

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 581**

51 Int. Cl.:

**G01B 21/08** (2006.01)

**G01B 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2011** **E 11162540 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016** **EP 2381217**

54 Título: **Sonda de medición para la medición no destructiva del espesor de capas delgadas**

30 Prioridad:

**23.04.2010 DE 202010006061 U**

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

**03.04.2017**

73 Titular/es:

**HELMUT FISCHER GMBH INSTITUT FÜR  
ELEKTRONIK UND MESSTECHNIK (100.0%)  
Industriestrasse 21  
71069 Sindelfingen, DE**

72 Inventor/es:

**FISCHER, HELMUT**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 607 581 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**

Sonda de medición para la medición no destructiva del espesor de capas delgadas

La presente invención se refiere a una sonda de medición para la medición no destructiva del espesor de capas delgadas en espacios huecos de objetos que son accesibles a través de una abertura.

5 Por el documento JP 2004 012167 A se conoce una sonda de medición para la medición no destructiva del espesor de capas delgadas, que presenta una vara de guía cilíndrica, en la que se encuentra apoyado alrededor de un eje de giro un elemento receptor para una sonda de medición. Para la medición del espesor de capas delgadas, en primer lugar, se coloca el elemento de apoyo con su superficie de apoyo curvada sobre la superficie de medición y después se aplica a las sondas de medición a través de un movimiento de rotación sobre la superficie de medición.

10 Por el documento GB 952 106 A se conoce un dispositivo para la medición del espesor de pared de tubos. A este respecto, a través de una vara de medición se recoge un elemento de acoplamiento, que presenta un soporte alargado, así como respectivamente en el extremo del soporte alargado dos elementos de apoyo en forma de V, de tal manera que se forma un alojamiento prismático para montar el dispositivo de medición en el tubo. Entre los elementos de apoyo se encuentra dispuesta una sonda de medición.

15 Por el documento US 2005/0041097 A1 se conoce un vídeooscopio con un sensor y un detector de imagen.

Por el documento US 2010/0097057 A1 se conoce un aparato de medición, al que se pueden conectar varias sondas de medición, en donde las sondas de medición consisten en una conexión en el aparato de medición y en el lado opuesto un cabezal de medición, en donde en el espacio intermedio está prevista una línea de conexión flexible.

20 Por el documento JP 2003 014444 A se conoce una sonda de medición para la medición de espesores de capa en tubos. La sonda de medición se encuentra dispuesta en una vara introducible dentro del tubo que he mediante la aplicación de una presión en sus respectivos extremos adopta una forma curvada, de tal manera que la sonda de medición se pega al lado interior del tubo.

25 Por el documento DE 10 2005 054 593 A1 se conoce por ejemplo una sonda de medición para la medición no destructiva del espesor de capas delgadas, que en el interior de una caja presenta por lo menos un elemento sensor. A este elemento sensor se encuentra asignado un casquete acoplable, de tal manera que la sonda de medición puede ser aplicada sobre la superficie de un revestimiento a ser medido. Posteriormente, con una sonda de medición de este tipo se puede efectuar una medición no destructiva del espesor de capa. Las sondas de medición de este tipo normalmente son aplicadas de forma manual sobre la superficie a ser medida para efectuar la medición. Asimismo, puede estar previsto el uso de un soporte o trípode de medición. Para esto es necesario cumplir el requisito de disponer de suficiente accesibilidad a la superficie de medición, a fin de poder aplicar la sonda de medición.

35 Debido a las crecientes exigencias de calidad, por una parte, y la creciente presión de costes, por otra parte, se hace necesario que por ejemplo los revestimientos en espacios huecos sean comprobados e inspeccionados igualmente. Por ejemplo, en la industria automovilística, en la zona de los largueros de la carrocería, los espacios huecos se proveen con un revestimiento. Esto se hace, por ejemplo, por medio de un barnizado de inmersión catódico, o respectivamente también un revestimiento por barnizado de inmersión. El acceso a estos espacios huecos, debido a la configuración constructiva de estos elementos, sólo puede efectuarse a través de pequeñas aberturas.

40 El objetivo de la presente invención consiste en crear una sonda de medición, por medio de la que se puedan comprobar los revestimientos en particular en espacios huecos, o, respectivamente, comprobar el espesor de capa de los revestimientos en espacios huecos o en zonas de difícil acceso de una manera no destructiva.

Este objetivo se logra de acuerdo con la presente invención a través de una sonda de medición de acuerdo con las características mencionadas en la reivindicación 1. Otras formas de realización preferentes y desarrollos de la presente invención se mencionan en otras reivindicaciones.

45 Por medio de la sonda de medición de acuerdo con la presente invención con un elemento de empuñadura, en el que se encuentra dispuesta una vara de guía alargada y elásticamente flexible, que en su extremo libre en una carcasa recibe por lo menos un cabezal de medición, que puede moverse en relación a la vara de medición por lo menos en un determinado grado de libertad, con por lo menos un polo auxiliar adyacente al por lo menos un cabezal de medición, o sólo con los cabezales de medición, en donde la carcasa con el por lo menos un cabezal de medición es introducida en una pequeña abertura en un espacio hueco o en una zona de difícil acceso desde el exterior y después es movida mediante la vara de guía hacia y sobre una superficie a ser medida en el espacio hueco o en la zona de difícil acceso, respectivamente. Durante la única o repetida aplicación o recorrido del por lo menos un

5 cabezal de medición sobre el revestimiento, se puede detectar el espesor de capa del revestimiento en uno o varios  
 10 sitios diferentes, de tal manera que una sonda de medición de este tipo permite comprobar la calidad en particular  
 15 de revestimientos en espacios huecos. Debido a la vara de guía alargada y elásticamente flexible, se puede ejercer  
 una fuerza mínima sobre el por lo menos un cabezal de medición, a fin de lograr un contacto seguro del por lo  
 menos un cabezal de medición en una superficie de medición. Al mismo tiempo, también se puede lograr de manera  
 simple una aplicación segura en una superficie de medición curvada, sin que la vara de guía esté orientada de  
 manera correspondiente a la superficie de medición. Debido al apoyo orientable del por lo menos un cabezal de  
 medición con por lo menos un determinado grado de libertad con respecto a la vara de guía, el cabezal de medición  
 se puede elegir de forma autónoma sobre la superficie de medición, independientemente de la posición de sujeción  
 del elemento de empuñadura de la sonda de medición, y quedar aplicado en la posición correcta para realizar la  
 medición del espesor de capa, ya que la posición de sujeción de la vara de guía fija, y por ende la posición angular  
 de la vara de guía con respecto al cabezal de medición se modifica y se adapta durante la aplicación o el recorrido  
 del cabezal de medición sobre la superficie de medición. Por lo tanto, se crea una sonda de medición o,  
 respectivamente, una sonda interior, que permite un fácil manejo durante la medición y comprobación de un  
 revestimiento en un espacio hueco.

Una forma de realización preferente de la sonda de medición conforme a la presente invención prevé que por lo  
 menos un cabezal de medición se encuentra dispuesto de manera preferentemente sustituible dentro de una  
 carcasa, que a su vez se encuentra sujeta con por lo menos un determinado grado de movilidad en relación a la  
 vara de guía. Esta disposición presenta la ventaja de que el cabezal de medición queda alojado de forma protegida  
 dentro de la carcasa y puede ser cambiado para casos de aplicación diferentes.

Una forma de realización preferente de la sonda de medición de acuerdo con la presente invención prevé que la  
 carcasa y la vara de guía estén unidas a través de por lo menos un eje articulado, en donde se prevén particular un  
 eje articulado que esté orientado de manera perpendicular al eje longitudinal del cabezal de medición, en donde el  
 eje longitudinal del cabezal de medición está orientado sustancialmente de manera perpendicular con respecto a la  
 superficie a ser examinada. Esta disposición presenta una configuración constructiva simple y durante la aplicación  
 del cabezal de medición sobre la superficie de medición permite una compensación entre la dirección de guía de la  
 sonda de medición y la superficie de medición.

Una forma de realización alternativa de la sonda de medición prevé que la carcasa que aloja el cabezal de medición  
 y la vara de guía estén unidas entre sí mediante una articulación esférica. Una articulación esférica de este tipo  
 permite un cambio tridimensional de la posición del cabezal de medición en relación a la vara de guía. Debido a esto  
 se puede lograr una adaptación flexible de la posición del por lo menos un cabezal de medición con respecto a la  
 superficie de medición.

