

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 330**

51 Int. Cl.:

G01N 27/90 (2006.01)

G01B 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.05.2012** **PCT/EP2012/059691**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.11.2012** **WO12160132**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2012** **E 12726767 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019** **EP 2715335**

54 Título: **Sonda de medición para medir el grosor de capas delgadas así como un procedimiento para fabricar un elemento sensor para la sonda de medición**

30 Prioridad:

25.05.2011 DE 102011103122

25.05.2011 DE 102011103123

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

28.05.2020

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 2 763 330 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 medir el grosor de capas delgadas así como un procedimiento para fabricar un elemento sensor para la sonda de medición

5 La invención se refiere a una sonda de medición para medir el grosor de capas delgadas así como un procedimiento para fabricar un elemento sensor para la sonda de medición según el preámbulo respectivo de las reivindicaciones independientes.

10 Por el documento DE 10 2005 054 593 A1 se conoce una sonda de medición para la medición del grosor de capas delgadas. Esta sonda de medición comprende una carcasa en la que está previsto al menos un elemento sensor, que está alojado en la carcasa de manera que puede moverse a lo largo de un eje longitudinal de la carcasa, al menos ligeramente. El elemento sensor comprende al menos un primer y un segundo dispositivo de devanado que están alojados por un núcleo envolvente. El núcleo envolvente comprende un pivote central, en cuyo extremo que indica en el lado frontal hacia la carcasa está prevista una caperuza de colocación. El núcleo envolvente con el elemento sensor dispuesto en este y la caperuza de colocación se aloja mediante un elemento de sujeción flexible elásticamente que
15 está fijado en un extremo del lado frontal de la carcasa.

Tales sondas de medición son adecuadas para la medición de grosores de capa según el procedimiento magneto-inductivo en la que el grosor de capas de metal no ferroso sobre materiales básicos magnetizables puede averiguarse de modo no destructivo. Como alternativa, para la medición de grosores de capa el elemento sensor puede presentar un sensor de reverberación de modo que la medición de grosores de capa es posible según el procedimiento de corriente de Foucault para registrar el grosor de capas eléctricamente no conductoras sobre metal no ferroso de modo no destructivo.
20

Por lo demás por el documento DE 699 35 610 C2 se conoce la utilización de un elemento de medición eléctrico para la medición al grosor de capas por medio un procedimiento de corriente de Foucault inductivo en el que una bobina de un material eléctricamente conductor está formada de modo que al menos comprende una parte de forma espiral. A este respecto puede extenderse a ambos lados desde un centro radialmente hacia fuera en espiral. Para realizar el procedimiento de medición es necesario que este elemento de medición eléctrico casi – aunque a una distancia – se coloque sobre el objeto de medición. Esto requiere medios auxiliares adicionales para colocar el elemento de medición cerca del objeto de medición. Mediante la colocación del elemento de medición a una distancia respecto al objeto de medición este presenta una distancia demasiado grande por lo que la sensibilidad de medición baja y por consiguiente disminuye la exactitud de medición.
25
30

Por el documento US 3,855,561 se conoce una bobina de filtro con un núcleo envolvente de ferrita ajustable. Sobre una capa de núcleo, con una parte estacionaria, está dispuesta de manera fija una bobina de Arquímedes. Enfrentada a esta parte estacionaria está prevista una parte cilíndrica móvil para regular un hueco de aire entre las dos partes con el fin de evitar una disminución de la calidad de la bobina. Esta bobina de Arquímedes se fabrica mediante un procedimiento de ataque químico.
35

Por el documento WO2010/044670 A2 se conoce una bobina de Arquímedes impresa sobre una placa de circuitos impresos.

El documento US 4,829,251 se refiere a una sonda de medición para medir el grosor de capas delgadas en las que sobre un núcleo estacionario en la carcasa con un pasador de metal duro sinterizado están previstas dos bobinas mediante las cuales puede llevarse a cabo una medición de grosores de capa según el procedimiento magneto-inductivo.
40

La invención se basa en el objetivo de perfeccionar una sonda de medición de modo que se cumplan los elevados requisitos de exactitud de medición. Por lo demás la invención se basa en el objetivo de proponer un procedimiento para fabricar un dispositivo de devanado para dicha sonda de medición.

45 El objetivo se resuelve mediante las características de la sonda de medición según la reivindicación 1. Otras configuraciones ventajosas y perfeccionamientos están indicados en las reivindicaciones adicionales.

