 MHz y permite una medición de bajo ruido de la señal del detector modulada por medio de la técnica de termografía modulada (*lock-in*).

En la Fig. 2 está representado de forma esquemática y más precisa el elemento 30 sensor de la Fig. 1 en una forma de realización concreta. La posición del billete bancario de prueba 10 está indicada en trazos discontinuos, donde la ruta 14 de transporte del billete bancario de prueba se extiende en la figura en perpendicular al plano de imagen.

El elemento 30 sensor comprende un imán 34 de polarización con un retorno magnético con un imán 40 permanente, una bobina 42 de rampa y un núcleo 44 magnético con entrehierro 46. El núcleo 44 magnético guía el flujo magnético del imán 40 permanente y la bobina 42 de rampa enrollada en torno al núcleo magnético al entrehierro 46, por el que transcurre la ruta de transporte del billete bancario de prueba 10.

Además, el elemento 30 sensor contiene una bobina 36 de modulación, que está dispuesta cerca del entrehierro o, como en la Fig. 2, incluso en el entrehierro 46, debido a la frecuencia f_{mod} de modulación relativamente alta en comparación con la frecuencia de rampa.

Además de generar la función de rampa del campo de polarización, la bobina 42 de rampa también sirve para compensar posibles desviaciones de intensidad del campo de polarización. Debido a la escala temporal comparativamente lenta, los cambios de campo generados por la bobina 42 de rampa se guían adecuadamente por medio del núcleo 44 magnético, de modo que la bobina 42 de rampa, preferiblemente, está enrollada en torno al núcleo 44 magnético, como se muestra en la Fig. 2, de modo que apenas se dispone de espacio constructivo en el entrehierro 46 para otros componentes.

El campo de polarización presente en el entrehierro 46 presenta una porción estática y una temporalmente variable, donde en la forma de realización a modo de ejemplo, la porción estática se genera por medio del imán 40 permanente y la porción temporalmente variable a través de la bobina 42 de rampa y la bobina 36 de modulación. La bobina 42 de rampa genera los cambios de campo lentos (función de rampa y compensación de desviación con $f_{\text{barrido}} < 1 \text{ kHz}$), la bobina 36 de modulación genera los cambios de campo rápidos con $f_{\text{mod}} = 1 \text{ kHz} \dots 1 \text{ MHz}$. En la forma de realización a modo de ejemplo, la porción estática del campo de polarización se genera por medio de un imán 40 permanente, por lo que con respecto a una estructura en la que también se genera la porción estática por medio de un electroimán, se reducen el consumo de energía y el calor residual.

Fundamentalmente, la bobina 36 de modulación y la bobina 42 de rampa pueden estar presentes a lo largo del circuito magnético en cada caso en el entrehierro 46, enrollarse en torno al núcleo 44 magnético y en torno al imán 40 permanente. En este caso, la bobina de modulación y la bobina de rampa también pueden estar formadas por una bobina individual, común. En la configuración ventajosa de la Fig. 2, se proveen bobinas separadas para la modulación y la función de rampa, donde la bobina 36 de modulación está dispuesta en el entrehierro 46 y la bobina 42 de rampa está enrollada en torno al núcleo 44 magnético. Por ello, las fuentes de señal de la señal de modulación y de la señal de rampa están separadas mejor entre sí eléctricamente, lo que permite una estructura más sencilla del sistema electrónico.

Como particularidad, el núcleo 44 magnético del elemento 30 sensor está formado al menos parcialmente de un material magnético amortiguador de corriente de Foucault, por tanto, de un material, que sin embargo presenta una conductividad eléctrica baja con una alta permeabilidad y espesor de flujo de saturación más alto.

Con este diseño, el núcleo 44 magnético cumple al mismo tiempo varios requisitos. Por un lado, presenta una alta permeabilidad μ y, por ello, puede concentrar adecuadamente el flujo magnético del imán 40 permanente y la bobina 42 enrollada en torno al núcleo o al imán permanente y guiarlo además sin pérdidas al entrehierro 46. El flujo disperso magnético indeseado también se puede atenuar considerablemente fuera del entrehierro y transversalmente a las culatas del núcleo magnético. El núcleo 44 magnético presenta además una alta densidad B_s de flujo de saturación y, de esta manera, puede generar un gran campo magnético en el entrehierro 46 y permite asimismo una estructura compacta del elemento 30 sensor.