Una forma de realización alternativa adicional de la presente invención prevé que el por lo menos un cabezal de  
 medición esté dispuesto en una placa de soporte que es sostenida por varios elementos de muelle en forma de  
 cinta, en particular elementos de muelle en forma de cintas planas, y en el lado opuesto pueda ser conectado a la  
 vara de guía por medio de un elemento de conexión. Esta disposición presenta la ventaja que los elementos de  
 muelle en forma de cinta dispuestos de manera mutuamente adyacente durante la aplicación de la sonda de  
 medición en una superficie a ser examinada permiten ejercer una fuerza de contacto por lo menos reducida sobre el  
 por lo menos un cabezal de medición para la aplicación segura del mismo sobre la superficie de medición.  
 Adicionalmente, debido a los elementos de muelle en forma de cinta mutuamente adyacentes se permite al mismo  
 tiempo una leve torsión alrededor del eje longitudinal común de los distintos elementos de muelle. Por lo tanto, esta  
 disposición presenta la ventaja de que está dado un apoyo libre de fricción del por lo menos un cabezal de medición  
 en relación a una orientación y una movilidad de giro en relación a la vara de guía. De manera preferente, los  
 elementos de muelle en forma de cinta son retenidos y están unidos mediante un elemento de conexión que puede  
 ser conectado de manera simple a la vara de guía. De esta manera se puede lograr un fácil montaje y desmontaje.  
 De forma complementaria, por medio del elemento de conexión se puede lograr un contacto fácil de las líneas de  
 señales conducidas a lo largo de la vara de guía, por ejemplo, mediante una sujeción de apriete en forma de una  
 conexión atornillada, de trinquete o de apriete con las líneas de señales en la vara de guía.

Una forma de realización preferente de esta forma de realización alternativa prevé que los elementos de muelle se  
 encuentran dispuestos de forma mutuamente adyacente en un mismo plano y distanciados entre sí. De esta manera  
 se puede determinar la orientación radial del cabezal de guía en relación al eje longitudinal de la vara de guía o,  
 respectivamente, de los elementos de muelle. Al mismo tiempo se puede incrementar la fuerza de resorte en la  
 dirección de contacto. Los extremos orientados hacia la placa de soporte de los elementos de muelle se aplican  
 preferentemente al centro de gravedad de la placa de soporte o en el centro de gravedad de la unidad de sonda. De  
 esta manera se puede asegurar una disposición en la posición correcta del por lo menos un cabezal de medición  
 sobre la superficie de medición a ser examinada. Una unidad de sonda de este tipo puede estar formada, por  
 ejemplo, por una placa de soporte con un cabezal de medición y por lo menos un polo auxiliar, o por dos cabezales  
 de medición diferentes y, dado el caso, un polo auxiliar, de tal manera que esté dado un apoyo en dos o en tres  
 puntos. Alternativamente, también se pueden proveer tres cabezales de medición, de los que todos divergen entre sí  
 o de los que sólo uno diverge de los otros.

Adicionalmente, los elementos de muelle en forma de cinta de preferencia son eléctricamente conductivos. Esto permite que los elementos de muelle puedan cumplir una doble función y no sea necesario instalar líneas eléctricas adicionales. De esta manera es posible reducir sustancialmente la masa de la unidad de sonda en su totalidad y suprimir otras influencias de fuerzas perturbadoras que pueden tener un efecto negativo sobre la medición.

- 5 Adicionalmente, en esta forma de realización alternativa está previsto que la placa de soporte puede ser insertada en la carcasa y los elementos de muelle están dispuestos de manera libremente extraíble de la carcasa. Por lo tanto, los elementos de muelle también soportan la carcasa, que sirve para proteger los distintos elementos individuales.

Adicionalmente, entre la placa de soporte y la carcasa preferentemente se encuentra dispuesto un elemento acumulador de fuerza, que apoya al por lo menos un cabezal de medición de manera sumergible frente a la carcasa. De esta forma es posible lograr la protección para el por lo menos un cabezal de medición en caso de ejercerse una fuerza demasiado grande. Este elemento acumulador de fuerza puede actuar preferentemente en el centro de gravedad de la placa de soporte o de la unidad de sonda, respectivamente.

Ventajosamente, de manera adyacente al por lo menos un cabezal de medición se provee por lo menos un polo auxiliar. Así se puede crear un así llamado patín de guía, que se encuentra dispuesto con por lo menos un cierto grado de movilidad con respecto a la vara de guía y que independientemente de la orientación de la vara de guía permite un contacto definido del elemento de sensor sobre la superficie de medición o, respectivamente, una orientación definida del elemento sensor con respecto a la superficie de medición. El por lo menos un cabezal de medición y el por lo menos un polo auxiliar preferentemente están dispuestos de forma mutuamente adyacente, de tal manera que por medio del patín de guía la sonda de medición se orienta de forma sustancialmente perpendicular en relación a la superficie de medición. Debido a esto se pueden minimizar sustancialmente los errores de medición debido a un manejo incorrecto. En particular, el polo auxiliar está realizado como casquete de acoplamiento, como rodillo de rodadura o como elemento de deslizamiento. Todas las formas de realización tienen en común que se aplican con suavidad sobre la superficie y se orientan de manera autónoma en relación a la superficie de medición y, dado el caso, se deslizan a lo largo de la superficie, para así prevenir posibles daños, en donde el polo auxiliar preferentemente está dispuesto de tal manera que sigue al cabezal de medición durante el proceso de medición. En aquella forma de realización, en la que preferentemente la carcasa está unida a la vara de guía por medio de un eje pivotante o una articulación esférica, el por lo menos un polo auxiliar se dispone en la carcasa. En la otra forma de realización alternativa adicional, en la que el por lo menos un cabezal de medición está dispuesto en la placa de soporte, el por lo menos un polo auxiliar preferentemente también se dispone en la placa de soporte.

De acuerdo con una configuración preferente de la sonda de medición, está previsto que el por lo menos un cabezal de medición determine un espesor de capa de acuerdo con un proceso de medición por inducción magnética, de acuerdo con un proceso por corriente de Foucault o de acuerdo con un proceso de campo eléctrico constante o un proceso magnético con una sonda de Hall, respectivamente, y el por lo menos un cabezal de medición adicional determina un espesor de capa de acuerdo con uno de los procedimientos antes mencionados. Por lo tanto, una sonda de medición de este tipo puede ser empleada de forma universal cuando se usan dos o tres cabezales de medición diferentes, en donde los cabezales de medición, que pueden ser iguales o diferentes entre sí, se disponen de forma mutuamente adyacente, sin que sea necesario un cambio o sustitución de los cabezales de medición en la vara de guía. En esta forma de realización está previsto preferentemente que se forme un punto de giro entre dichos dos cabezales de medición mutuamente divergentes en un eje longitudinal formado por los elementos de muelle en forma de cinta dispuestos de manera mutuamente adyacente, o un centro de gravedad entre dos cabezales de medición y un polo auxiliar o tres cabezales de medición.

Preferentemente, los dos cabezales de medición mutuamente divergentes durante la medición de superficies curvadas están orientados en línea con respecto a la medición a lo largo de una línea generatriz a lo largo de la superficie en relación a la vara de guía o el elemento de empuñadura. De esta manera se puede lograr un contacto seguro sobre la superficie de medición y obtener resultados de medición precisos.

Adicionalmente, se proveen por lo menos dos polos auxiliares que junto con el cabezal de medición forman un apoyo sobre tres puntos. Alternativamente, también es posible que dos cabezales de medición, en particular cabezales de medición mutuamente divergentes, formen un apoyo sobre tres puntos junto con un polo auxiliar. Debido a esto, la carcasa o, respectivamente, la placa de soporte se puede orientar de forma autónoma independientemente de la orientación de la vara de guía con respecto a la superficie de medición, de tal manera que el cabezal de medición se apoye de forma perpendicular sobre la superficie de medición. Por lo tanto, un posicionamiento sustancialmente vertical del cabezal de medición en relación a la superficie de medición también es posible si la superficie de medición cambia de orientación o si, por ejemplo, presenta un desarrollo curvado.

Esta sonda de medición presenta preferentemente una disposición en la que en la zona entre el cabezal de medición y el por lo menos un polo auxiliar se provee un eje articulado o una articulación esférica para conectar la carcasa con la vara de guía. Por medio de este eje articulado, la carcasa es recibida de manera articulada o pivotable, respectivamente, en relación a la vara de guía. Debido a esto, el cabezal de medición puede ser posicionado correctamente junto con el polo auxiliar y aplicado sobre la superficie de medición, independientemente de la

orientación de la vara de guía.

Adicionalmente, el eje articulado o la articulación esférica que conecta la carcasa a la vara de guía, se posiciona preferentemente más cerca del cabezal de medición que del polo auxiliar. De esta manera se ejerce un momento de aplicación o de contacto por lo menos reducido sobre el cabezal de medición, ya que el brazo de palanca entre el eje articulado y el polo auxiliar es por lo menos escasamente mayor que el brazo de palanca entre el eje articulado y el cabezal de medición. Por lo tanto, se puede asegurar una aplicación segura del cabezal de medición sobre la superficie a ser examinada sin que se requieran otros medios auxiliares adicionales.

Adicionalmente, el cabezal de medición preferentemente a lo largo de su eje longitudinal está dispuesto de manera por lo menos escasamente móvil dentro de la carcasa. De esta forma se puede asegurar un contacto seguro del cabezal de medición en la superficie de medición. Al mismo tiempo, se puede prevenir que actúe una fuerza de contacto demasiado grande.

Una configuración alternativa de la sonda de medición prevé un seguro contra torsión o un elemento acumulador de fuerza entre la vara de guía y el cabezal de medición, para posicionar el cabezal de medición en una posición inicial inclinada o predefinida en relación a la vara de guía. Debido a esto, durante la introducción de la sonda de medición a través de una abertura en un espacio hueco se puede asegurar que el cabezal de medición se oriente en una posición conocida con respecto a la vara de guía y posteriormente se pueda lograr a través de una simple manipulación una aplicación segura del cabezal de medición sobre la superficie a ser examinada, a pesar de que dicho posicionamiento del cabezal de medición dentro del espacio hueco ya no sea visible o sólo sea difícilmente visible desde el exterior.