La configuración de acuerdo con la invención de la sonda de medición para la medición táctil del grosor de capas delgadas con al menos un primer dispositivo de devanado, que consta de un soporte en forma de disco o anular y al menos una bobina de Arquímedes dispuesta encima, presenta la ventaja de que puede crearse una sonda de medición de construcción muy pequeña, en particular de construcción plana. Mediante la configuración de al menos una bobina
50

de Arquímedes puede conseguirse por lo demás que las líneas de fuerza del campo magnético puedan guiarse a través de la bobina de Arquímedes a lo largo del lado frontal de la carcasa de la sonda de medición, y puedan llevarse por consiguiente más cerca de la superficie de la capa que va a medirse, por lo que puede alcanzarse una resolución mayor en la valoración de los resultados de medición. En particular mediante dicha configuración de acuerdo con la invención de la sonda de medición puede crearse una sonda de medición táctil de pequeña construcción que registra grosores de capa sobre metales no ferrosos o sustratos no ferrosos según el procedimiento de corriente de Foucault. Mediante esta configuración el campo de alta frecuencia puede llevarse casi directamente a la superficie de medición, por lo que puede conseguirse una sensibilidad muy elevada de la sonda de medición y por consiguiente una resolución elevada, por lo que también grosores de capa más delgados pueden registrarse de manera táctil. Al mismo tiempo, debido al uso de material ferrítico para el cuerpo base de la caperuza de colocación es posible una sensibilidad de medición mejorada en la medición de grosores de capa según el procedimiento de corriente de Foucault. La cubierta polar compuesta de metal duro aumenta la resistencia al desgaste para la sonda de medición en la medición táctil. A pesar de la disposición céntrica de la caperuza de colocación y de la bobina de Arquímedes que se une a esta, cuyo primer devanado está situado distanciado del eje central longitudinal la sensibilidad de medición debido al cuerpo base de un material ferrítico se mejora. Esto se basa en que en caso de un campo alterno magnético de alta frecuencia para la realización del procedimiento de corriente de Foucault mediante el cuerpo base ferrítico se mejora un acercamiento directo del campo magnético a la superficie de medición. Además a la configuración de la sonda de medición de acuerdo con la invención va asociado por lo demás el hecho de que para la cubierta polar de la caperuza de colocación configurada a partir de un metal duro en esta zona puede aparecer un efecto de levantamiento de la caperuza de colocación con respecto a la superficie de medición.

Preferiblemente en la sección de núcleo de la caperuza de colocación está prevista una superficie de apoyo redondeada en cuyo eje longitudinal está dispuesta la cubierta polar. Por ello, la superficie de colocación del cuerpo base se configura por la cubierta polar compuesta de metal duro y por consiguiente se consigue una elevada resistencia al desgaste. Además se hace posible que tanto en la colocación sobre el objeto de medición se dé una elevada resistencia mecánica como que el campo de alta frecuencia en el procedimiento de Foucault pueda llevarse muy cerca del objeto de medición de modo que se alcance de nuevo una sensibilidad de medición elevada.

Según una configuración adicionalmente preferida de la caperuza de colocación está previsto que la cubierta polar se extienda a través de toda la superficie de apoyo redondeada o esté configurada más pequeña. Dependiendo del diámetro de la caperuza de colocación puede seleccionarse tanto una forma de realización como la otra. Preferiblemente, sin embargo se selecciona una cubierta polar más pequeña con respecto a la superficie de colocación redondeada cuyo punto central está situado en el eje longitudinal del cuerpo base de modo que se alcanza un punto de colocación más pequeño o una superficie de colocación con una cubierta polar de metal duro.

Una primera forma de realización de la caperuza de colocación prevé que la cubierta polar esté fabricada mediante un recubrimiento de metal duro. En dicha forma de realización puede estar previsto por ejemplo, un recubrimiento aplicado sobre un lado frontal del cuerpo base o sobre la superficie de apoyo redondeada que se acaba mediante pulido. Dicho recubrimiento puede ser, por ejemplo, un recubrimiento TiC o similar que comprende, por ejemplo, un grosor de capa de 1 μm a 10 μm , en particular 2 μm . Igualmente el recubrimiento puede aplicarse también sobre una zona ligeramente hundida alrededor del eje longitudinal del lado frontal del cuerpo base o de la superficie de apoyo redondeada y a continuación pulirse conjuntamente.

Una forma de realización alternativa de la caperuza de colocación prevé que la cubierta polar esté configurada mediante un núcleo de metal duro, que se extiende preferiblemente por completo a través del cuerpo base. Tal núcleo de metal duro puede estar configurado como pasador de metal duro que se extiende a lo largo del eje longitudinal.

Como alternativa, la superficie de apoyo redondeada o un lado frontal del cuerpo base en el diámetro puede estar configurada más pequeña que la sección de núcleo del cuerpo base y la cubierta polar puede estar prevista en la sección de sujeción cónica que presenta una transición redonda o escalonada hacia la sección de núcleo. Mediante esta disposición las líneas de fuerza pueden concentrarse dentro de la caperuza de colocación hacia el punto de colocación. Además mediante la sección de sujeción reducida en el diámetro con respecto a la sección de núcleo un dispositivo de devanado con un diámetro reducido puede colocarse alrededor de la sección de sujeción. Por ello es posible de nuevo una sensibilidad de medición más elevada, en particular en capas muy delgadas.

Una forma de realización alternativa de la invención prevé en la sección de sujeción cónica del cuerpo base de la caperuza de colocación el soporte del dispositivo de devanado. Por consiguiente se da una reducción del diámetro de bobina, por lo que de nuevo es posible de manera táctil una medición mejorada de capas finas, es decir capas en el intervalo de menos de 100 μm , en particular menos de 10 μm .

