

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 781**

51 Int. Cl.:

G01D 5/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.01.2012 E 12152572 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2016 EP 2515086**

54 Título: **Dispositivo de medición de la posición así como escala**

30 Prioridad:

20.04.2011 DE 102011007756

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

26.04.2016

73 Titular/es:

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH (100.0%)
Dr. Johannes-Heidenhain-Strasse 5
83301 Traunreut, DE**

72 Inventor/es:

**FRANK, ALEXANDER;
TIEMANN, MARC OLIVER y
HEUMANN, MARTIN, DR.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 567 781 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de medición de la posición así como escala

La presente invención de refiere a una escala con una división explorable por inducción así como a un dispositivo de medición de la posición con esta escala.

5 Los dispositivos de medición de la posición, que trabajan de acuerdo con el procedimiento de medición inductiva, presentan una escala, que posee una división explorable por inducción. La división está constituida por una
10 secuencia de elementos de división conductores de electricidad, distanciados unos de los otros. La división explorada en el modo de medición por una unidad de exploración, que presenta un arrollamiento de excitación y un arrollamiento de exploración. Estos arrollamientos están colocados con preferencia planos sobre una placa de
15 circuito impreso. Una corriente de excitación impresa en el arrollamiento de excitación genera un campo de excitación electromagnético alterno en el tiempo, que está influenciado a través de la disposición de los elementos de división en función de la posición, con lo que se induce en el arrollamiento de exploración una señal de exploración dependiente de la posición.

15 Las escalas explorables por inducción y los dispositivos de medición de la posición que trabajan por inducción tienen la ventaja de que son relativamente insensibles frente a contaminaciones. Son especialmente insensibles frente a líquidos como agua y aceites en el espacio entre la escala y la unidad de exploración, por lo que son especialmente adecuados para la medición de ángulos y de longitudes en máquinas herramientas.

20 En los documentos EP 0 743 506 A2, US 6.545.461 B1 y EP 1 164 358 A1 se describe una escala explorable por inducción y un dispositivo de medición de la posición por inducción. Se explica que los elementos de división están constituidos de un material con alta conductividad eléctrica y están colocados sobre un material de placa de circuito impreso, por ejemplo FR4. El material de placa de circuito impreso es adecuado, en virtud de su aislamiento eléctrico, especialmente como soporte para los elementos de división. En virtud de los inconvenientes mecánicos del material de placa de circuito impreso se propone en el documento EP 0 743 508 A2 aplicar los elementos de división directamente sobre un sustrato de acero o un sustrato de aleación de hierro y níquel, es decir, sobre un material
25 conductor de electricidad, para mejorar la estabilidad mecánica.

30 Como condición para la utilización de un soporte metálico se indica en el documento EP 0 743 508 A2 que la conductividad eléctrica del material del soporte solamente debe ser mucho menor que la conductividad eléctrica del material de los elementos de división. Pero en la práctica se ha comprobado que en el caso de utilización de acero habitual como soporte, las señales de exploración son relativamente bajas, por lo que en la práctica solamente se han impuesto escalas explorables por inducción, en las que los elementos de división están colocados sobre un soporte aislante eléctrico, en particular material de placa de circuito impreso. Pero tal escala es difícil de fabricar en longitudes grandes y en virtud del material de las placas de circuito impreso no es resistente contra influencias del medio ambiente.

35 Por lo tanto, el cometido de la presente invención es indicar una escala explorable por inducción, que se puede fabricar fácilmente también en longitudes relativamente grandes, es insensible frente a las influencias del medio ambiente y se puede evaluar bien durante la exploración inductiva, es decir, que genera señales de exploración altas.

Este cometido se soluciona de acuerdo con la invención por medio de una escala con las características de la reivindicación 1.

40 La escala configurada de acuerdo con la invención presenta al menos una división explorable por inducción, que se extiende en la dirección de medición, que está constituida por una secuencia, dispuesta en la dirección de medición, de elementos de división conductores de electricidad, distanciados unos de los otros. Los elementos de división están configurados de tal forma que pueden configurar, respectivamente, en un elemento de división unas corrientes parásitas, que durante la exploración actúan en contra de un efecto de excitación que parte desde una unidad de exploración. La escala comprende una pila de capas, que está constituida exclusivamente por una secuencia de
45 capas metálicas, de manera que esta secuencia de capas metálicas presenta al menos una capa de soporte y una capa de división que forma los elementos de división. La capa de soporte está dispuesta entre la capa de división y un sustrato metálico y está constituida de un metal ferromagnético, en particular también magnético blando. El sustrato está dimensionado de tal forma que determina de manera decisiva las propiedades mecánicas de la pila de
50 capas, siendo el espesor del sustrato un múltiplo del espesor de la capa de soporte.

Se conoce a partir del documento US 2006/0232268 A1 una escala, que está constituida por una pila de capa, que está constituida por una secuencia de capas metálicas, en la que la pila de capas comprende también una capa de material ferromagnético. Pero los elementos de división de esta escala están presentes en una capa común en forma de una magnetización, de manera que no es adecuada para exploración inductiva.

55 Una estructura similar se encuentra en el documento US 3.685.029, en el que se publica aquí la utilización como

acumulador magnético. La capa de registro no es adecuada para la exploración inductiva.