La vara de guía de la sonda de medición preferentemente presenta un cuerpo de base alargado con un desarrollo curvado, en donde la vara de guía en relación a sus ejes de sección transversal tiene una configuración rígida y en su dirección longitudinal tiene una configuración por lo menos algo elásticamente flexible. De esta manera, la vara de guía tiene una configuración relativamente rígida a la torsión, por lo que sólo es posible un por lo menos escaso aplanamiento de la curvatura o una inclinación más fuerte de la curvatura de la vara de guía. Por lo tanto, está dada una guía precisa del cabezal de medición. Debido a este desarrollo preferentemente curvado de la vara de guía, incluso en el caso de un espacio hueco muy pequeño se puede lograr una inmersión introducción dirigida y suficiente de la vara de guía en el espacio hueco, con una subsiguiente aplicación segura del cabezal de medición. Alternativamente, la vara de guía también puede presentar un desarrollo rectilíneo y, por lo tanto, puede ser introducida en tubos, perfiles, mangueras u otros elementos similares, con el fin de realizar una medición de un revestimiento interior.

La vara de guía presenta preferentemente en su lado interior de curvatura por lo menos una superficie de deslizamiento o contacto. Esta superficie de deslizamiento o contacto permite una dirección precisa y exenta de ladeos del cabezal de medición a lo largo de un borde en una abertura que conduce al interior del espacio hueco.

Adicionalmente, la vara de guía preferentemente presenta una depresión en forma de U que se extiende en la dirección longitudinal y que está prevista en particular en un lado interior del cuerpo de base curvado de la vara de guía, dentro del que se extienden líneas de señales que llegan al cabezal de medición. Esta disposición permite al mismo tiempo un alojamiento seguro de las líneas de señales, ya que en particular las superficies de deslizamiento y de contacto, que están previstas en las ramas libres en forma de U de las depresiones, sobresalen ligeramente con respecto a las líneas de señales y las protegen.

Adicionalmente, la vara de guía puede estar configurada de forma curvada a lo largo de toda su longitud entera. A este respecto, preferentemente se provee una curvatura uniforme. Alternativamente, esta curvatura también puede presentar diferentes radios, que se adapten a la geometría del espacio hueco y permitan una guía óptima del cabezal de medición a lo largo de la superficie a ser examinada o del revestimiento a ser examinado dentro del espacio hueco.

Una forma de realización preferente de la presente invención prevé que la vara de guía esté configurada en varias piezas y que preferentemente dos secciones de vara adyacentes puedan ser conectadas entre sí a través de un elemento de acoplamiento. Esta forma de realización permite, por una parte, que se puedan configurar diferentes longitudes de una vara de guía para adaptarse al caso de aplicación en particular. Por otra parte, esto permite una adaptación específica en función del caso de aplicación a las diferentes posibilidades de acceso a los espacios huecos y geometrías de los espacios huecos. Por ejemplo, en el caso de espacios huecos muy pequeños se puede realizar una vara de guía más bien rectilínea o menos curvada, mientras que para otros espacios huecos se puede realizar una vara de guía más bien curvada para una introducción profunda en el espacio hueco. Los elementos de acoplamiento preferentemente forman una conexión de enchufe con la sección de vara y se unen entre sí de manera firme por enganche o mediante un encaje a presión, y preferentemente también pueden volver separarse para permitir así una construcción modular.

Una forma de realización preferente adicional de la vara de guía formada por varias piezas prevé que el elemento de acoplamiento presente un pliegue flexible, que después de una desviación forzada regresa a su posición inicial. Este pliegue flexible puede estar hecho, por ejemplo, de plástico, metal o algo similar. De esta manera, por una parte, se realiza un dispositivo de acoplamiento transmitido por lo menos por el elemento de empuñadura del por lo menos un cabezal de medición, y, por otra parte, al mismo tiempo se realiza a su vez una vara de guía de configuración elásticamente flexible.

Adicionalmente, el elemento de acoplamiento preferentemente presenta un contacto de enchufe para la conexión de las líneas de señales, para establecer un contacto continuo. Por ejemplo, cuando la sección de vara se inserta en el elemento de acoplamiento se puede producir un contacto automático con una línea de conexión en el elemento de acoplamiento, para que la sección de vara adyacente, que también es recibida por el mismo elemento de acoplamiento, se contacte eléctricamente con la sección de vara precedente o, respectivamente, para conectar las líneas eléctricas o líneas de señales que se extienden dentro de la sección de vara.

En una primera forma de realización ventajosa de la vara de guía, la misma está hecha de un material metálico, en particular acero para muelles, y preferentemente se fabrica a través de un proceso de mecanizado con arranque de virutas o a través de un proceso de doblado-troquelado. Este tipo de varas de guía presentan una gran estabilidad y una gran flexibilidad, con una gran capacidad de recuperación elástica, para volver a su forma original después de una desviación de la forma.

Otra forma de realización alternativa adicional de la vara de guía conforme a la presente invención prevé que la misma esté hecha de un elastómero termoplástico. Éste material plástico puede presentar propiedades análogas a un material metálico, en particular al acero para muelles. Asimismo, está vara de guía hecha de material plástico también puede ser fabricada a través de un proceso con arranque de virutas o por un proceso de mecanizado por prensado-flexión.

Una forma de realización alternativa adicional de la vara de guía prevé que la misma esté hecha de una matriz de material plástico compuesto, dentro de la que se encuentran embutidos preferentemente los conductores de circuito. En una matriz de material plástico compuesto se puede emplear, por ejemplo, un tejido de fibras de vidrio, un tejido de fibras de carbono u otro material plástico reforzado con fibras, que preferentemente se introduce en un molde de herramienta, a fin de realizar el contorno de la vara de guía mediante una fundición adicional con una resina o algo similar. Al mismo tiempo se pueden incluir las líneas de señales. Asimismo, durante la producción de las líneas de señales, también se puede producir al mismo tiempo el contorno de la vara de guía.

La presente invención, así como otras formas de realización ventajosas y desarrollos de la misma, se describen a continuación más detalladamente con referencia a los ejemplos representados en los dibujos. Las características que se pueden derivar de la descripción y de los dibujos pueden ser aplicadas conforme a la presente invención bien sea individualmente para sí o en cualquier otra combinación deseada. En las figuras:

La figura 1 muestra una vista lateral esquemática de una sonda de medición de acuerdo con la presente invención.

La figura 2 muestra una vista esquemática adicional de la sonda de medición de acuerdo con la figura 1.

La figura 3 muestra una vista de sección esquemática ampliada de un cabezal de medición de la sonda de medición de acuerdo con la figura 1.

La figura 4 muestra una representación de sección esquemática a lo largo de la línea IV-IV en la figura 2.

La figura 5 muestra una forma de realización alternativa de una vara de guía de acuerdo con la figura 4.

Las figuras 6a y b muestran diferentes posiciones de trabajo de la sonda de medición de acuerdo con la figura 1 en un espacio hueco para la medición de espesores de capa.

La figura 7 muestra una representación de sección esquemática de una forma de realización alternativa a la figura 3.

La figura 8 muestra una vista esquemática desde abajo sobre la forma de realización de acuerdo con la figura 6.

- La figura 9 muestra una representación de sección esquemática de una forma de realización alternativa adicional a la figura 1.
- La figura 10 muestra una vista en perspectiva sobre un cabezal de medición de acuerdo a la forma de realización mostrada en la figura 9.
- 5 La figura 11 muestra una vista de detalle esquemática sobre el cabezal de medición con elementos de muelle dispuestos en el mismo.
- La figura 12 muestra una vista esquemática desde arriba sobre una forma de realización alternativa a la figura 9.
- 10 La figura 13 muestra una vista lateral esquemática sobre la forma de realización de acuerdo con la figura 12.
- La figura 14 muestra una vista esquemática desde arriba sobre una forma de realización alternativa a la figura 12.

15 En la figura 1 se representa una vista lateral esquemática de una sonda de medición 11 de acuerdo con la presente invención. Una vista esquemática adicional de la sonda de medición se presenta en la figura 2. Una sonda de medición 11 de este tipo también se denomina como sonda de medición interior o sonda interior, que se emplea para la medición no destructiva del espesor de capas delgadas, en particular en espacios huecos, que son accesibles, por ejemplo, a través de una abertura, o en otras zonas de difícil acceso.