Una configuración preferida adicional de la caperuza de colocación prevé que la altura de la sección de sujeción en el cuerpo base de la caperuza de colocación esencialmente corresponda al grosor del soporte del dispositivo de devanado. Por ello al mismo tiempo puede ser posible una colocación en la posición correcta del soporte con respecto a

la caperuza de colocación o a la inversa mediante esta configuración. El soporte del dispositivo de devanado está configurado preferiblemente a partir de un material semiconductor, en particular silicio o germanio.

Una configuración preferida adicional de la caperuza de colocación prevé en el cuerpo base enfrentada a la cubierta polar una superficie de contacto plana. Por ello la caperuza de colocación puede fabricarse con una geometría sencilla.

5 Preferiblemente como material ferrítico para la caperuza de colocación se utiliza un óxido de hierro o un material similar al óxido de hierro. Este material, para fabricar una cubierta polar redondeada para una elevada concentración de campo puede rectificarse cilíndricamente de manera precisa. Como alternativa como material ferrítico puede utilizarse un material de plástico con partículas de hierro introducidas en él.

10 Según una configuración preferida de la invención el primer dispositivo de devanado comprende una bobina de Arquímedes de una capa sobre el soporte. Esta configuración preferida es sencilla en la fabricación y especialmente de construcción plana, en particular en caso de un soporte configurado plano, por lo que es suficiente un espacio constructivo pequeño para el dispositivo de devanado.

15 Según una configuración adicionalmente preferida de la invención la al menos una bobina de Arquímedes, preferiblemente de una capa, del primer dispositivo de devanado está dispuesta indicando hacia el lado frontal de la carcasa que en la medición del grosor de capa está enfrentada directamente a la superficie de medición. Por consiguiente es posible una disposición especialmente cercana del dispositivo de devanado a la superficie de medición, determinándose la distancia del segundo dispositivo de devanado con respecto a la superficie de medición mediante la separación de un punto de colocación o de una cubierta polar redondeada de una caperuza de colocación con respecto a la bobina del segundo dispositivo de devanado.

20 Según una configuración preferida de la invención sobre el soporte está previsto al menos un segundo dispositivo de devanado que está configurado como al menos otra bobina de Arquímedes. Por ello una primera bobina interna y rodeando esta una segunda bobina externa puede aplicarse sobre el mismo lado del soporte anular o en forma de disco, de modo que estas bobinas se sitúan preferiblemente en un plano común. Por ello las bobinas respectivas están asociadas directamente a la superficie de medición del objeto de medición, por lo que se alcanza una exactitud de medición mejorada. Como alternativa la primera bobina interna puede estar prevista indicando hacia la superficie de medición en el soporte y la segunda bobina externa puede estar dispuesta en el lado enfrentado del soporte.

25 En esta configuración alternativa el soporte aloja la al menos una primera y al menos una segunda bobina preferiblemente como bobina de Arquímedes respectiva y el soporte está dispuesto preferiblemente en un extremo del lado frontal de una carcasa del elemento sensor. Por ello puede crearse una sonda de medición de construcción muy pequeña y sensible que puede utilizarse en particular en una medición de grosores de capa en el sector de la micromecánica o microelectrónica.

30 Por lo demás está previsto preferiblemente que la primera y segunda bobina están dispuestas enfrentadas una a otra sobre el soporte y aquella bobina que comprende más devanados que la otra bobina recubre esta al menos parcialmente. A este respecto está previsto preferiblemente que la bobina con menos devanados esté prevista para la medición de grosores de capa y la bobina con más devanados con respecto a este se utilice para la compensación de curvatura de una superficie de medición o para determinar si la capa que va a medirse está situada en un plano o fuera de un plano.

35 Otra forma de realización del dispositivo de devanado prevé que la primera bobina con menos devanados para la medición del grosor de capa y la segunda bobina con más devanados con respecto a esta para determinar la superficie de medición con respecto a una desviación de un plano pueda cargarse con una frecuencia de más de 1 MHz.

40 Una configuración preferida adicional de la invención prevé en el primer dispositivo de devanado con la al menos una bobina de Arquímedes una capa aislante. Esta capa aislante sirve como capa protectora ante daños o corrosión.

45 En una forma de realización adicional el dispositivo de devanado se asocia a una caperuza de colocación o directamente adyacente a una cubierta polar o colindando con esta de modo que la caperuza de colocación puede fijarse en una carcasa de sensor o el soporte puede fijarse en una carcasa de sensor del elemento sensor mediante una unión adhesiva, de enclavamiento o de enchufe.

50 Para la fabricación del al menos un primer dispositivo de devanado el soporte se compone preferiblemente de un material eléctricamente no conductor y no magnetizable. En particular el soporte está fabricado de un material semiconductor, como por ejemplo germanio o silicio, en particular discos de germanio o de silicio, que presentan preferiblemente un grosor de menos de 300 μm o menos de 150 μm . Preferiblemente se selecciona por ejemplo un grosor de capa de 100 μm para un disco de silicio. Tales materiales son rentables en la fabricación y presentan

propiedades neutras con respecto a la medición a alta frecuencia y baja frecuencia de una sonda de medición dual de este tipo con un primer y segundo dispositivo de devanado.