Asimismo, el núcleo 44 magnético presenta al menos en subzonas críticas una conductividad eléctrica baja y, por tanto, propiedades amortiguadoras de corriente de Foucault. Los inventores han detectado que, de esta manera, se pueden materializar varias ventajas con respecto a los núcleos magnéticos de material sólido.

En el caso de núcleos magnéticos compuestos por un material sólido de alta permeabilidad μ y alta densidad B_s de flujo de saturación, como por ejemplo, hierro blando, se inducen corrientes de Foucault en el núcleo magnético, en concreto, debido a la alta conductividad del hierro blando de los campos magnéticos temporalmente variables. En este caso, la intensidad de estas corrientes de Foucault asciende con la conductividad del material sólido y con la frecuencia de modulación. Estas corrientes de Foucault presentan varias desventajas y consecuencias indeseadas:

Por un lado, el campo magnético generado por corrientes de Foucault según la regla de Lenz presenta una polaridad que contrarresta su causa, por tanto, las corrientes de Foucault debilitan el campo magnético, el campo de rampa o también un campo de alta frecuencia pulsado. Puesto que la señal útil de una medición de resonancia de espín es directamente proporcional a la intensidad del campo de modulación, las corrientes de Foucault llevan a una pérdida de señal.

Además, el funcionamiento de sensor, en particular, en máquinas de procesamiento de billetes bancarios de movimiento rápido requiere tiempos de medición breves y, por tanto, también altas frecuencias de modulación. Puesto que la intensidad de las corrientes de Foucault aumenta con la frecuencia de modulación, se dificulta o impide el funcionamiento de sensor en máquinas rápidas.

Asimismo, la disipación de energía unida a las corrientes de Foucault en el núcleo magnético lleva a un aumento de temperatura del núcleo y, por lo tanto, a una resistencia magnética variable, que lleva por su parte a una desviación de la densidad de flujo en el entrehierro y, por lo tanto, finalmente a una desviación indeseada de la señal útil. Finalmente, los inventores también han constatado que las corrientes de Foucault en una excitación de alta frecuencia pulsada llevan a artefactos en la señal de medición y que generan inhomogeneidades magnéticas y, por tanto, llevan a una ampliación de las líneas espectrales de la resonancia de alta frecuencia.

Todas estas desventajas se pueden evitar considerablemente o por completo mediante la configuración según la invención del núcleo magnético. Esto permite el uso de altas frecuencias de modulación y de esa manera permite mediciones en billetes bancarios de movimiento rápido. A este respecto, los intensos campos de modulación también llevan a una mejor relación señal/ruido y, con ello, a resultados de medición más precisos. Además, la disipación de energía reducida en el circuito magnético provoca una estabilización del campo de polarización y permite de esta manera mediciones más reproducibles. Finalmente, un núcleo magnético amortiguador de corriente de Foucault también permite una gran libertad de la disposición de los componentes. Entonces, por ejemplo, la bobina de modulación se puede enrollar en torno al núcleo magnético amortiguador de corriente de Foucault, debido a bajas pérdidas y, de esta manera, apenas se puede liberar espacio constructivo en o dentro del entrehierro. Por el contrario, en el caso de núcleos magnéticos de material sólido, un acoplamiento directo del campo de modulación de alta frecuencia en el núcleo magnético no es conveniente debido a las grandes corrientes de Foucault inducidas.

Como materiales magnéticos amortiguadores de corriente de Foucault adecuados, se han comprobado los paquetes de chapa/láminas con materiales magnéticos blandos, ferrita y materiales en polvo de materiales magnéticos blandos, como ya se ha explicado con más detalle anteriormente.

La figura 3 ilustra las propiedades ventajosas de un núcleo magnético con elementos amortiguadores de corriente de Foucault en un elemento 30 sensor. Como punto de salida sirve un elemento sensor con un núcleo magnético hecho de hierro blando con un imán permanente de NdFeB, una bobina de rampa alejada del entrehierro y una bobina de modulación cercana al entrehierro. A este respecto, el entrehierro en el núcleo de hierro blando presenta una altura de 10 mm y una sección transversal cuadrada con una longitud de 30 mm en los bordes.