Con preferencia, de acuerdo con la invención, el material de la capa es un metal ferromagnético con una permeabilidad μ_r mayor que 100, en particular es ventajosa la utilización de un metal con una permeabilidad μ_r mayor que 1000. Materiales ferromagnéticos adecuados son especialmente metales-Mu, que son aleaciones de hierro y níquel magnéticos blandos con una porción de níquel de aproximadamente 70-80%. Los metales-Mu son distribuidos bajos el nombre comercial Mumetall. En lugar de aleaciones de hierro y níquel pueden encontrar aplicación también otras aleaciones o también aceros ferríticos con una permeabilidad relativamente alta, en particular mayor que 100.

En la invención se aprovecha el hecho de que durante la exploración inductiva se generan campos alternos y para la eficiencia de una escala no sólo es significativa la conductividad eléctrica de la capa de soporte, sobre la que están colocados los elementos de división. De la misma manera es significativa la permeabilidad del material utilizado como capa de soporte. En la invención, se aprovecha la profundidad de penetración de corrientes parásitas dependiente de la frecuencia de la permeabiliza del material utilizado. Sobre todo en el caso de materiales de alta permeabilidad, la profundidad de penetración es, en efecto, especialmente pequeña. Cuanto menos es la profundidad de penetración, tanto más alta es la resistencia efectiva para corrientes parásitas. De esta manera se pueden suprimir las corrientes parásitas perturbadoras, que se configuran desde un elemento de división hacia un elemento de división dispuesto adyacente al mismo. En el caso de utilización de metales ferromagnéticos de alta permeabilidad, la conductividad eléctrica del metal juega un papel secundario.

La permeabilidad de la capa de soporte es más alta que la permeabilidad del sustrato.

Como sustrato se utiliza con preferencia un acero noble. Para que el sustrato determine de manera decisiva las propiedades mecánicas de toda la pila de capas y, por lo tanto, de la escala, el espesor del sustrato es un múltiplo del espesor de la capa de soporte, en particular el espesor del sustrato es más de 5 a 20 veces el espesor de la capa de soporte.

A través de la previsión de un sustrato relativamente grueso para la secuencia de capas formada por la capa de soporte y la capa de división, se imprime en el compuesto formado por todas las capas la propiedad mecánica del sustrato. A través de esta medida se pueden emplear para la capa de soporte materiales con permeabilidad muy alta, que pueden ser entonces también relativamente blandos y mecánicamente inestables.

Los materiales y las relaciones de espesor se seleccionan con preferencia de tal forma que la pila de capas y, por lo tanto, la escala tienen un coeficiente de dilatación térmica resultante que se desvía sólo de forma no esencial del coeficiente de dilatación térmica del sustrato, en particular sólo en torno a un valor de máximo $\pm 1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$. Con preferencia, el sustrato tiene un coeficiente de dilatación térmica de aproximadamente $10 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ y, por lo tanto, la escala tiene un coeficiente de dilatación térmica resultante de aproximadamente $9 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ a $11 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$.

En una configuración preferida, sobre un lado del sustrato está prevista la secuencia de capas formada por la capa de soporte y la capa de división y sobre el otro lado del sustrato está prevista una capa de compensación, que se opone a una curvatura de la pila de capas provocada por el efecto bimetalico. Esta capa de compensación está constituida con preferencia del mismo metal que la capa de soporte, en particular también de un metal ferromagnético, que presenta especialmente una permeabilidad μ_r mayor que 100, con preferencia mayor que 1000.

Se obtiene una unión especialmente íntima y estable de las capas de la pila de capas cuando éstas están unidas entre sí por medio de plaqueado por laminación, en particular plaqueado por laminación en frío.

Una escala de este tipo se puede emplear para dispositivos de medición de la posición en forma de dispositivos de medición de ángulos y dispositivos de medición de la longitud. Puesto que una escala constituida de esta manera se puede fabricar fácilmente también en forma de cinta, es especialmente adecuada para dispositivos de medición de longitudes grandes. Una escala constituida de acuerdo con la invención en forma de cintase puede emplear también de manera ventajosa en dispositivos de medición de ángulos, cuando se coloca, por ejemplo, sobre la periferia interior o la periferia exterior de un tambor. Para la aplicación adhesiva de la escala configurada de acuerdo con la invención, la pila de capas puede estar completada sobre el lado inferior por un adhesivo, en particular una cinta adhesiva, que puede estar configurada para la buena manipulación como cinta adhesiva bilateral.

Además, con la invención debe indicarse un dispositivo de medición de la posición, que es relativamente insensible contra las influencias del medio ambiente y que genera señales de exploración bien evaluables.

Tal dispositivo de medición de la posición se indica en la reivindicación 11. De acuerdo con ello, el dispositivo de medición de la posición presenta una escala con una división explorable por inducción que se extiende en la dirección de medición, que está constituida por una secuencia dispuesta en la dirección de medición de elementos de división distanciados unos de los otros. Esta escala comprende una pila de capas, que está constituida exclusivamente por una secuencia de capas metálicas, presentando esta secuencia de capas metálicas al menos una capa de soporte y una capa de división que forma los elementos de división. La capa de soporte está dispuesta

entre la capa de división y un sustrato metálico y es un metal ferromagnético. La permeabilidad de la capa de soporte es más alta que la permeabilidad del sustrato, el material de la capa de soporte presenta especialmente una permeabilidad μ_r mayor que 100, con preferencia mayor que 1000. El sustrato está dimensionado de tal forma que determina de manera decisiva las propiedades mecánicas de la pila de capas. El dispositivo de medición de la posición comprende, además, una unidad de exploración para la exploración de los elementos de división de la escala, en el que la unidad de exploración presenta una unidad de excitación para la generación de un campo alterno electromagnético y una unidad de detección para la detección del campo alterno electromagnético modulado en función de la posición de los elementos de división.