20 La sonda de medición 11 comprende un elemento de empuñadura 12, en el que desemboca una línea de conexión 14 que comunica a la sonda de medición 11 con un dispositivo de evaluación de datos no representado con mayor detalle. El elemento de empuñadura 12 recibe a una vara de guía 16, que en su extremo delantero presenta un cabezal de medición 17 con por lo menos un elemento de sensor 18 y que se mantiene de manera orientable en relación a la vara de guía 16 con por lo menos un determinado grado de libertad. El cabezal de medición 17 está dispuesto en una carcasa 20 que, por ejemplo, se conecta con la vara de guía 16 a través de un eje articulado 21. A este respecto, la vara de guía 16 presenta en el extremo delantero una entalladura o bifurcación en forma de U y comprende lengüetas 23 que rodean parcialmente la carcasa 20, de tal manera que la carcasa 20 se encuentra posicionada entre las lengüetas 23 en la vara de guía 16 y puede girar alrededor del eje articulado 21. En la vara de guía se puede proveer adicionalmente, de manera longitudinalmente desplazable a lo largo de la vara de guía, un tope 24, por el que se determina y limita la profundidad de introducción de la vara de guía 16 dentro del espacio hueco o el espacio de difícil acceso. De esta manera es posible realizar una medición comparable, en caso de 30 múltiples objetos de medición, siempre en el mismo sitio de medición en base al posicionamiento definido del cabezal de medición 17 en relación al objeto de medición y por medio del tope 24.

35 En la figura 3 se muestra una representación de sección esquemática ampliada de la carcasa 20 con el cabezal de medición 17 dispuesto en la misma y con un extremo delantero de la vara de guía 16. La sonda de medición 11 está posicionada con su cabezal de medición 17 en un espacio hueco 26 sobre una superficie a ser examinada 27, en donde el cabezal de medición 17 puede ser introducido a través de una abertura 28 en el espacio hueco 26 al interior del espacio hueco 26.

40 Un espacio hueco 26 de este tipo puede estar formado, por ejemplo, en una carrocería de un automóvil, en particular en la zona de largueros o en una columna A, B o C de la carrocería. Asimismo, estos espacios huecos 26 pueden existir en otros objetos, dispositivos o instalaciones, que presentan un revestimiento específico para la respectiva aplicación, con la finalidad de prevenir, por ejemplo, una corrosión prematura. Para el revestimiento de espacios huecos 26 en la carrocería de vehículos se usa preferentemente un barnizado por inmersión o, respectivamente, un barnizado catódico por inmersión. Con la sonda de medición 11, las superficies 27 en el espacio hueco 26 se examinan de una manera no destructiva en relación al espesor de capa o la calidad de la capa.

45 La carcasa 20 recibe en particular en su zona anterior al cabezal de medición 17. Éste comprende el elemento sensor 18, que está orientado de manera sustancialmente vertical con respecto a la superficie a ser examinada 27. El elemento sensor 18 presenta en el extremo delantero un casquete de acoplamiento 31. El casquete de acoplamiento 31 y el por lo menos un elemento sensor 18 preferentemente se encuentran dispuestos en el mismo eje longitudinal. Un elemento sensor 18 de este tipo puede estar formado, por ejemplo, por una bobina primaria y secundaria, con un imán, con por lo menos una bobina sobre electroimanes de núcleo móvil, o como bipolo no 50 blindado. Un elemento sensor 18 de este tipo permite efectuar una medición de acuerdo con el procedimiento de medición por inducción magnética. El procedimiento de medición por inducción magnética es apropiado para medir el espesor de capas metálicas no ferrosas, tales como, por ejemplo, cromo, cobre y zinc, u otras similares, sobre materiales de base imantables, tales como, por ejemplo, acero y hierro, así como también para capas de pintura, barniz y plástico sobre materiales de base imantables, tales como, por ejemplo, acero y hierro. El alcance de

medición comprende, por ejemplo, un espesor de capa de hasta 1800 µm, y preferentemente se usa una frecuencia menor que 300 Hz. Alternativamente, un elemento sensor 18 de este tipo puede ser empleado para realizar la medición de acuerdo con el procedimiento de corriente de Foucault, es decir, que está dada la medición no destructiva del espesor de capas eléctricamente no conductoras sobre metales no ferrosos tales como, por ejemplo, pinturas, barnices, plásticos, sobre aluminio, cobre, latón, acero fino u otras capas anodizadas sobre aluminio en un campo alterno de alta frecuencia. Adicionalmente, puede proveerse un cabezal de medición 60 con un elemento sensor 61, tal como se representa en la figura 13, que comprende un imán permanente 62, provisto en un concentrador de campo 63 en la proximidad de un sensor de Hall 64. Este sensor de Hall 64 se encuentra dispuesto inmediatamente detrás del casquete de acoplamiento 31. De esta manera se puede efectuar una medición de acuerdo con el procedimiento de campo continuo magnético.

El elemento sensor 18 preferentemente está dispuesto de manera por lo menos escasamente móvil en el cabezal de medición 17 o, respectivamente, en un alojamiento del cabezal de medición 32, en relación a la carcasa 20. El alojamiento del cabezal de medición 32 se encuentra posicionado de manera preferentemente ajustable en su altura dentro de la carcasa 20. En el extremo opuesto de la carcasa 20 deforma preferentemente alargada-rectangular se provee un polo auxiliar 33. Este polo auxiliar 33, por ejemplo, puede estar formado igualmente por un casquete de acoplamiento. De manera análoga, se puede proveer una bola firmemente prensada dentro de la carcasa 20, un rodillo de rodadura, o algo similar. Un punto de apoyo del polo auxiliar 33 preferentemente se encuentra dispuesto a igual distancia con respecto a un lado inferior de la carcasa 34 como el elemento sensor 18 o, respectivamente, su casquete de acoplamiento 31.

Debido a la configuración de la carcasa 20 con un polo auxiliar 33 y el alojamiento del cabezal de medición 17, se crea un así llamado patín de deslizamiento, que puede ser dirigido de manera simple mediante la vara de guía 16 a lo largo de una superficie a ser examinada 27 y que se orienta de forma autónoma en relación a la superficie a ser medida 27.

Entre el polo auxiliar 33 y el elemento sensor 18 o el cabezal de medición 17, respectivamente, se encuentra dispuesto el eje articulado 21, por medio del que la carcasa 20 se dispone de manera girable por un cierto grado de libertad en relación a la vara de guía 16. Alternativamente, la carcasa 20 también puede estar dispuesta de forma articulada con varios ejes articulados y con varios grados de libertad de movimiento en relación a la vara de guía 16.

En la forma de realización representada en la figura 3, el eje articulado 21 preferentemente se encuentra posicionado a una distancia más próxima al cabezal de medición 17 que al polo auxiliar 33. De esta manera, durante la aplicación de la sonda de medición 11 con el cabezal de medición 17 sobre la superficie 27 se puede lograr que la carcasa 20 primero contacte la superficie 27 por medio del polo auxiliar 33 y posteriormente, debido a las relaciones de palanca, se logre y se mantenga un contacto de aplicación seguro del cabezal de medición 17 sobre esa misma superficie 27. Para la medición segura ande revestimientos en el espacio hueco 26 o en zonas de difícil acceso, es ventajoso un apoyo sobre tres puntos. Un apoyo de este tipo sobre tres puntos se puede proveer, por ejemplo, por medio de un cabezal de medición y dos polos auxiliares o, según se describirá detalladamente más abajo, por dos polos de medición o respectivamente dos cabezales de medición, por dos polos de medición o respectivamente dos cabezales de medición y un polo auxiliar, o por tres polos de medición o respectivamente tres cabezales de medición.

El elemento sensor 18 preferentemente está dispuesto de manera cambiable o sustituible junto con el cabezal de medición 17 en la carcasa 20. A este respecto, se provee en particular una conexión de enchufe entre el elemento sensor 18 y las líneas conductoras de señales 36. Las líneas conductoras de señales 36 se extienden desde la carcasa 20 a lo largo de la vara de guía 16 hasta el interior del elemento de empuñadura 12. Dependiendo de la configuración de la sonda de medición 11, en el elemento de empuñadura 12 puede estar previsto un contacto de enchufe, para conectar las líneas de señales 36 con las líneas de conexión 14. Esta forma de realización presenta la ventaja de que con el mismo elemento de empuñadura 12 se pueden recibir diferentes varas de guía 16 de forma intercambiable, en donde las varas de guía 16 pueden estar realizadas de manera diferente en lo referente a su tamaño, forma y curvatura y/o el tamaño y tipo del cabezal de medición 17. Alternativamente, la línea conductora de señales 36 también puede pasar como una sola pieza a través del elemento de empuñadura 12 y emerger como línea de conexión 14.

En la figura 4 se muestra una representación de sección esquemática a lo largo de la línea IV-IV de la figura 2, que permite deducir, por ejemplo, cómo puede estar configurada una sección transversal de la vara de guía 16 y cómo las líneas conductoras de señales 36 pueden estar dispuestas y dirigidas en relación a la vara de guía 16.

La vara de guía 16 presenta, de acuerdo con una primera forma de realización, un cuerpo de base alargado-rectangular 38, que comprende, por ejemplo, una depresión en forma de U 39 en un lado exterior. Esta depresión 39 preferentemente está dispuesta sobre un lado interior en relación a la curvatura de la vara de guía 16. En la depresión en forma de U 39 se encuentran posicionadas de manera protegida las líneas conductoras de señales 36, que pueden estar fijadas a través de una unión adhesiva o una conexión de apriete. Asimismo, las líneas conductoras de señales 36 también pueden ser embutidas en la depresión en forma de U 39. Esta forma de



realización presenta adicionalmente la ventaja de que adyacente a la depresión en forma de U 39 se encuentran realizadas las superficies de apoyo 41, que son más elevadas en relación a las líneas conductoras de señales 36. Estas superficies de apoyo 41 sirven como protección contra la abrasión para las líneas conductoras de señales 36 y al mismo tiempo pueden deslizarse como una guía a lo largo de un borde 43 de la abertura 28 durante la realización de una medición, de tal manera que las líneas conductoras de señales 36 no sufren daños.