Para conseguir un entrehierro de una altura de solo 5 mm, cada conductor de flujo con dimensiones de 30 x 30 x 5 mm³ se inserta en el entrehierro del núcleo de hierro blando. El conductor de flujo consta en una primera variante de una ferrita basada en NiZn y en una segunda variante de un material en polvo basado en SiFe. Insertando este conductor de flujo, se consigue un núcleo magnético que consta de un material amortiguador de corriente de Foucault, cercano al intersticio, donde el campo magnético alterno y, por tanto, las corrientes de Foucault inducidas son las más intensas.

En el caso de un ejemplo comparativo, se ha utilizado un conductor de flujo de hierro blando, de modo que el núcleo comparativo no presente ninguna zona con material amortiguador de corriente de Foucault.

Por tanto, en el entrehierro de 5 mm de altura en cada caso del núcleo magnético, se ha investigado la señal de respuesta de una muestra cargada con característica de resonancia de espín en el centro del entrehierro, como función de la frecuencia de modulación, donde se utilizan frecuencias f_{mod} de modulación de entre 2 y 30 kHz. La integral de la curva de resonancia representa la absorción de RF en función de las fuerzas de campo magnético. En este caso, como medida de intensidad de señal, en cada caso, la superficie se determinó según la curva de absorción y las intensidades de señal se normalizaron al 100 % para la comparación con la frecuencia de modulación $f_0 = 2$ kHz.

Los resultados obtenidos se representan en la Fig. 3, donde la intensidad de señal relativa en porcentaje se muestra con respecto a la fuerza de señal a $f_0 = 2$ kHz en función de la frecuencia de modulación. Como se aprecia en la figura, para el ejemplo comparativo (hierro blando, curva 50) se deduce una señal útil que desciende con la frecuencia de modulación básicamente con mayor rapidez que en el uso de conductores de flujo de ferritas (curva 52).

Sin pretender estar vinculado a una explicación determinada, este rápido desvanecimiento de transmisión se debe a pérdidas por las corrientes de Foucault, que se inducen mediante la modulación de campo en el conductor de flujo de hierro blando. Estas corrientes de Foucault debilitan el campo de modulación y, por tanto, la curva de señal de resonancia de espín.

En el caso del conductores de flujo de ferrita, el descenso de señal es esencialmente menor, debido a corrientes de Foucault considerablemente reducidas. Para la cuantificación, se determinó la frecuencia $f_{50\%}$ de modulación, por tanto, la frecuencia en la cual la intensidad de señal ha descendido a un 50 % del valor de referencia. Como se aprecia en la Fig. 3, utilizando un conductor de flujo de ferrita, se puede conseguir un aumento de la frecuencia $f_{50\%}$ de modulación en un 120 % con respecto a un conductor de flujo de hierro blando. En caso de uso de un conductor de flujo en polvo con un material en polvo a base de SiFe, en una medición análoga, se obtuvo un aumento de la frecuencia $f_{50\%}$ de modulación de un 50 % con respecto al mismo conductor de flujo de hierro blando.

La figura 4 muestra como otra forma de realización a modo de ejemplo de la invención, un elemento 60 sensor, que se puede integrar fácilmente en una máquina de procesamiento de billetes bancarios. En este caso, los billetes bancarios por comprobar se transportan en perpendicular al plano de imagen por medio del entrehierro 46 del núcleo magnético.

El núcleo 44 magnético del elemento 60 sensor se caracteriza por el uso de un imán 40 permanente independiente, que está dispuesto en el circuito magnético del núcleo 44 magnético en el lado opuesto al entrehierro 46. Además, en el núcleo 44 magnético se utilizan como conductor magnético tanto elementos 62 de ferrita amortiguadores de corriente de Foucault, como elementos 64 de chapa electrónica amortiguadores de corriente de Foucault.