La unidad de excitación está formada con preferencia por al menos un arrollamiento de excitación plano y la unidad de detección está formada por al menos un arrollamiento de exploración plano.

En una configuración especialmente ventajosa, sobre un lado del sustrato está prevista la secuencia de capas formada por la capa de soporte y la capa de división, sobre el otro lado del sustrato está prevista al menos una capa de compensación, que está constituida con preferencia del mismo material que la capa de soporte y es un metal ferromagnético. La unidad de exploración presenta un blindaje, en el que el blindaje está configurado de tal forma que éste configura un circuito magnético con la capa de compensación. A tal fin, la permeabilidad μ_r del metal de la capa de compensación es especialmente mayor que 100, con preferencia mayor que 1000.

Todas las indicaciones sobre la permeabilidad se refieren al funcionamiento del dispositivo de medición de la posición, es decir, con una frecuencia de la corriente de excitación mayor que 1MHz.

Las ventajas así como detalles de la presente invención se deducen a partir de la descripción siguiente de ejemplos de realización con la ayuda de las figuras adjuntas. En este caso:

La figura 1 muestra una vista en perspectiva de un dispositivo de medición de la posición por inducción.

La figura 2 muestra la escala del dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la figura 1.

La figura 3a muestra una primera etapa del procedimiento para la fabricación de la escala.

La figura 3b muestra una segunda etapa del procedimiento para la fabricación de la escala.

La figura 4 muestra otra configuración de una escala de acuerdo con la invención, y

La figura 5 muestra un dispositivo de medición de la posición con la escala representada en la figura 4.

En la figura 1 se representa en una vista en perspectiva la estructura de principio de un dispositivo de medición de la posición con una escala 1 configurada de acuerdo con la invención. La escala 1 presenta una división, que es explorable por una unidad de exploración 2 opuesta a ella a poca distancia. Para la medición de la posición en la dirección de medición X, se lleva a cabo un movimiento relativo entre la escala 1 y la unidad de exploración 2. La división está constituida por una secuencia periódica de elementos de división 12 conductores de electricidad distanciados unos de los otros en la dirección de medición X. En el ejemplo de realización representado, los elementos de división 12 son planos y están configurados de forma rectangular, pero los elementos de división pueden presentar también otras formas, por ejemplo redondas o de forma triangular. Además, la forma superficial completa de los elementos de división 12 no es obligatoria, un elemento de división puede estar configurado también como arrollamiento cerrado. Solamente es esencial que en un elemento de división 12 se puedan configurar corrientes parásitas, que actúan contra un campo de excitación que parte desde la unidad de exploración 2.

La unidad de exploración 2 se representa sólo esquemáticamente en la figura 1, para explicar la función de la exploración inductiva en colaboración con la escala 1. La unidad de exploración 2 presenta al menos una unidad de excitación, en particular en forma de un arrollamiento de excitación plano 21, que es alimentado por una unidad de activación 3 con una corriente de excitación, de tal manera que se genera un campo de excitación electromagnético alterno en el tiempo en la zona de los elementos de división 12. Esta corriente de excitación presenta, por ejemplo, una frecuencia de algunos MHz. La acción de excitación 21 está dispuesta en el espacio de tal forma que configura en la secuencia opuesta de los elementos de división 12 un campo electromagnético lo más homogéneo posible.

La unidad de exploración 2 presenta, además, al menos una unidad de detección, en particular en forma de un arrollamiento de exploración plano 22. La forma de realización y la disposición espacial del arrollamiento de excitación 21 son tales que en la zona del arrollamiento de exploración 22 se genera un desarrollo el campo lo más homogéneo posible. El arrollamiento de exploración 22 se encuentra a tal fin dentro del arrollamiento de excitación 21. El campo de excitación generado por el arrollamiento de excitación 21 genera en los elementos de división 12 unas corrientes parásitas, que actúan como campo opuesto contra el campo de excitación. En el arrollamiento de exploración 22 se induce en virtud del campo de excitación asociado al mismo una tensión, que depende de la posición relativa con respecto a los elementos de división 12 conductores de electricidad. Los elementos de división 12 están dispuestos en el espacio en la dirección de medición de tal forma que influyen en el campo de excitación en

función de la posición. La acción de excitación 21 está acoplada inductivamente, por lo tanto, con la acción de exploración 22 en función de la posición relativa de los elementos de división 12 en la dirección de medición. El campo alterno electromagnético es modulado a través de los elementos de división 12 en la dirección de medición X en función de la posición, con lo que se varía también la tensión inducida en el arrollamiento de excitación 22 en función de la posición. La tensión inducida en el al menos un arrollamiento de exploración 22 es alimentada a una unidad de evaluación 4, que a partir de ella forma una señal eléctrica en función de la posición.

Es especialmente ventajosa la disposición del arrollamiento de excitación 21 y del arrollamiento de exploración 22 en forma de bandas de conductores aplicadas sobre un soporte común 23. Como se representa de forma esquemática en la figura 1, estas bandas de conductores están dispuestas sobre el lado del soporte 23, que está opuesta a la secuencia de los elementos de división 12 a poca distancia de exploración. El soporte 23 puede estar configurado, por ejemplo, como placa de circuito impreso. En este caso, los elementos de división 12 de la escala 1 están dispuestos con preferencia en un plano, que está alineado paralelo al plano, en el que se extienden el arrollamiento de excitación 21 y el arrollamiento de exploración 22.