La vara de guía 16 presenta preferentemente en su dirección longitudinal una curvatura, según se puede ver, por ejemplo, en la figura 1. Esta curvatura puede realizarse a lo largo de un único radio. Asimismo, la curvatura también puede ser discontinua, en donde diferentes radios de curvatura pueden estar alineados mutuamente. Independientemente de secciones de diferente configuración de la curvatura, o de los desarrollos de curvatura, respectivamente, la vara de guía 16 presenta un desarrollo arqueado o curvado, de tal manera que un eje a largo de las lengüetas en el extremo de la vara de guía con un eje longitudinal del elemento de empuñadura 12, por el que se extiende la vara de guía, presenta un ángulo  $\alpha$  de entre  $90^\circ$  y  $180^\circ$ . Adicionalmente, entre las secciones curvadas también pueden proveerse secciones rectilíneas.

En el ejemplo de realización de acuerdo con la figura 4, la vara de guía 16 está hecha de acero para muelles y de presión en forma de U 39 se ha producido mediante un mecanizado de fresado. Asimismo, se puede proveer un perfil estirado o conformado, en el que dependiendo de la aplicación se incorpora una curvatura por excavación de material, o bien un desarrollo curvado por medio de una flexión. Alternativamente, la vara de guía 16 de acuerdo con la figura cuatro también puede estar formada por un material plástico o un material plástico reforzado con fibras. La selección de los materiales debe hacerse de tal manera que se obtenga por lo menos una pequeña elasticidad y flexibilidad elástica.

En la figura 5 se representa una forma de realización alternativa a la figura 4 de la vara de guía 16 en sección transversal. En esta forma de realización, por ejemplo, las líneas conductoras de señales 36 están realizadas como una línea de conductores de varios filamentos y la línea de conductores presenta, por ejemplo, un blindaje de material plástico que presenta las mismas propiedades en relación a la flexibilidad elástica debido a la curvatura y rigidez, así como en relación a la dirección transversal de la sección transversal y la torsión. Para facilitar el desplazamiento del cabezal de medición 17 dentro del espacio hueco 26, también en esta forma de realización se provee preferentemente una superficie de apoyo 41 formada por dos lados frontales estrechos.

En una forma de realización alternativa de la vara de guía 12, que no se representa con mayor detalle, puede estar dada una combinación de las formas de realización de la vara de guía de las figuras 4 y 5. Por ejemplo, conectada al elemento de empuñadura, la vara de guía 16 puede estar realizada primero de un acero para muelles. Por ejemplo, la vara de guía 16 de acero para muelles después de la mitad de su longitud o después de  $2/3$  de su longitud puede estar formada exclusivamente por las líneas conductoras de señales 36 blindadas con material plástico o con una matriz de material plástico.

En las figuras 6a y 6b se representan dos posiciones de trabajo diferentes de la sonda de medición 11 en lo referente al espacio hueco 26. La figura 6a muestra una primera posición de trabajo, que inmediatamente después de la introducción de la sonda de medición 11 penetra dentro del espacio hueco 26, así como la carcasa 20 con el cabezal de medición 17, que se provee en la superficie 27 al comienzo de la medición. Debido al por lo menos un grado de libertad en relación a la orientabilidad del cabezal de medición 17 con respecto a la vara de guía 16, el cabezal de medición 17, después de haber pasado por la abertura 28, puede apoyarse sobre la superficie a ser examinada 27. Después de esto, la sonda de medición 11 es empujada más hacia el interior del espacio hueco 26, en donde tiene lugar un seguimiento del elemento de empuñadura 12 y una modificación de la posición de la vara de guía 16 a lo largo de la superficie 27 al ser introducido en la carcasa 20. La figura 6b muestra, por ejemplo, una posición de trabajo adicional de este tipo. Debido a la curvatura de la vara de guía 16 y el posicionamiento del eje articulado 21 más cerca del cabezal de medición 17 que del polo auxiliar 33, el cabezal de medición 17 se mantiene sobre la superficie a ser medida 27. La curvatura de la vara de guía 16 puede ser adaptada en función del tamaño de la abertura 28 al espacio hueco 26, así como al volumen interior del espacio hueco 26.

En la figura 7 se representa una vista en sección esquemática de una forma de realización adicional de la sonda de medición 11. Esta forma de realización difiere de aquella de la figura 3 en el sentido de que el lugar de un eje articulado 21 se provee una articulación esférica 46, por la que la vara de guía 16 y la carcasa 20 se unen entre sí de forma pivotable. En el extremo de la vara de guía 16 se encuentra dispuesta una primera parte de articulación 47 de la articulación esférica 46, que presenta una sección de tubo 48 que desemboca en una esfera 49. Esta primera parte de articulación 47 está apoyada en una segunda parte de articulación 51 de la carcasa 20 de manera pivotable, en donde la parte de articulación 51 preferentemente presenta un alojamiento prismático 52 en una parte inferior de carcasa 53 y un alojamiento prismático 52 en una tapa de carcasa 54. Esta tapa de carcasa 54 preferentemente está unida a la parte inferior de carcasa 53 por medio de una unión atornillada. En la primera parte de articulación 47, en particular en la sección de tubo 48, se conducen las líneas de señales 36 desde la vara de guía 16 hacia el cabezal de medición 17. A este respecto, está previsto preferentemente que en el extremo en el lado de la carcasa de la vara de guía 16 las líneas conductoras de señales 36 se unan con el cabezal de medición 17. Alternativamente a la articulación esférica, también se puede proveer una articulación cardán o algo similar, para

alojar el por lo menos un cabezal de medición 17 de manera pivotable con respecto a la vara de guía 16.

Entre la vara de guía 16 y una carcasa 20 se provee un seguro contra torsión 55, que puede estar configurado, por ejemplo, como espiga. Esta espiga está unida fijamente con la vara de guía 16 y encaja en el lado contrario en una entalladura 56 en la carcasa 20. Con esto se asegura que se limite una torsión de la carcasa 20 alrededor del eje longitudinal de la pieza esférica 47 en una sola angular predeterminada y que también se limite un giro en la dirección de la flecha A. De esta manera, también en cooperación con la por lo menos reducida rigidez propia de las líneas conductoras de señales 36 luego de despegarse de la sonda de medición 11 de la superficie de medición 27 se posibilita una orientación autónoma de la carcasa 20 en una posición inicial con respecto a la vara de guía 16.

En la figura 8 se representa una vista desde abajo sobre la carcasa 20 de la forma de realización alternativa de la sonda de medición 11 con una articulación esférica. En esta forma de realización, dos polos auxiliares 33 se encuentran dispuestos de forma distanciada con respecto al cabezal de medición 17, de tal manera que los dos polos auxiliares 33 y el elemento sensor 18 forman un apoyo en tres puntos. Debido a esto se posibilita una disposición definida y libre de ladeos del cabezal de medición 17 en relación a la superficie de medición 27. Preferentemente, la articulación esférica 46 se encuentra posicionada dentro del triángulo, que es formado por los dos polos auxiliares 33 y el elemento sensor 18. La articulación esférica 46 empleada en esta forma de realización de acuerdo con las figuras 7 y 8 preferentemente está configurada con una fricción minimizada. Para esto se pueden usar materiales con propiedades de fricción correspondientemente reducidas.

En la figura 9 se representa una vista de sección esquemática de una forma de realización alternativa adicional a la figura 1. Esta sonda de medición 11 está formada por una carcasa 20 de dos o más piezas, en la que se puede insertar una unidad de sonda 57. Esta unidad de sonda 57 comprende una placa de soporte 58, en la que se encuentran dispuestos elementos de muelle 59 que están unidos con el por lo menos un cabezal de medición 17, que igualmente se encuentra sujetado en la placa de soporte 58. De manera adyacente al cabezal de medición 17, en el mismo lado de la placa de soporte 58 se encuentran dispuestos, por ejemplo, dos polos auxiliares 33 (figura 10), en donde éstos y el cabezal de medición 17 preferentemente forman un apoyo en tres puntos. Los mismos pueden estar dispuestos mutuamente en forma de un triángulo equilátero o isósceles.

En el lado opuesto de la placa de soporte 58 están sujetos los elementos de muelle 59 que preferentemente están realizados como elementos de muelle 59 en forma de cintas. A este respecto, se realizan preferentemente cuatro elementos de muelle en forma de cinta 59, que actúan en el centro de gravedad de la placa de soporte 53 o de la unidad de sonda 57. Los elementos de muelle 59 están configurados de manera eléctricamente conductiva, por lo que respectivamente dos elementos de muelle 59 están conectados con una bobina del elemento sensor 18. El cabezal de medición 17 presenta para la medición por inducción magnética una bobina de menor diámetro y una bobina de mayor diámetro, y los cuatro elementos de muelle en forma de cinta 59 están en contacto eléctrico con dichas bobinas. Preferentemente, los elementos de muelle 59 están hechos de cobre-berilio o algo similar. Por lo tanto, se puede lograr una fácil puesta en contacto y transmisión de señales entre las líneas conductoras de señales 36 en la vara de guía 16 y el cabezal de medición 17.