- 5 Ambos elementos 62 de ferrita amortiguadores de corriente de Foucault están dispuestos cerca del entrehierro 46, donde la bobina 36 de modulación está enrollada en torno a un elemento 62 de ferrita. Los elementos 64 de chapa eléctrica igualmente amortiguadores de corriente de Foucault forman el resto del núcleo 44 magnético. Alejada del entrehierro 46, la bobina 42 de rampa está enrollada en torno al núcleo 44 magnético. Puesto que en la forma de realización a modo de ejemplo, el núcleo 44 magnético está formado exclusivamente por elementos 62, 64 amortiguadores de corriente de Foucault, la bobina 42 de rampa permite además de una compensación de campo, también una rampa rápida del campo en el entrehierro 46.
- 10 Como resonador 32, se hace uso de un resonador de superficie, que se puede integrar fácilmente en el entrehierro 46 y está optimizado para la medición de las características de resonancia de espín por billetes bancarios.
- 15 Según otra forma de realización a modo de ejemplo de la invención, un elemento 70 sensor para un dispositivo de comprobación de billetes bancarios está ilustrado en la Fig. 5. Debido a su configuración, el elemento 70 sensor también se puede integrar fácilmente en una máquina de procesamiento de billetes bancarios, donde los billetes bancarios por comprobar se transportan en perpendicular al plano de imagen por medio del entrehierro 46 del núcleo magnético.
- 20 El núcleo 44 magnético del elemento 70 sensor contiene dos imanes 40 permanentes, que se utilizan cerca del entrehierro 46. El núcleo 44 magnético contiene en la zona entre los imanes 40 permanentes y el entrehierro 46 en cada caso elementos 72 de núcleo en polvo amortiguadores