De una manera no mostrada, normalmente están previstos varios arrollamientos de exploración desfasados entre sí, en la unidad de exploración 2, para generar varias señales de exploración desfasadas entre sí, por ejemplo señales de exploración desfasadas 90° entre sí. Por razones de claridad, esta configuración no se representa en la figura 1.

La escala 1 está formada por una pila de capa 10, que está constituida por un compuesto metálico, es decir, por una secuencia de capas metálica 101, 102, como se representa en detalle en la figura 2. Esta configuración tiene la ventaja especial de que la escala 1 es en la operación de medición especialmente insensible frente a medios ambientales. Las capas 101, 102, 103 de la pila de capas 10 están unidas fijamente entre sí, es decir, que no son desplazables unas con respecto a las otras.

La secuencia de las capas metálicas 101, 102, 103 de la pila de capas 10 presenta al menos una capa de soporte 102, que es un metal ferromagnético. Esta capa es con preferencia magnética blanda. Sobre esta capa de soporte continua 102 está aplicada una capa de división 101, que forma después de la realización de la estructuración los elementos de división 12 de la escala 1 que están distanciados unos de los otros en la dirección de medición X. Como material para estos elementos de división 12 se emplean metales, como por ejemplo cobre, aluminio, plata, oro o aleaciones que contienen estos metales. El material de los elementos de división 12 presenta una conductividad eléctrica alta, pero no es ferromagnético. La permeabilidad μ_r del material de la capa de división 101 y, por lo tanto, de los elementos de división 12 es aproximadamente 1.

La pila de capas 10 comprende, además, un sustrato 103, sobre el que está prevista la secuencia formada por la capa de soporte 102 y la capa de división 101. Este sustrato 103 está dimensionado de tal forma que determina de una manera decisiva las propiedades mecánicas de la pila de capas 10. A tal fin, el espesor del sustrato 103 es un múltiplo, en particular de 5 a 20 veces, del espesor de la capa de soporte 102 así como un múltiplo del espesor de la capa de división 101. Las relaciones del espesor se seleccionan de tal manera que el coeficiente de dilatación térmica de la escala 1 se determina de manera predominante por el sustrato 103.

La permeabilidad de la capa de soporte 102 es más alta que la permeabilidad del sustrato 103. La permeabilidad μ_r del metal de la capa de soporte 102 es lo más alta posible, en particular mayor que 100, de manera más ventajosa mayor que 1000.

Como material para el sustrato 103 se selecciona acero noble inoxidable con alta resistencia a la tracción y alto límite de dilatación $R_{p0,2}$, en particular acero noble inoxidable y endurecible. A través de bonificación se mejoran las propiedades mecánicas, la estabilidad de forma, la flexibilidad y la tenacidad. Si se utiliza un sustrato 103 en forma de cinta, ésta se puede arrollar para el transporte o para el almacenamiento en virtud de la flexibilidad de la cinta, sin que se produzcan deformaciones plásticas. A través de la creación de una unión fija de las capas 102 y 101 con el sustrato 103 se transmiten estas propiedades mecánicas ventajosas sobre toda la pila de capas 10 y, por lo tanto sobre la escala 1.

La capa de soporte 102 dispuestas y continua directamente debajo de los elementos de división 12 de un material con alta permeabilidad tiene la ventaja de que se suprimen al menos en gran medida las corrientes parásitas perturbadoras, que se configuran desde un elemento de división 12 hacia un elemento de división 12 adyacente. Condición previa para ello es que el espesor de la capa de soporte 102 se selecciona suficientemente grande en función del material seleccionado. El espesor debe ser un múltiplo, por ejemplo 5 veces, la profundidad de penetración δ de las corrientes de interferencia:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \sigma}}$$

con

δ = profundidad de penetración

(profundidad, a la que cae la corriente sobre aproximadamente el 37 % del valor de la superficie)

σ = resistencia eléctrica específica del material

5 f = frecuencia

μ_0 = constante de permeabilidad del vacío

μ_r = índice de permeabilidad relativa del material

Si se emplea, por ejemplo, como capa de soporte 102 un llamado metal-Mu, es decir, por ejemplo una aleación de NiFe con aproximadamente 80 % de Ni, se aplican las siguientes reglas de dimensionado:

10 Permeabilidad $\mu_r = 5000$

Resistencia eléctrica específica: $0,55 \mu\Omega\text{m}$

Zona de frecuencia relevante: 1 MHz a 10 MHz (frecuencias ejemplares)

En función de la profundidad de penetración δ calculada a partir de ello resulta un espesor óptimo de la capa de soporte 102:

15 Profundidad de penetración δ a 1 MHz = $5,3 \mu\text{m}$

=> espesor óptimo $\approx 27 \mu\text{m}$ (5 veces la profundidad de penetración δ)

Profundidad de penetración δ a 10 MHz = $1,7 \mu\text{m}$

=> espesor óptimo $\approx 9 \mu\text{m}$ (5 veces la profundidad de penetración δ)

20 Con un espesor de la capa de soporte 102 de aproximadamente $15 \mu\text{m}$ se utiliza un sustrato 103 con un espesor de $74 \mu\text{m}$ a $300 \mu\text{m}$.

En una escala 1 en forma de cinta fabricada sencilla – en particular a través de plaquado por laminación –, que es también bien manipulable, el espesor de la capa de soporte 102 es como máximo $50 \mu\text{m}$. El espesor total de la pila de capas 10 es inferior a $1000 \mu\text{m}$.