Una configuración preferida adicional de una sonda de medición en un soporte en forma de disco de un material semiconductor, en particular de silicio o germanio, prevé un circuito para el dispositivo de devanado que está implementado o impreso. Esta disposición permite de nuevo una sonda de medición preferiblemente compacta y de configuración pequeña. Además esta integración del circuito en el soporte presenta la ventaja de que se da una disposición sencilla de la técnica de circuitos y conexión de líneas al dispositivo de devanado y se presentan partes inmóviles.

Según una forma de realización preferida para unir el circuito en la sonda de medición el soporte está dispuesto en un lado externo de la carcasa de sensor que indica hacia el interior de la carcasa de la sonda de medición o en un lado interno de la carcasa de sensor. Como alternativa el soporte puede estar dispuesto también en un lado frontal que indica hacia el lado externo de la carcasa de la sonda de medición en la carcasa de sensor. Por ello puede incrementarse adicionalmente la compacidad de dicha sonda de medición.

El objetivo en el que se basa la invención se resuelve por lo demás mediante un procedimiento para la fabricación de al menos un elemento sensor para una sonda de medición con al menos un primer dispositivo de devanado para una sonda de medición en el que sobre un soporte anular o en forma de disco con una abertura central está aplicada al menos una bobina de Arquímedes que preferiblemente entra en contacto con en cada caso un punto de conexión en el soporte. Por ello puede crearse un dispositivo de devanado que va a incorporarse fácilmente en un elemento sensor.

Una configuración del procedimiento prevé que a través de un proceso de devanado con un alambre de devanado se aplica al menos una bobina de Arquímedes sobre el soporte. A este respecto durante el proceso de devanado se ajusta una distancia de los devanados adyacentes.

En el proceso de devanado el alambre de devanado preferiblemente se pega sobre el soporte y en particular se fija a este con una lámina de presión. A este respecto incluso estructuras muy finas pueden fabricarse mecánicamente de manera segura.

La invención así como formas de realización ventajosas adicionales y perfeccionamientos de esta se explican y describen a continuación con más detalle mediante ejemplos representados en los dibujos. Muestran:

la figura 1 una representación seccionada esquemática de una primera forma de realización de la sonda de medición de acuerdo con la invención,
la figura 2 una vista seccionada ampliada esquemáticamente de una primera forma de realización del elemento sensor de la sonda de medición según la figura 1,
la figura 3 una vista esquemática desde abajo del elemento sensor según la figura 2,
la figura 4 una vista seccionada ampliada esquemáticamente de un dispositivo de devanado,
figuras 5 y 6 vistas laterales esquemáticas para un proceso de devanado para la fabricación del segundo dispositivo de devanado,
la figura 7 una representación seccionada esquemática de una forma de realización alternativa del elemento sensor de la sonda de medición según la figura 1,
la figura 8 una representación seccionada esquemática de otra forma de realización alternativa del elemento sensor de la sonda de medición según la figura 1, y
la figura 9 una representación seccionada esquemática de otra forma de realización alternativa del elemento sensor de la sonda de medición según la figura 1.

En la figura 1 está representada esquemáticamente una vista seccionada de una sonda 11 de medición para dispositivo para medir el grosor de capas delgadas no mostrado en detalle. Esta sonda 11 de medición se utiliza para medición de grosores de capa no destructiva. Esta sonda 11 de medición según el ejemplo de realización puede estar prevista separada del equipo de procesamiento de datos del dispositivo para medir el grosor de capas delgadas y transferir los valores de medición registrados a través de una línea 12 de conexión o inalámbricamente. Como alternativa esta sonda 11 de medición puede ser parte del dispositivo para medir el grosor de capas delgadas en forma de un aparato estacionario o de un aparato de mano.

La sonda 11 de medición presenta una carcasa 14 que está configurada en particular cilíndrica. En un eje longitudinal 16 de la carcasa 14 está dispuesto preferiblemente al menos un elemento sensor 17. Este elemento sensor 17 se soporta por un elemento 18 de sujeción que está alojado en una sección 19 de extremo de la carcasa 14. En el al menos un elemento sensor 17, en el eje longitudinal 16 de la carcasa 14 está prevista una caperuza 21 de colocación que en la colocación de la sonda 11 de medición puede colocarse sobre una superficie de medición de un objeto de medición no representado con detalle con el fin de determinar un grosor de capa sobre un material básico o de soporte.

El al menos un elemento sensor 17 está configurado para la realización de una medición según el procedimiento de corriente de Foucault, es decir que es posible la medición del grosor de capas eléctricamente no conductores sobre metales no ferrosos, por ejemplo de tintas, lacas, plásticos sobre aluminio, cobre, latón acero fino u otras capas anodizadas, sobre aluminio en un campo alterno de alta frecuencia. Por consiguiente en el caso de dicha sonda 11 de medición se trata de una sonda de medición dual.