Preferentemente, los cuatro elementos de muelle en forma de cinta 59 están acoplados entre sí mediante un elemento de conexión 66, de tal manera que este elemento de conexión 66 puede ser sujetado de forma simple en el extremo de la vara de guía 16, lográndose así una puesta en contacto con las líneas conductoras de señales 36 tendidas dentro o en la misma. Estos elementos de muelle 59 presentan, además, adicionalmente a la función de guía, una función de resorte. La unidad de sonda 57 por medio de dichos elementos de muelle 59 se encuentre apoyada de forma elásticamente flexible con respecto a la vara de guía 16, de tal manera que en y contra el eje longitudinal del cabezal de medición 17 se posibilita un movimiento de adaptación. Al mismo tiempo, debido a esta disposición de los elementos de muelle 59 dispuestos preferentemente en un mismo plano común, se hace posible un movimiento rotatorio alrededor del eje longitudinal común 87 de los elementos de muelle 59, de tal manera que debido a esta disposición o, respectivamente, debido a la anchura de los elementos de muelle en forma de cinta 59 y/o la distancia de los mismos entre sí se puede determinar un ángulo de giro alrededor del eje longitudinal común 87 de los distintos elementos de muelle 59, así como una aplicación definida y libre de ladeos del cabezal de medición 17 en relación a la superficie a ser examinada 27, aun cuando la vara de guía 16 no se sostenga o guíe de manera exacta con respecto a la superficie de medición 27. De manera complementaria, en la carcasa 20 puede estar previsto un elemento acumulador de fuerza 69, en particular un elemento de muelle de presión. Este elemento acumulador de fuerza 69 está configurado preferentemente como elemento de muelle en forma de espiral o en forma de cono. Este elemento de muelle previene unión la vea de la placa de soporte 58 dentro de la carcasa 20 y sirve adicionalmente para la orientación del cabezal de medición 17 y, dado el caso, de sus polos auxiliares 33 en relación a la superficie 27. Adicionalmente, en la carcasa 20 preferentemente puede estar previsto un tornillo de ajuste no representado con mayor detalle, para ajustar la tensión previa del elemento acumulador de fuerza.

Esta forma de realización de acuerdo con las figuras 9 a 11 se caracteriza en particular por que no está dada una guía forzosa del cabezal de medición 17. Tanto los elementos de muelle en forma de cinta 59, que presentan un efecto similar o un muelle laminado, como también el muelle de presión eventualmente provisto de forma adicional 69 trabajan libres de fricción y permiten un tambaleo de la placa de soporte 58 o, respectivamente, del por lo menos

un cabezal de medición 17 dispuesto en la misma en relación a la vara de guía 16, de tal manera que durante la aplicación del cabezal de medición 17 se adopta una posición definida debido al apoyo en tres puntos. Una disposición de este tipo adicionalmente presenta la ventaja de que se puede fabricar una unidad de sonda 57 con una masa sustancialmente reducido.

- 5 La unidad de sonda 57 puede ser insertada en la carcasa 20, en donde el fondo de la carcasa presenta una escotadura para el cabezal de medición y los polos auxiliares 33. Durante la inserción de la unidad de sonda 57 en la carcasa 20, los mismos están cerrados. Por ejemplo, puede estar prevista una carcasa de dos partes, tal como se describe en la figura 7. Debido al elemento acumulador de fuerza, la unidad de sonda 57 se apoya sin ladeos dentro de la carcasa 20.
- 10 En las figuras 12 y 13 se representa una forma de realización alternativa de la sonda de medición 11 con respecto a las figuras 9 a 11. En esta forma de realización, en la placa de soporte 58 de manera adyacente al cabezal de medición 17 se encuentra dispuesto un cabezal de medición 60 adicional que difiere del primero, así como preferentemente un polo auxiliar 33, de tal manera que los cabezales de medición 17, 60 y el polo auxiliar 33 forman un apoyo de tres puntos. El cabezal de medición 17 presenta un elemento sensor 18 que está previsto para la medición de un espesor de capa por inducción magnética. El cabezal de medición 60 presenta un elemento sensor 15 61, que está configurado para medir el espesor de capa de acuerdo con el procedimiento de corriente de Foucault. Esto se deduce en particular de la figura 13. De manera correspondiente, los elementos de muelle 59 pueden adaptarse al número de cabezales de medición 17, 60, así como al número de conexiones. Para permitir un tambaleo preferentemente libre de fricción, los elementos de muelle 59 pueden variarse en su distancia mutua, en su 20 espesor y/o su anchura. Los cabezales de medición 17, 60, por ejemplo, están orientados dentro de la carcasa 20 de tal manera que su línea de unión se encuentra orientada de forma perpendicular al eje longitudinal de la vara de guía. De esta manera se puede lograr, por ejemplo, durante la aplicación sobre una superficie curvada, una fácil orientación de los cabezales de medición 17, 60 en relación a la superficie de camisa de la superficie curvada 27. La disposición de los cabezales de medición 17, 60 entre sí, así como del eventual polo auxiliar adicional 33, sólo se 25 ofrece a título de ejemplo, y también puede estar prevista en posiciones invertidas. Preferentemente está previsto que en el centro de gravedad entre los cabezales de medición 17, 60 y el polo auxiliar 33 que forman el apoyo de tres puntos, actúan los extremos de los elementos de muelle 59 o, respectivamente, se produce una introducción de fuerza en la placa de soporte a través de los elementos de muelle 59. Adicionalmente, el elemento acumulador de fuerza 69 puede producir una introducción de fuerza en el centro de gravedad.
- 30 En la figura 14 se representa una forma de realización alternativa adicional a las unidades de sonda 57 de acuerdo con la sonda de medición 11 en las figuras 9 a 11 o las sondas de medición 11 en las figuras 12 y 13. En esta forma de realización, que en su construcción en principio corresponde a la forma de realización de acuerdo con las figuras 9 a 11 o, respectivamente, las figuras 12 y 13, de manera diferente en la placa de soporte 58 sólo está previsto el cabezal de medición 17 y el cabezal de medición 60, prescindiéndose de un polo auxiliar 33 adicional. Estos dos 35 cabezales de medición 17, 60 están orientados, por ejemplo, de manera transversal a la dirección longitudinal de la vara de guía 16. Los mismos pueden ser aplicados de manera definida a lo largo de una línea generatriz en una superficie de medición curvada. A este respecto, por medio de estos cabezales de medición 17, 60 dispuestos de manera mutuamente adyacente en una línea, también se crea un contacto definido. Alternativamente, la orientación representada en la figura 14 de los cabezales de medición 17, 60 también puede estar prevista de forma girada por 40 90°.

## REIVINDICACIONES

1. Sonda de medición para la medición no destructiva del espesor de capas delgadas, en particular en espacios huecos, que son accesibles a través de una abertura, o sobre superficies curvadas, con por lo menos un cabezal de medición (17, 60), que presenta por lo menos un elemento sensor (18) y por lo menos un casquete de acoplamiento (31) asignado al elemento sensor (18) para aplicar el elemento sensor (18) sobre una superficie a ser examinada (27), y con un elemento de empuñadura (12) para posicionar y guiar la sonda de medición (11) sobre y/o a lo largo de la superficie a ser examinada (27), en donde en el elemento de empuñadura (12) se provee una vara de guía alargada (16), que en un extremo opuesto al elemento de empuñadura (12) recibe en una carcasa (20) al por lo menos un cabezal de medición (17, 60), que se encuentra sujeto de forma móvil con por lo menos un grado de libertad en relación con la vara de guía (16), **caracterizada por que** la vara de guía (16) es elásticamente flexible y a) por que de manera adyacente al por lo menos un cabezal de medición (17, 60) se provee por lo menos un polo auxiliar (33) o b) por que solamente se proveen los dos cabezales de medición (17 y 60).
2. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** el por lo menos un cabezal de medición (17, 60) se encuentra dispuesto de forma sustituible en la carcasa (20).
3. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizada por que** la carcasa (20) y la vara de guía (16) están unidas a través de por lo menos un eje articulado (21), en donde preferentemente se provee un eje articulado (21) que está orientado de manera perpendicular al eje longitudinal del cabezal de medición (17, 60), en donde el eje longitudinal del cabezal de medición (17, 60) está orientado sustancialmente de forma perpendicular con respecto a la superficie a ser examinada (27) o por que la carcasa (20) que aloja el cabezal de medición (17, 60) y la vara de guía (16) están conectadas entre sí a través de una articulación esférica (46).
4. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** el por lo menos un cabezal de medición (17, 60) está dispuesto en una placa de soporte (58), que se sostiene por varios elementos de muelle en forma de cinta (59) dispuestos de forma mutuamente adyacente y preferentemente en el lado opuesto puede conectarse con un elemento de conexión (66) en la vara de guía (16) y preferentemente los elementos de muelle (59) están realizados de manera eléctricamente conductiva y en particular están hechos de cobre-berilio.
5. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizada por que** los elementos de muelle (59) se encuentran dispuestos de forma mutuamente adyacente en un plano común y distanciados entre sí y preferentemente actúan mutuamente en el centro de gravedad de la placa de soporte (58) o de la unidad de sonda.
6. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, **caracterizada por que** la placa de soporte (58) puede ser insertada en una carcasa (20) y los elementos de muelle (59) están dispuestos de manera libremente extraíble de la carcasa (20) y preferentemente entre la placa de soporte (58) y la carcasa (20) se encuentra dispuesto un elemento acumulador de fuerza (69), a través del que el por lo menos un cabezal de medición (17, 60) se encuentra apoyado de manera sumergible con respecto a la carcasa (20).
7. Sonda de medición de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** el polo auxiliar (33) está configurado como casquete de acoplamiento, rodillo de rodadura o elemento de deslizamiento.
8. Sonda de medición de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** el por lo menos un cabezal de medición (17) determina un espesor de capa de acuerdo con un procedimiento por inducción magnética, de acuerdo con un procedimiento por corriente de Foucault o de acuerdo con un procedimiento por campo eléctrico constante y un cabezal de medición adicional (60) determina un espesor de capa a través de uno de los procedimientos antes mencionados y preferentemente los dos cabezales de medición (17, 60) durante la medición de superficies curvadas están orientados en una línea con respecto a la medición a lo largo de una línea generatriz en la superficie curvada (27) del objeto de medición con respecto a la vara de guía (16) o el elemento de empuñadura (12).
9. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizada por que** se proveen dos polos auxiliares (33) y un cabezal de medición (17, 60), o dos cabezales de medición (17, 60) que detectan el espesor de capa a través de dos procedimientos diferentes entre sí y un polo auxiliar (33), que conjuntamente forman un apoyo de tres puntos.
10. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizada por que** en una zona entre el por lo menos un cabezal de medición (17, 60) y el por lo menos un polo auxiliar (33) se encuentra dispuesto el eje articulado (21) o la articulación esférica (46) para la conexión de la carcasa (20) con la vara de guía (16), por lo que la carcasa (20) es recibida de manera pivotable con respecto a la vara de guía (16) y preferentemente el cabezal de medición (17) o el elemento sensor (18) del cabezal de medición (17) se encuentra dispuesto de manera por lo menos ligeramente móvil a lo largo de su eje longitudinal en la carcasa (20).

11. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizada por que** el eje articulado (21) o la articulación esférica (46) que unen la carcasa (20) y la vara de guía (16) se disponen a una distancia más próxima al cabezal de medición (17) que al polo auxiliar (33).
- 5 12. Sonda de medición de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** entre la vara de guía (16) y la carcasa (20) se provee un seguro contra torsión (55, 56) o un elemento acumulador de fuerza, que posiciona el cabezal de medición (17) en una posición inicial inclinada con respecto a la vara de guía (16).
- 10 13. Sonda de medición de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** la vara de guía (16) presenta un cuerpo de base alargado (38) con un desarrollo curvado o un desarrollo sustancialmente rectilíneo y preferentemente el cuerpo de base (38) en relación con sus ejes de sección transversal está configurado de forma rígida y en relación con su eje longitudinal es flexible en la dirección de curvatura y en particular está configurado de forma curvada a lo largo de toda su longitud y preferentemente presenta un desarrollo de curvatura constante.
- 15 14. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la vara de guía (16) en un lado interior del cuerpo de base curvado (38) presenta por lo menos una superficie de deslizamiento o de apoyo (41).
- 20 15. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la vara de guía (16) presenta una depresión en forma de U (39) que se extiende en la dirección longitudinal, que se extiende a lo largo de un lado interior del cuerpo de base curvado (38), en donde se conducen líneas conductoras de señales (36), en particular de manera insertada, adherida o encajadas a presión, que llevan al cabezal de medición (17).
- 25 16. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la vara de guía (16) está configurada en varias partes y preferentemente en cada caso dos secciones de vara mutuamente adyacentes de la vara de guía (16) se pueden unir entre sí por medio de un elemento de acoplamiento y en particular el elemento de acoplamiento presenta un pliegue flexible, que preferentemente después de una desviación forzada regresa a su posición inicial.
- 30 17. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizada por que** el elemento de acoplamiento para la conexión de la línea conductora de señales (36) presenta un contacto de enchufe para proveer un contacto continuo.
- 35 18. Sonda de medición de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la vara de guía (16) está hecha de un material metálico, en particular acero para muelles, y preferentemente puede ser fabricada mediante un mecanizado con desprendimiento de virutas o un proceso de flexión y troquelado, o por que la vara de guía (16) está formada por un elastómero termoplástico que preferentemente puede producirse mediante un mecanizado con desprendimiento de virutas o un proceso de flexión-prensado, o por que la vara de guía está hecha de una matriz de material plástico compuesto, en particular un material plástico reforzado con fibras o reforzado con fibras de vidrio o fibras de carbono, en el que las líneas conductoras de señales (36) se encuentran por lo menos parcialmente moldeadas o embutidas.