25 Puesto que el índice de permeabilidad relativa μ_r del material de la capa de soporte 102 con valores altos es a este respecto la variable determinante, la magnitud de la conductividad eléctrica de la capa de soporte 102 es de rango secundario. La profundidad de penetración δ es especialmente reducida en un material con alta permeabilidad y el material forma una resistencia alta para las corrientes parásitas. La capa de soporte metálica 102 es, por lo tanto, una resistencia activa para las corrientes parásitas entre la capa de división 101 y el sustrato 103. Como consecuencia, las corrientes parásitas permanecen en su mayor parte en los elementos de división 12 de la escala 1. No existe ya una conexión conductora de electricidad perturbadora entre los elementos de división 12 dispuestos en la dirección de medición X entre sí para las corrientes parásitas de alta frecuencia.

35 La disposición de la capa de soporte 102 entre la capa de división 101 y el sustrato 103 tiene la ventaja de que durante la selección del material para la capa de soporte 102 se pueden tener en cuenta con prioridad las propiedades magnéticas. Las propiedades mecánicas de la capa de soporte 102 son de rango secundario, puesto que las propiedades mecánicas de la pila de capas 10 son determinadas con prioridad por el sustrato 103. Si se utiliza, por ejemplo, un sustrato 103 en forma de cinta, se puede arrollar la escala 1 para el transporte o para el almacenamiento en virtud de la flexibilidad del sustrato 103 en forma de cinta, sin que se produzcan deformaciones plásticas de la escala 1. La utilización de un sustrato 103 que determina las propiedades mecánicas de la escala 1 tiene ahora la ventaja de que para la capa de soporte 102 se pueden emplear materiales con permeabilidad muy alta. Estos materiales tienen, en efecto, en general, el inconveniente de que son relativamente blandos y son fácilmente deformables plásticamente.

45 Las capas 101, 102, 103 de la pila de capas 10 están unidas entre sí íntimamente de forma inamovible a través de contacto superficial, de manera que la pila de capas 10 es manipulable como escala 1. Un procedimiento especialmente ventajoso para la fabricación es el plaquado por laminación, con el que se unen las capas 101, 102, 103 de la pila de capas 10 entre sí de forma inamovible. Como procedimiento de plaquado por laminación se puede utilizar el procedimiento de laminación en caliente o el procedimiento de laminación en frío. Como resultado se obtiene una capa de división 101 adherente de forma óptima sobre la capa de soporte 102. Además, se obtiene una

unión superficial íntima entre el sustrato 103 y la capa de soporte 102. Esta unión íntima garantiza que predominen las propiedades mecánicas del sustrato 103 y se transmitan sobre las otras capas 101, 102 de la pila de capas 10, en particular la flexibilidad y las propiedades de dilatación térmica. El plaqueado en frío tiene la ventaja de que se pueden fabricar con facilidad especialmente escalas 1 largas sobre varios metros, fabricando la pila de capas 10 a partir de cintas metálicas.

Para la formación de la pila de capas 10 es especialmente adecuado el plaqueado por laminación en frío. Consiste en un proceso de transformación, en el que la capas 101, 102, 103 limpias y, dado el caso, pretratadas en forma de cintas metálicas son laminadas en común en el estado frío, es decir, por debajo de la temperatura de recristalización. En virtud de las presiones grandes que aparecen en este caso se consiguen, por una parte, reducciones del espesor de 30 a 60 % y, por otra parte, se crea una unión fija inseparable entre las capas 101, 102, 103 inseparables. Esta unión íntima resulta a partir de fuerzas de adhesión, zunchados mecánicos de las superficies y adhesiones metálicas.

En la figura 3a se representa de forma esquemática el procedimiento de plaqueado por laminación en frío para la fabricación de la pila de capas 10. El sustrato 103, la capa de soporte 102 y la capa de división 101 están presentes en forma de cinta y son conducidos en común a un dispositivo de laminación 5, en el que éstos son unidos entre sí a alta presión.

Después del proceso de laminación propiamente dicho se conecta un tratamiento de recocido, llamado también recocido de difusión o recocido de adhesión. Durante este tratamiento térmico se lleva a cabo, por una parte, una recristalización del material y, por otra parte, en las zonas de unión de las capas individuales 101, 102, 103 otra fijación de la unión. En la figura 3b se representa de forma esquemática un tratamiento de recocido de este tipo de la pila de capas laminada 10. La pila de capas 10 se conduce en este caso a través de un dispositivo de recocido 6, en el que se expone la pila de capas a una alta temperatura T. Con preferencia sigue al menos otro tratamiento de recocido. Si se selecciona acero como sustrato 103, entonces se puede endurecer este acero en otro tratamiento de recocido. Por lo tanto, un tratamiento de recocido puede servir para optimizar las propiedades magnéticas, como por ejemplo la permeabilidad de la capa de soporte 102.

En caso necesario, se pueden realizar varios procesos de laminación y de recocido de manera sucesiva, para alcanzar los parámetros deseados de la pila de capas 10.

La pila de capas 10 formada de esta manera se puede procesar a continuación como compuesto. Cuando es necesario, se puede realizar un tratamiento superficial y se puede llevar el compuesto, por ejemplo, a través de corte a medida, a las dimensiones necesarias. Los elementos de división 12 se forman por procedimientos de estructuración conocidos, como por ejemplo un proceso de decapado fotoquímico, a partir de la capa de división 101.