El al menos un elemento sensor 17 presenta, por ejemplo, un elemento 23 de guía dispuesto coaxialmente al eje longitudinal 16 que está alojado de manera desplazable en un cojinete 24 fijado a la carcasa. Por ello se aumenta la precisión para un movimiento de colocación de la sonda 11 de medición sin ladeo sobre la superficie de medición del objeto de medición. El cojinete 24 puede estar configurado como cojinete de aire o cojinete deslizante de poca fricción. Este cojinete 24 fijado a la carcasa está dispuesto preferiblemente sobre un reborde 26 de la carcasa 14, por lo que de nuevo es posible una colocación sencilla y rápida del cojinete 24 en dirección radial y axial. El cojinete 24 comprende por lo demás un borne 28 que está previsto para la conexión de la línea 12 de conexión. Dependiendo del propósito de utilización la carcasa 14 puede completarse de manera correspondiente. Para la configuración de una sonda independiente según el ejemplo de realización la carcasa 14 se cierra, por ejemplo, tras la conexión de la línea 12 de conexión con una tapa 29 o cierre de modo que una sonda de medición de uso manual está conectada a través de una línea 12 de conexión con un aparato estacionario. En la utilización de una sonda de medición manual o un aparato estacionario la tapa 29 puede omitirse.

Entre el elemento sensor 17 y por ejemplo el borne 28 en el cojinete 24 está prevista una línea flexible 31 con varios alambres individuales o una cinta conductora flexible que soporta un esfuerzo de flexión. Tal esfuerzo de flexión se provoca mediante el movimiento de elevación del al menos un elemento sensor 17 durante la colocación de la sonda sobre la superficie de un objeto de medición. A este respecto el elemento sensor 17 se sumerge al menos ligeramente en la carcasa 14.

El elemento 18 de sujeción configurado en forma de disco está fijado preferiblemente a una depresión 33 en el lado del extremo de carcasa en la sección de extremo 19 de la carcasa 14. Por ello se garantiza a su vez de manera sencilla una orientación radial y axial. En una primera forma de realización el elemento 18 de sujeción está fijado a la depresión 33 de manera estanca a los medios. Al mismo tiempo la caperuza 21 de colocación y/o el elemento sensor 17 está previsto con su carcasa de manera estanca a los medios en una perforación 35 del elemento 18 de sujeción. Por consiguiente la carcasa 14 está cerrada hacia fuera de manera estanca herméticamente de modo que no se da un deterioro del movimiento de colocación y por consiguiente de la inmersión del al menos un elemento sensor 17 en la carcasa 14 debido a la suciedad.

La disposición y apoyo del al menos un elemento sensor 17 en la sonda 11 de medición es solo un ejemplo. Pueden estar previstas también otras formas de realización de una sonda 11 de medición para el apoyo desplazable longitudinalmente del al menos un elemento sensor 17 en la carcasa 14.

Una primera forma de realización del al menos un elemento sensor 17 para una sonda 11 de medición está representada ampliada en la figura 2. El elemento sensor 17 comprende una carcasa 73, que aloja un primer dispositivo 44 de devanado. Este primer dispositivo 44 de devanado comprende un soporte 49 en forma de disco sobre el que está prevista en una capa una bobina 51 de Arquímedes. La bobina 51 está dispuesta indicando hacia el lado frontal externo 53 de la carcasa 14. El primer dispositivo 44 de devanado presenta una abertura central 54 a través de la cual se extiende la caperuza 21 de colocación.

La caperuza 21 de colocación comprende un cuerpo base 55, que presenta una sección 56 de núcleo cilíndrica en uno de cuyos extremos está prevista una superficie 57 de apoyo redondeada. Esta superficie 57 de apoyo redondeada presenta una cubierta polar 58. Esta cubierta polar 58 se extiende solo parcialmente a lo largo de la superficie 57 de apoyo redondeada. En la zona de la cubierta polar 58 se realiza la colocación táctil de la caperuza 21 de colocación sobre la superficie de medición. La cubierta polar 58 está configurada, por ejemplo, por un núcleo de metal duro 59 o pasador 59 de metal duro. Enfrentada a esta superficie 57 de apoyo redondeada está prevista una superficie 60 de contacto plana.

La caperuza 21 de colocación en esta forma de realización puede presentar una cubierta polar 58 que está configurada como inserto o pasador. Para ello está previsto en particular un metal duro de modo que la cubierta polar 58 es más resistente al desgaste que el material de la sección 57 de núcleo. La cubierta polar 58 puede estar configurada también solo como recubrimiento de metal duro. Este puede estar configurada enfrentada a la superficie de contacto redondeada en un diámetro menor o recubrir toda la superficie de apoyo redondeada.