de corriente de Foucault, el núcleo magnético restante está formado por material 74 sólido de hierro blando. La bobina 36 de modulación está enrollada en torno a uno o ambos elementos 72 de núcleo en polvo, mientras que una bobina 48 de compensación alejada del entrehierro 46 está enrollada en torno a una zona 74 de hierro blando del núcleo magnético. Por ello, la bobina 48 de compensación solo se utiliza en esta forma de realización a modo de ejemplo para la compensación de desviación lenta. Como resonador 32, se hace uso de un resonador de superficie fácil de integrar, como en la forma de realización a modo de ejemplo de la Fig. 4.
- 25
- 30 En la configuración de la Fig. 5, también se atenúan eficazmente las corrientes de Foucault generadas por medio de la bobina 36 de modulación, mediante los elementos 72 de núcleo en polvo amortiguadores de corriente de Foucault con respecto a una estructura comparable con un núcleo magnético que consiste completamente en un material sólido de hierro blando.

Lista de símbolos de referencia

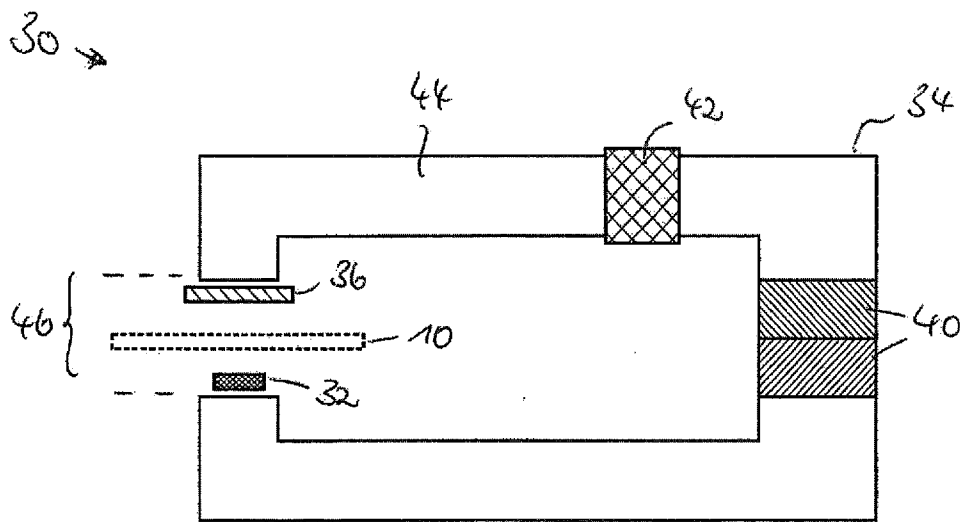
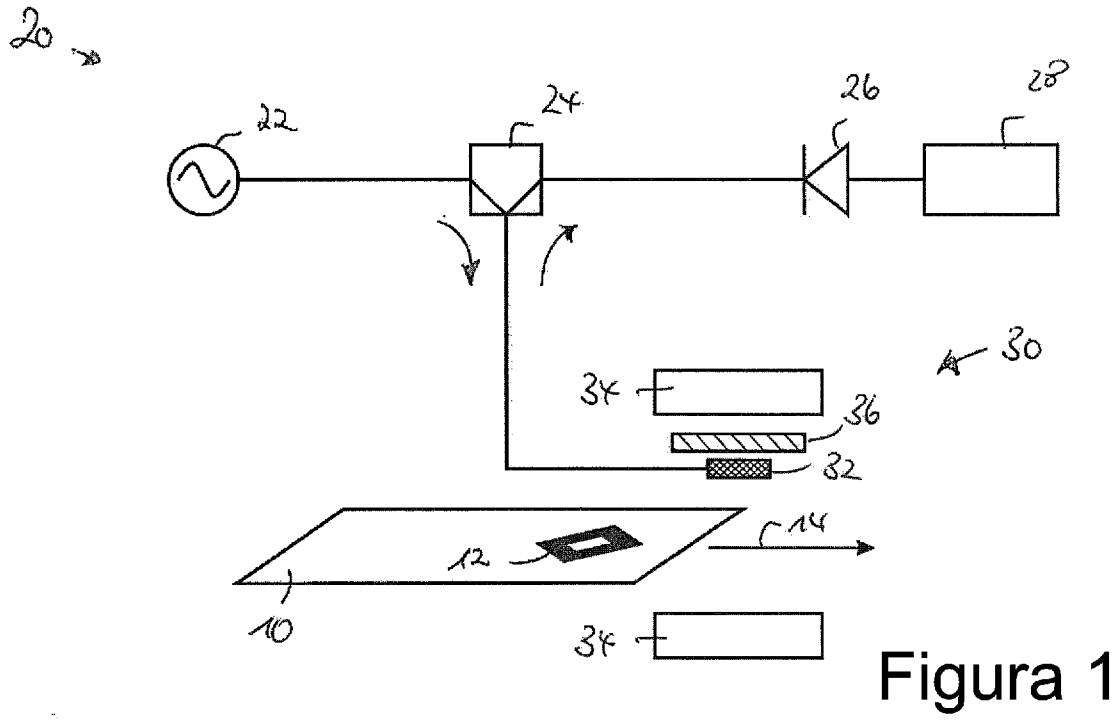
	10	Billete bancario de muestra
5	12	Característica de resonancia de espín
	14	Ruta de transporte
	20	Dispositivo de comprobación
10	22	Fuente de señal
	24	Duplexador
15	26	Detector
	28	Unidad de evaluación
	30	Elemento sensor
20	32	Resonador
	34	Imán de polarización
25	40	Imán permanente
	42	Bobina de rampa
	44	Núcleo magnético
30	46	Entrehierro
	48	Bobina de compensación
35	50, 52	Curvas
	60	Elemento sensor
	62	Elemento de ferrita
40	64	Elemento de chapa electrónica
	70	Elemento sensor
45	72	Elemento de núcleo en polvo
	74	Material sólido de hierro blando