A continuación se explica otra configuración de una escala 1.1. Para la reducción de flexiones térmicas de la escala 1.1 es especialmente ventajosa una estructura simétrica de las capas de la pila de capas 10.1. Un ejemplo de ello se representa en la figura 4. En este caso, sobre el lado trasero del sustrato 103 se aplica una capa de compensación 104, que debe evitar una flexión del sustrato 103, provocada por el recubrimiento unilateral con la capa de soporte 102 y la capa de división 101. En particular, de esta manera se impide o bien se evita al menos en gran medida una curvatura iniciada a través de la capa de soporte 102, provocada a través del efecto bimetalico. De manera ventajosa, con esta finalidad, también la capa de compensación 104 aplicada sobre el lado trasero del sustrato 103 está constituida del mismo material que la capa de soporte 102. El espesor de la capa de compensación 104 se selecciona para que se evite una curvatura del sustrato 103. Las relaciones de espesor se seleccionan también aquí con preferencia de tal manera que las propiedades mecánicas y el coeficiente de dilatación térmica de la escala 1.1 son determinados de forma predominante por el sustrato 103.

Es especialmente ventajoso que la pila de capas 10.1, que está constituida por la capa de división 101, la capa de soporte 102, el sustrato 103 y la capa de compensación 104, sea unida conjuntamente de nuevo en común por un procedimiento de laminación, en particular el procedimiento de laminación en frío, para formar una unión íntima.

Como se representa en la figura 5, la capa de compensación 104 sobre el lado trasero del sustrato 103 se puede utilizar adicionalmente para blindar el dispositivo de medición de la posición frente a campos perturbadores magnéticos externos. Alrededor de la unidad de exploración 2 se dispone a tal fin un blindaje magnético 7, que está guiado hasta la proximidad de la capa de compensación 104. El blindaje 7 está constituido de un material conductor de flujo, en particular también material magnético blando, de manera que junto con la capa de compensación 104 se configura un circuito magnético 8 al menos en gran medida cerrado. El blindaje 7 rodea la unidad de exploración y la escala 1.1 en forma de U en tres lados. El blindaje 7 se extiende sobre la capa de soporte ferromagnética 102 y llega al menos en gran medida hasta la capa de compensación 104.

Si esto fuera necesario para determinadas aplicaciones, entonces se puede proteger la escala 1 o bien 1.1 adicionalmente contra influencias del medio ambiente, siendo provisto al menos el lado superior de la escala 1 o bien 1.1 con una capa de protección. Esta capa de protección puede ser una capa de laca, un recubrimiento de

polvo, una capa-DLC o una capa metálica.

- 5 La invención se explica de forma ejemplar con la ayuda de una escala incremental 1 o bien 1.1 de una vía. La invención se puede realizar también en escalas incrementales de varias vías así como en escalas absolutas. Una escala absoluta puede estar realizada en este caso de una vía en forma de un llamado código-PRC o código de cadenas, como código de varias vías con varias vías incrementales dispuestas adyacentes entre sí de diferente periodo de división, por ejemplo en forma de un código-Gray o por decirlo así como sistema-Vernier con varias vías incrementales dispuestas adyacentes entre sí con periodos de división sólo insignificanamente diferentes.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Escala con una división explorable por inducción, que está constituida por una secuencia dispuesta en la dirección de medición (X) de elementos de división (12) conductores de electricidad, distanciados unos de los otros, que están configurados de tal forma que se pueden configurar, respectivamente, corrientes parásitas en un elemento de división (12), las cuales actúan durante la exploración contra un campo de excitación que parte desde una unidad de exploración (2), en la que la escala (1, 1.1) comprende una pila de capas (10, 10.1), que está constituida por una secuencia de capas metálicas (101, 102, 103, 104), y de tal forma que esta secuencia de capas metálicas (101, 102, 103, 104) presenta al menos una capa de soporte (102) y una capa de división (101) que forma los elementos de división (12), en la que la capa de soporte (102) está dispuesta entre la capa de división (101) y un sustrato metálico (103), en la que el sustrato (103) está dimensionado de tal forma que determina de manera decisiva las propiedades mecánicas de la pila de capas (10, 10.1), siendo el espesor del sustrato (103) un múltiplo del espesor de la capa de soporte (102), y de tal manera que la capa de soporte (102) es un metal ferromagnético.
- 15 2. Escala de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la permeabilidad de la capa de soporte (102) es mayor que la permeabilidad del sustrato (103).
- 3.- Escala de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en la que el material de la capa de soporte (102) es un metal magnético blando.
- 4.- Escala de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que el material de la capa de soporte (102) es un metal con permeabilidad μ_r mayor que 100, en particular mayor que 1000.
- 20 5.- Escala de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que el material de la capa de división (101) presenta una permeabilidad μ_r de aproximadamente 1, en particular contiene al menos uno de los metales cobre, aluminio, oro o plata.
- 6.- Escala de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que el sustrato (103) está constituido de acero noble.
- 25 7.- Escala de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que sobre un lado del sustrato (103) está prevista la secuencia de capas formada por la capa de soporte (102) y la capa de división (101), y porque sobre el otro lado del sustrato (103) está prevista al menos una capa de compensación (104), que contrarresta una flexión de la pila de capas (10, 10.1) provocada a través del efecto bimetalico.
- 30 8.- Escala de acuerdo con la reivindicación 7, en la que la capa de compensación (104) está constituida de un metal ferromagnético.
- 9.- Escala de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que las capas (101, 102, 103, 104) de la pila de capas (10.1) están unidas entre sí por medio de plaquado por laminación.
- 10.- Escala de acuerdo con la reivindicación 9, en la que las capas (101, 102, 103, 104) de la pila de capas (10, 10.1) están unidas entre sí por medio de plaquado por laminación en frío.
- 35 11.- Dispositivo de medición de la posición con una escala (1, 1.1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores y con una unidad de exploración (2) para la exploración de los elementos de división (12) de la escala (1), en el que la unidad de exploración (2) presenta una unidad de excitación (21) para la generación de un campo alterno electromagnético y una unidad de detección (22) para la detección del campo alterno electromagnético modulado en función de la posición de los elementos de división (12).
- 40 12.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la unidad de excitación está formada por al menos un arrollamiento de excitación plano (21) y la unidad de detección está formada por al menos un arrollamiento de exploración plano (22).
- 45 13.- Dispositivo de medición de la posición de acuerdo con la reivindicación 11 ó 12, en el que sobre un lado del sustrato (103) está prevista la secuencia de capas formada por la capa de soporte (102) y la capa de división (101), sobre el otro lado del sustrato (103) está prevista al menos una capa de compensación (104) de material ferromagnético, y la unidad de exploración (2) presenta un blindaje (7), en el que el blindaje (7) está configurado de tal forma que éste configura un circuito magnético (8) con la capa de compensación (104).