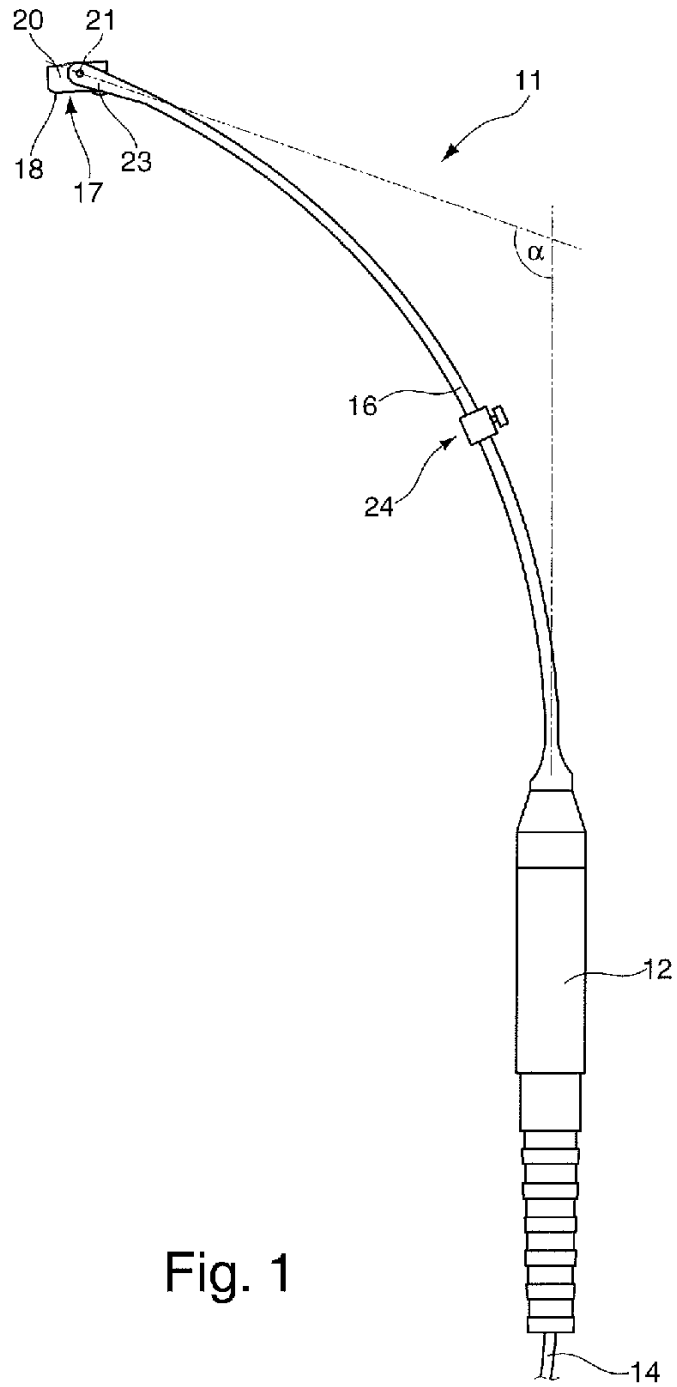


Fig. 1

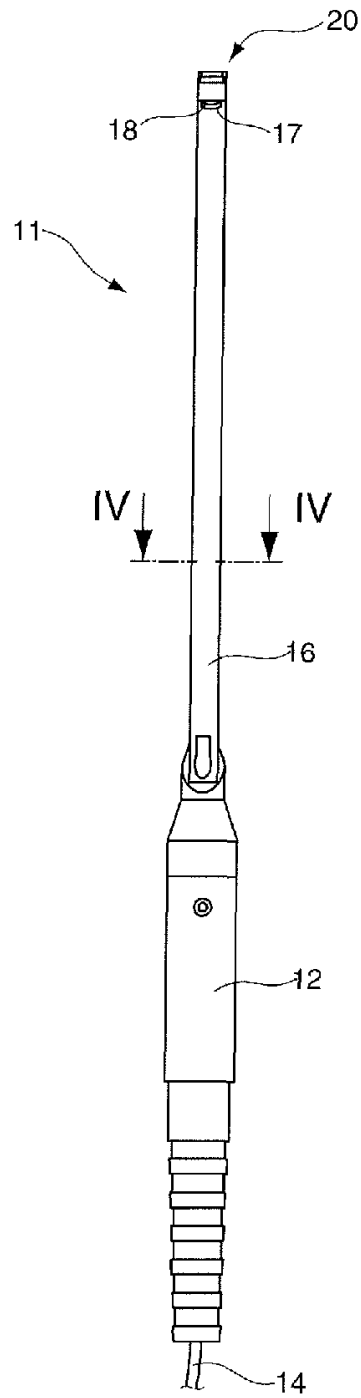


Fig. 2

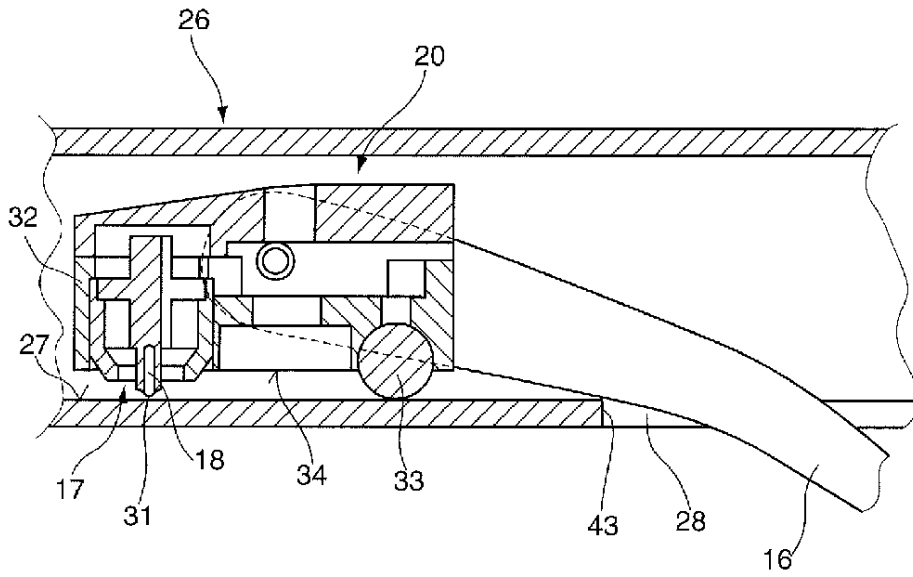


Fig. 3

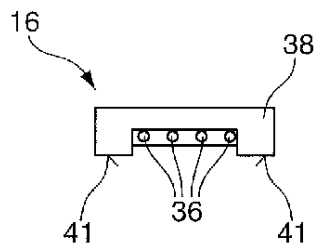


Fig. 4

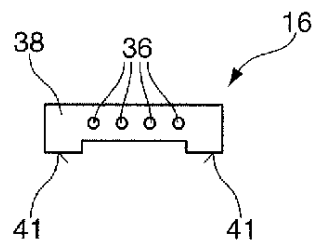


Fig. 5



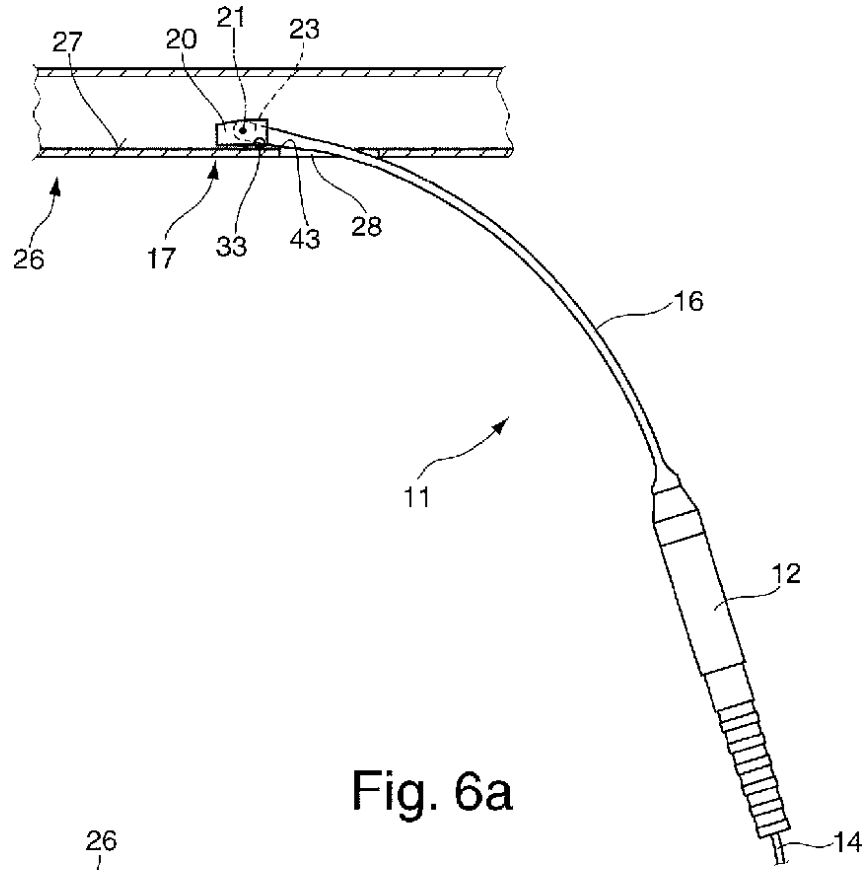


Fig. 6a

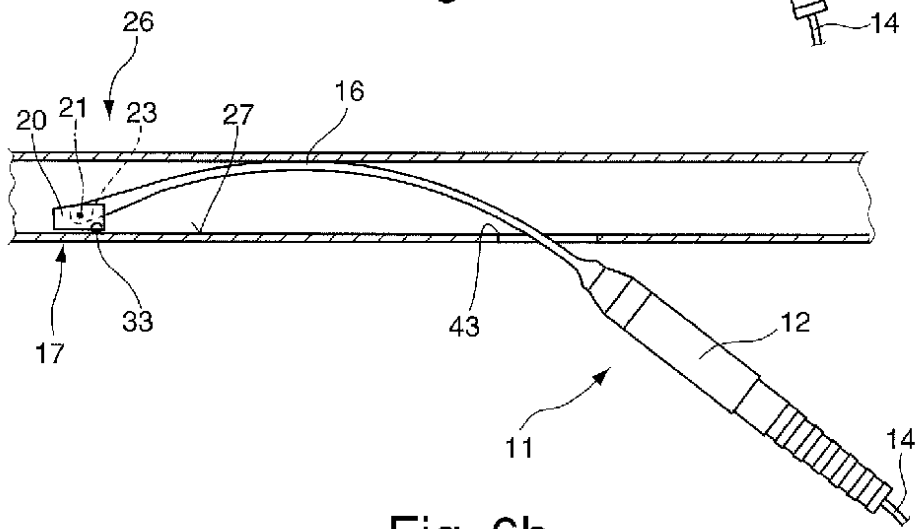


Fig. 6b

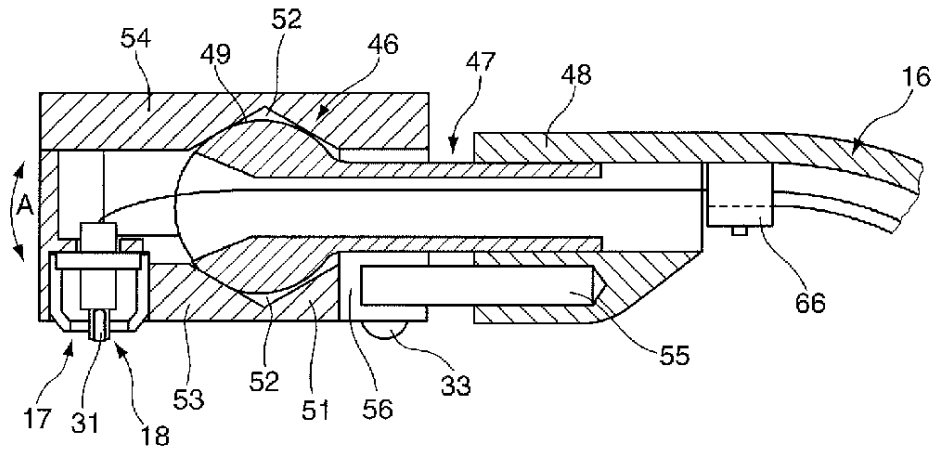


Fig. 7

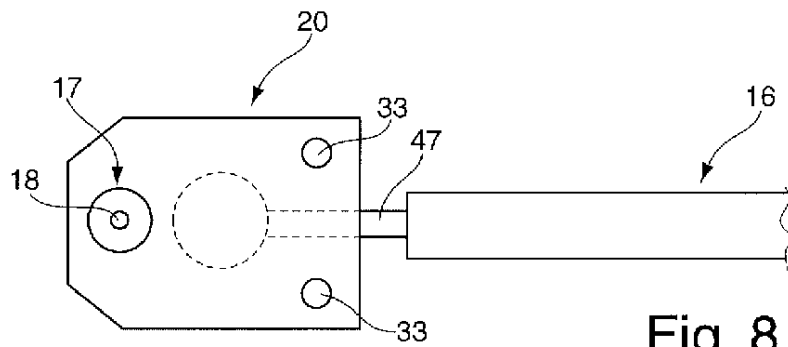


Fig. 8