REIVINDICACIONES

1. Elemento sensor (30, 60, 70) para comprobar un soporte (10) de datos plano, en particular, un billete bancario, con una característica (12) de resonancia de espín, con
5
 - un núcleo magnético (44) con un entrehierro (46), en el que se puede introducir el soporte (10) de datos plano para la comprobación de la autenticidad,
 - un elemento (40) para generar un flujo magnético estático en el entrehierro (46),
 - una bobina (36) de modulación para generar en el entrehierro (46) un campo magnético que varía en el tiempo, y
 - un resonador (32) para excitar la característica (12) de resonancia de espín del soporte (10) de datos por comprobar y registrar la respuesta de señal de la característica (12) de resonancia de espín,
 - una unidad de evaluación, que está configurada para generar un resultado de comprobación sobre la base de la respuesta de señal registrada de la característica de resonancia de espín, en donde el núcleo magnético (44) está formado al menos parcialmente por un material (62, 64, 72) magnético amortiguador de corrientes de Foucault y, como material magnético amortiguador de corrientes de Foucault, comprende un polvo compuesto por granos magnéticos blandos eléctricamente aislados entre sí, y
 - 20 en donde el elemento (40) para generar un flujo magnético estático comprende al menos un imán permanente.
2. Elemento sensor (30, 60, 70) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el núcleo magnético (44) comprende, como material magnético amortiguador de corrientes de Foucault, un paquete de láminas compuesto por un material magnético blando, en particular, a base de una aleación de SiFe, una aleación de NiFe, una aleación de CoFe, una aleación de AlFe o un vidrio metálico.
25
3. Elemento sensor (30, 60, 70) según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** el núcleo magnético (44) comprende, como material magnético amortiguador de corrientes de Foucault, una ferrita (62), en particular, a base de MnZn o NiZn.
30
4. Elemento sensor (30, 60, 70) según al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el núcleo magnético (44) comprende, además del al menos un material magnético amortiguador de corrientes de Foucault, un material macizo de alta permeabilidad y una alta densidad de flujo de saturación, en particular, hierro blando.
35
5. Elemento sensor (30, 60, 70) según al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el núcleo magnético (44) está formado por un material magnético amortiguador de corrientes de Foucault en al menos una, preferiblemente, en dos zonas adyacentes al entrehierro (46).
40
6. Elemento sensor (30, 60, 70) según al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la bobina (36) de modulación está dispuesta en el entrehierro (46) del núcleo magnético (44).
7. Elemento sensor (30, 60, 70) según al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la bobina (36) de modulación está enrollada alrededor de una zona del núcleo magnético (44) con material magnético amortiguador de corrientes de Foucault, en particular, alrededor de una zona con dicho material magnético de ferrita o material magnético en polvo.
45
8. Elemento sensor (30, 60, 70) según al menos una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** el resonador (32) está dispuesto en el entrehierro (46) del núcleo magnético (44).
50
9. Elemento sensor (30, 60, 70) según al menos una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** el elemento sensor (30, 60, 70) presenta una bobina (42) de rampa para generar en el entrehierro (46) un campo magnético que varía lentamente en el tiempo con respecto al campo de modulación, la cual está enrollada preferiblemente alrededor de un núcleo magnético (44), en particular, una zona del núcleo magnético (44) amortiguadora de corrientes de Foucault.
55
10. Elemento sensor (30, 60, 70) según al menos una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** la bobina (36) de modulación está diseñada para generar en el entrehierro (46) un campo magnético que varía con una frecuencia de entre aprox. 1 kHz y aprox. 1 Mhz, y/o por que la bobina de rampa está diseñada para generar en el entrehierro (46) un campo magnético que varía con una frecuencia por debajo de aprox. 1 kHz, y/o por que el resonador (32) está diseñado para excitar y registrar señales de resonancia de espín con una frecuencia de entre aprox. 1 MHz y 100 GHz.
60
11. Dispositivo (20) de comprobación para comprobar la autenticidad de soportes de datos planos, en particular, billetes bancarios, con un elemento sensor (30) según una de las reivindicaciones 1 a 10 y con un dispositivo
65

de transporte que introduce los soportes (10) de datos planos por comprobar a lo largo de una trayectoria de transporte en el entrehierro (46) del núcleo magnético (44) o los guía a través del entrehierro (46) del núcleo magnético (44).

- 5 12. Uso de un elemento sensor según una de las reivindicaciones 1 a 10 para comprobar la autenticidad de un soporte (10) de datos plano con característica (12) de resonancia de espín.