FIG. 1

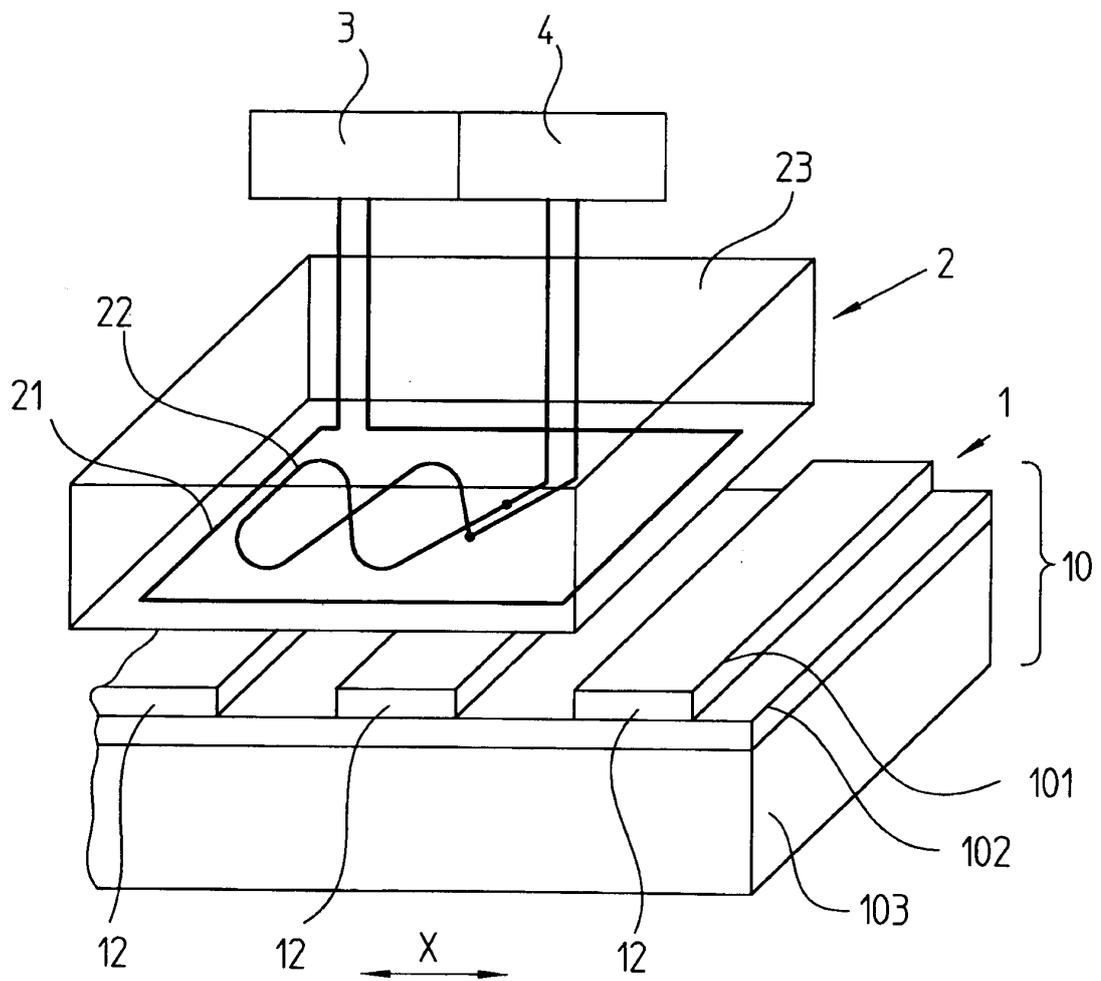


FIG. 2

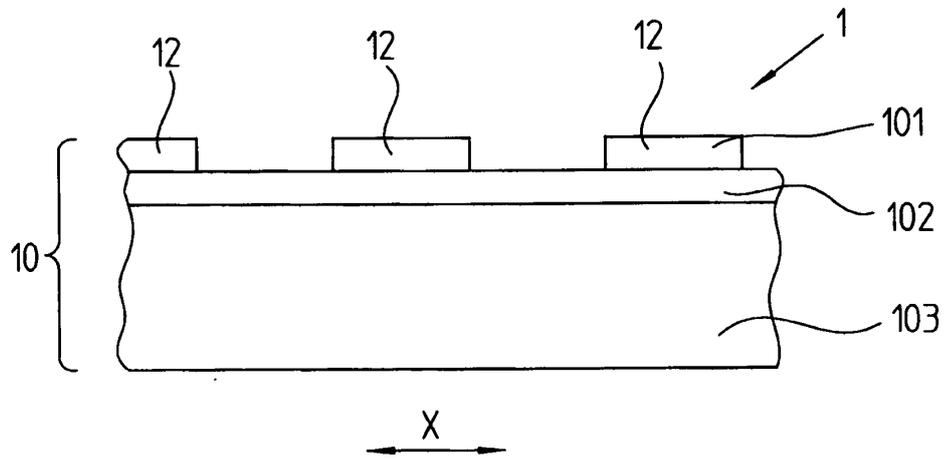


FIG. 4

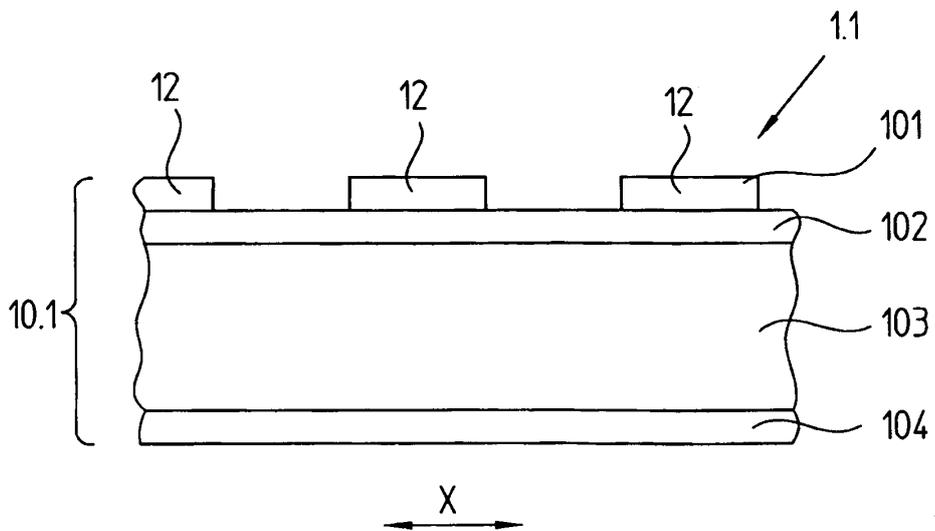