La caperuza 21 de colocación con el cuerpo base 55 se compone preferiblemente de un material ferrítico, en particular ferrita y se denomina también polo ferrítico. Este material ferrítico comprende también el grupo de los materiales de cerámica oxidada que contienen dipolos magnéticos permanentes. La cubierta polar 58 que se extiende al menos parcialmente a través de una superficie 57 de apoyo redondeada como lado frontal de la caperuza 21 de colocación

consta por ejemplo de un recubrimiento de metal duro o de un inserto de metal duro, por ejemplo de TiC, TiN o Ti(c,n). como inserto de metal duro puede estar previsto un núcleo de metal duro en forma de un pasador que atraviesa la caperuza 21 de colocación. Como alternativa puede estar prevista también una esfera maciza de metal duro o semiesfera de metal duro que está insertada en la caperuza 21 de colocación y forma la cubierta polar 58.

5 En el caso de la caperuza 21 de colocación la sección 56 de núcleo presenta una sección 64 de sujeción cónica que en el diámetro está configurada más pequeña que la sección 56 de núcleo. A este respecto está prevista una zona de transición preferiblemente redonda de modo que las líneas de campo magnético se concentran en la sección 64 de sujeción, es decir, que estas se concentran hacia el punto de medición. Mediante la sección 64 de sujeción cónica se consigue por lo demás la ventaja de que el diámetro de la bobina 51 de Arquímedes puede disminuirse o reducirse
10 adicionalmente, por lo que de nuevo pueden medirse de manera táctil capas más delgadas. En esta forma de realización el diámetro de la cubierta polar 58 es más pequeño que la superficie 57 de apoyo redondeada que está prevista en la sección 64 de sujeción, que a su vez está reducida en el diámetro con respecto a la sección 56 de núcleo.

El soporte 49 puede presentar un contorno en la abertura 54 adaptado a la zona de transición entre la sección 64 de sujeción y la sección 56 de núcleo, de modo que es posible un contacto y disposición con precisión de ajuste. El radio
15 de curvatura en la zona de transición desde la sección 64 de sujeción hacia la sección 56 de núcleo puede estar previsto también en la zona de bordes de la abertura 54 del soporte 49.

En el elemento sensor 17 representado en la figura 2 está previsto por ejemplo un circuito 76 que a través de líneas 31 de conexión entra en contacto con la primera y segunda bobina 51, 50 del dispositivo 44 de devanado. Como alternativa el circuito electrónico puede implementarse en el soporte 49 o estar aplicado o impreso en el lado del soporte 49
20 enfrentado a las bobinas 51, 50.

En el dispositivo 44 de devanado según la figura 2 está prevista una bobina interna 50 y una bobina externa 51, en donde la bobina externa 51 rodea la bobina interna y preferiblemente ambas están dispuestas en el mismo lado del soporte 49.

Por lo demás la bobina 50 puede estar dispuesta como alternativa en el lado del soporte 49 enfrentado hacia la bobina 51 y directamente sobre esta bobina 50 o dentro de la bobina 50 puede estar previsto el circuito 76. Por ello puede crearse a su vez un elemento sensor 17 compacto y de construcción plana. Como alternativa la bobina externa 50
25 puede estar dispuesta enfrentada a la bobina 51 interna en el soporte 49 y recubrir esta al menos parcialmente con dirección visual hacia la superficie de medición.

El elemento sensor 17 de la sonda 11 de medición colocado sobre una superficie de medición 81 muestra que las bobinas 50, 51 del dispositivo 44 de devanado pueden llevarse muy cerca de una superficie de medición del objeto de medición con el fin de determinar un grosor 83 de capa sobre un material básico 82 o soporte de pieza de trabajo. A este respecto la caperuza de colocación se asienta de manera preferida exclusivamente en la zona de la cubierta polar 58 sobre la capa 83.
30

En la figura 3 está representada una vista desde abajo del elemento sensor 17 según la figura 2. De esta pueden verse las proporciones de la cubierta polar 58 con respecto a la superficie 57 de apoyo redondeada como también los diámetros de las bobinas 51, 50.
35

En la figura 4 el primer dispositivo 44 de devanado está representado seccionado esquemáticamente ampliado. Según una primera forma de realización el soporte 49 se compone de germanio o en particular de silicio y presenta por ejemplo un grosor de capa de 100 µm. Sobre este soporte 49 está aplicada una bobina de una capa como bobina de Arquímedes 51.
40

Según la figura 4 para la fabricación de esta bobina de Arquímedes 51 inicialmente se provee al soporte 49 de una capa conductora metálicamente, en particular una capa de cobre. Esta puede ser por ejemplo de un grosor de menos de 0,1 mm. En particular el grosor se sitúa en un intervalo de aproximadamente 0,01 mm. Seguidamente por medio de ablación láser se fabrica la bobina de Arquímedes 51, quedando preferiblemente un ancho de línea de, por ejemplo, 0,019 mm con un grosor de 0,01 mm y quedando entre los devanados individuales una distancia en un intervalo de 0,1 mm a 0,05 mm, en particular de 0,01 mm. Sobre esta bobina 51 puede aplicarse una capa aislante o capa protectora no representada al detalle, por ejemplo en forma de una laca o similar.
45