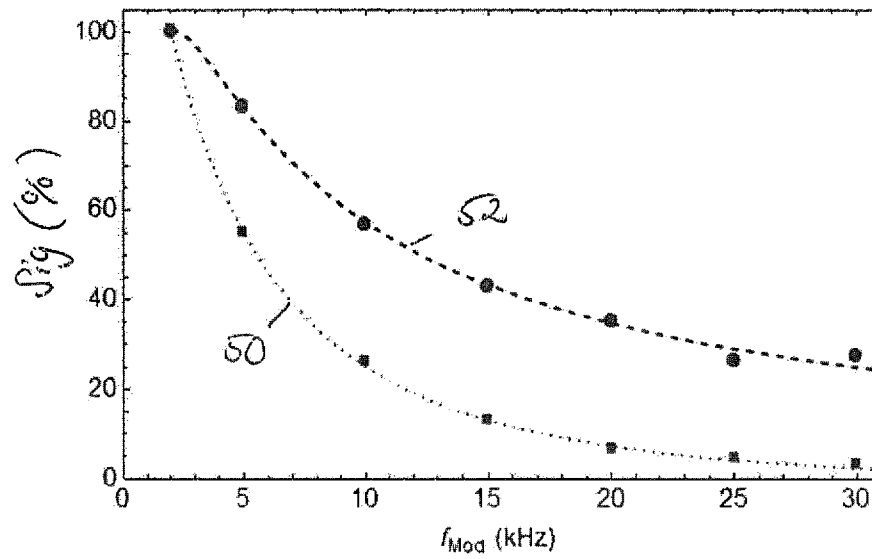


Figura 3

60 →

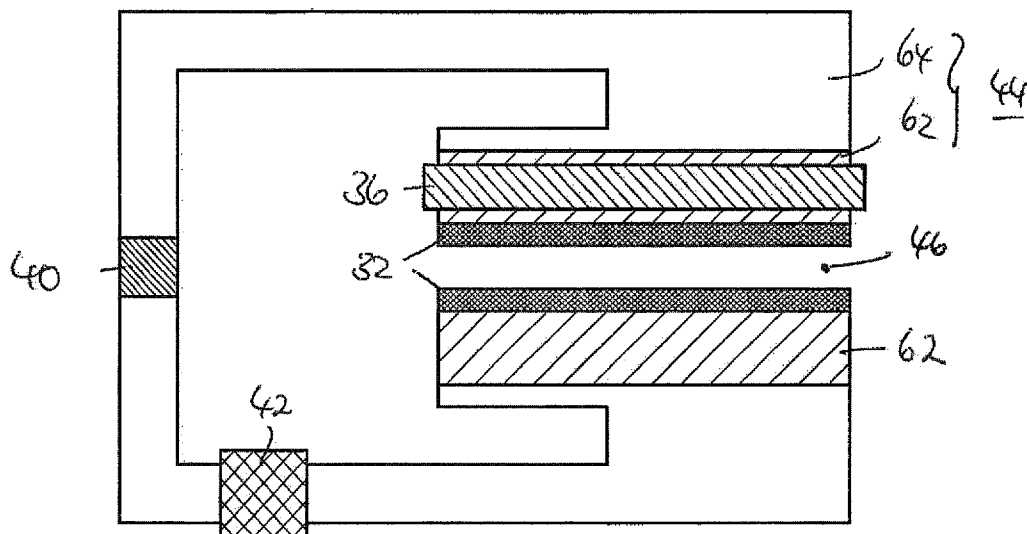


Figura 4

$I_0 \rightarrow$

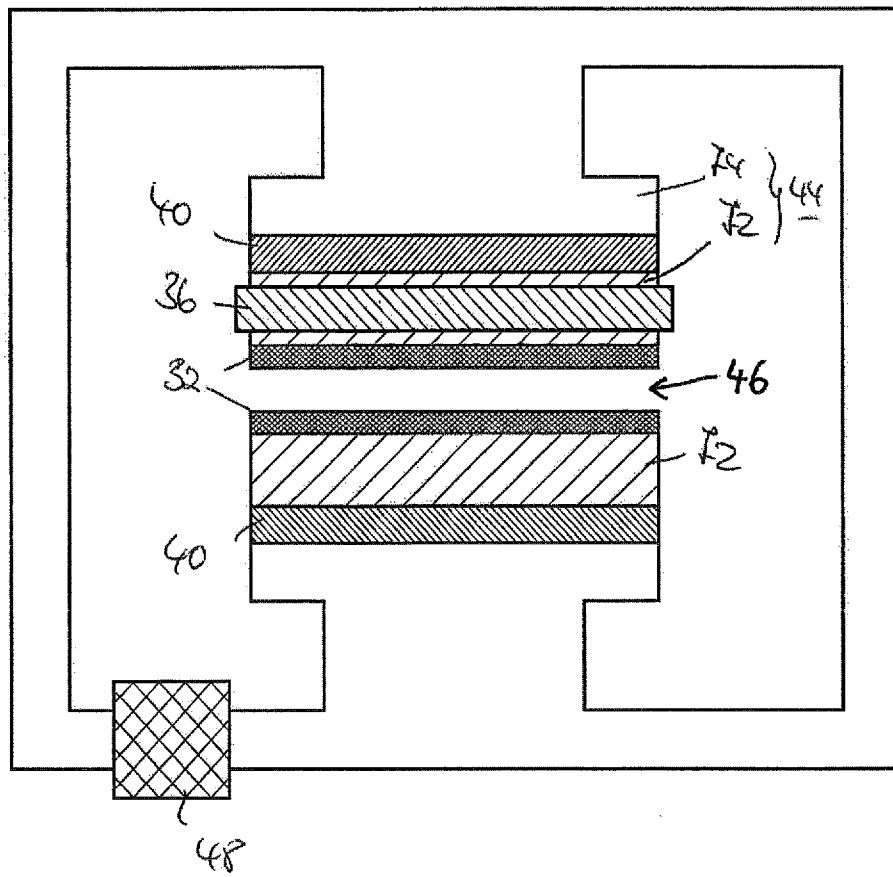


Figura 5