FIG. 3a

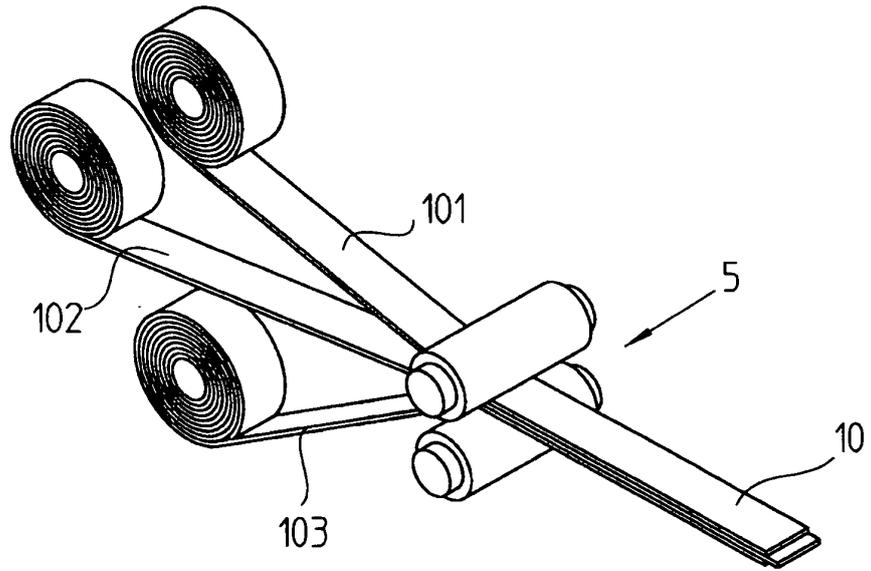


FIG. 3b

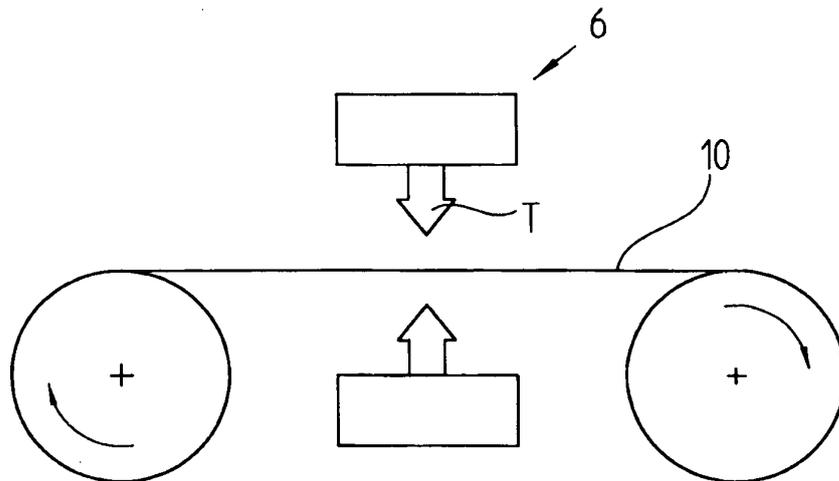


FIG. 5