En el soporte 49 configurado por ejemplo de silicio puede aplicarse un disco con un diámetro de 3 mm y de un grosor de 0,2 mm una bobina 51 de Arquímedes de una capa. En un orificio interno 54 concéntrico del soporte 49 se inserta preferiblemente una caperuza 21 de colocación con un núcleo 57 de material ferrítico. Cooperando con preferiblemente una bobina de Arquímedes 51 de una capa sobre el soporte 49 con suficientes números de devanados se emplea la sonda 17 para la medición de corriente de Foucault. Mediante la cubierta polar 58 se concentra el campo de la bobina
50

51 de una capa de tal modo que la expansión espacial de campo es extremadamente reducida. Es suficiente de momento que la longitud del polo ferrítico 58 corresponda a aproximadamente el diámetro medio de una bobina de Arquímedes 51 de una capa. Si se prolonga el polo 58 ferrítico cilíndrico en el extremo con un pivote central 42 o un núcleo de hierro dulce la permeabilidad de una disposición de este tipo se modifica solo de manera insignificante. En la introducción de una segunda disposición 48 de bobina que se hace funcionar a baja frecuencia no se influye en el modo de funcionamiento de la bobina 51 de Arquímedes de una capa en el funcionamiento de Foucault.

Como alternativa adicional para la fabricación de la bobina 51 sobre el soporte 49 se utiliza un procedimiento de ataque químico para configurar la bobina 51 de Arquímedes. Por lo demás puede utilizarse como alternativa un procedimiento de deposición en fase de vapor de capas metálicas sobre el soporte 49.

Una forma de realización adicional alternativa para la fabricación del primer dispositivo 44 de devanado está representada en las figuras 5 y 6. Por ejemplo, el soporte 49 se aplica sobre un eje 66 de devanado que está en contacto con una placa base 67. A través de un elemento 68 de presión, en particular una lámina de presión, se forma un ancho de intersticio respecto al soporte 49, ajustándose mediante una alimentación correspondiente la distancia con respecto al devanado adyacente, y a través del elemento de presión 68 se realiza una adhesión del devanado alimentado en cada caso. Una técnica de devanado tal es posible incluso en estructuras de filigrana como de la presente invención en la que el diámetro total del soporte 49 asciende a menos de por ejemplo 3 mm.

El dispositivo 44 de devanado está configurado preferiblemente de una capa. Como alternativa puede seleccionarse una disposición de una capa, aunque pueden estar previstas dos o varias bobinas 51, 50 que presentan en cada caso igualmente una disposición de Arquímedes y o estar situadas unas detrás de otras o unas al lado de otras. Por lo demás, como alternativa pueden estar dispuestas varias capas de bobinas 51 unas encima de otras que sin embargo se separan mediante un aislamiento eléctrico o una capa aislante unas de otras. Igualmente puede ser posible una combinación de bobinas 51, 50 unas encima otras, unas al lado de otras o unas detrás de otras.

En la construcción del elemento sensor 17 el soporte 49 por lo demás puede constar de un disco de silicio y en este material integrarse o implementarse un circuito del dispositivo 44 de devanado con una primera y/o segunda bobina 50, 51. Como alternativa el soporte 49 puede constar de un material de otro tipo, no magnetizable y no eléctricamente conductor y de forma complementaria asociarse un disco de silicio a este soporte 49 en el que está contenido el al menos un circuito. En esta configuración la flexibilidad respecto a la colocación del circuito 76 en el elemento sensor 17 es elevada. En la integración del circuito 76 en el soporte 49 que aloja la al menos una bobina 51 de Arquímedes es posible una reducción adicional del tamaño constructivo. Cuanto más pequeños estén configurados tales elementos sensores 17 más independiente será la medición del grosor de capas delgadas de magnitudes perturbadoras, en particular un radio de curvatura de superficies que van a comprobarse. Por lo demás, por ello se alcanza la ventaja de que se dan empalmes de líneas cortos y sencillos desde el circuito 76 al dispositivo 44 de devanado y una línea central puede guiarse partiendo de la carcasa 73.

En el dimensionamiento del diámetro de una sección 57 de núcleo de la caperuza 21 de colocación fabricada de ferrita está previsto preferiblemente que esta corresponda a la mitad del diámetro del diámetro medio de la bobina 51 del dispositivo de devanado. Igualmente el diámetro de la sección 57 de núcleo de la caperuza 21 de colocación puede estar configurado mayor.

En la figura 7 está representada una forma de realización alternativa de un elemento sensor 17 con respecto a la figura 2. En este ejemplo de realización está prevista de nuevo una caperuza 21 de colocación según la forma de realización en la figura 2. En el soporte 49 está colocado el dispositivo 44 de devanado con solo una bobina 51 y el circuito 76. Por encima de carcasa 73 de sensor el elemento sensor 17 está cerrado. Un elemento sensor 17 tal de construcción plana permite una medición de grosores de capa según el procedimiento de corriente de Foucault.

Una forma de realización alternativa de la caperuza 21 de colocación prevé en lugar del núcleo 59 de metal duro un recubrimiento de metal duro para la configuración de la cubierta polar 58. Este recubrimiento de metal duro puede extenderse completamente por la superficie 57 de apoyo redondeada – pero también solo en la zona de la cubierta polar 58 representada, por ejemplo en la figura 4. Por ello puede protegerse a su vez la ferrita frágil de modo que en la caperuza 21 de colocación se da una estabilidad mecánica más elevada.

En la figura 8 está representada una forma de realización alternativa de un elemento sensor 17 con respecto a la figura 2. En este elemento sensor 17, tanto la primera bobina 51 como la segunda bobina 50 están configuradas como bobina de Arquímedes. Una caperuza 21 de colocación se guía a través de una abertura 54 de paso del soporte 49, que preferiblemente se compone de un material ferrítico, al igual que está configurada una sección 72 de núcleo ampliada dispuesta en el lado trasero del soporte 49. Esta sección de núcleo 72 se extiende preferiblemente enfrentada a la bobina 51 en una dirección de extensión radial, preferiblemente correspondiendo al diámetro de la bobina 51. El soporte 49 se aloja mediante una carcasa de sensor 73. Esta disposición y fijación del soporte 49 respecto a la carcasa de sensor 73 puede realizarse en una unión por adhesión, enclavamiento, encaje y/o de cierre rápido. En un espacio libre

74 formado entre el soporte 49 y el elemento sensor 73 puede introducirse una masa de relleno. Como alternativa este puede estar configurado también como espacio de aire.

5 En esta forma de realización según la figura 8 está previsto que la segunda bobina 50 está configurada de manera análoga a la bobina 51 y rodee esta, e igualmente se apoye sobre el soporte 49. Según una primera forma de realización la segunda bobina 50 está dispuesta enfrentada a la primera bobina 51, tal como se representa en la figura 8. Como alternativa también ambas bobinas 51, 50 pueden estar dispuestas en el mismo lado del soporte 49. Preferiblemente ambas bobinas 51, 50 están configuradas de una capa como bobina de Arquímedes. Por ello estas bobinas 50, 51 durante la medición están colocadas casi directamente hacia superficie de medición de modo que la sensibilidad de medición es elevada.

10 Este elemento sensor 17 puede comprender por lo demás un circuito 76 que está dispuesto, por ejemplo, en un lado interno de un fondo de la carcasa de sensor 73. Por ello puede realizarse una puesta en contacto sencilla interna de las bobinas 51, 50 con las líneas 77, 78 de conexión. Preferiblemente en el soporte 49 están previstos puntos de conexión o puntos de contacto de modo que es posible un empalme sencillo de las líneas 77, 78 de conexión. Como alternativa el
15 circuito 76 puede estar previsto también en un lado externo de la carcasa 73 de sensor. Igualmente el circuito 76 puede implementarse en el soporte 49. A través de líneas de conexión 31 que salen de la carcasa de sensor 73 los datos averiguados se transmiten a través de la línea 12 de conexión al equipo de procesamiento de datos.

En la figura 9 está representada una configuración alternativa adicional de un elemento sensor 17. En este elemento sensor 17 está previsto que este pueda utilizarse solo para la medición según el procedimiento de corriente de Foucault. Este elemento sensor 17 corresponde casi a la forma de realización según la figura 8, no estando prevista una segunda
20 bobina 50.

Este elemento sensor 17 comprende un dispositivo 44 de devanado con una bobina 51 de Arquímedes, que está aplicada sobre el soporte 49 preferiblemente con una capa. El soporte 49 está fijado en la sección 72 de núcleo. La sección 72 de núcleo consta preferiblemente de material ferrítico. Igualmente la caperuza 21 de colocación está configurada de material ferrítico y preferiblemente unida formando una sola pieza con la sección 72 de núcleo. Este
25 soporte 49 con la sección 72 de núcleo y el dispositivo 44 de devanado puede alojarse mediante una carcasa 73 de sensor que puede insertarse en una carcasa 14 según la figura 1 o una carcasa adicional de sondas de medición. El soporte 49 según las figuras 8 y 9 puede estar configurado en correspondencia con las alternativas descritas anteriormente. Lo mismo se cumple para el dispositivo 44 de devanado aplicado sobre el mismo.

Mediante la configuración de acuerdo con la invención y disposición del elemento sensor 17 con la primera y segunda
30 bobina 50, 51 se aumenta por consiguiente la sensibilidad de medición para capas delgadas al alcanzarse mediante la configuración del núcleo de ferrita con respecto a la segunda bobina 50 una concentración de campo más elevada. Por ello puede alcanzarse una mejor resolución y exactitud de medición.

REIVINDICACIONES

1. Sonda de medición para medir el grosor de capas delgadas con una carcasa (14), con al menos un elemento sensor (17), que está alojado en la carcasa (14) de manera que puede moverse a lo largo de un eje longitudinal (16) y que comprende al menos un dispositivo (44) de devanado, que está asociado al eje longitudinal (16), con una caperuza (21) de colocación que indica hacia el lado frontal externo (53) de la carcasa (14) que está dispuesta en el eje longitudinal (16), en donde la caperuza (21) de colocación presenta un cuerpo base (55), que presenta una sección (56) de núcleo cilíndrica y una cubierta polar (58) dispuesta en un lado frontal de la sección (56) de núcleo, caracterizada porque a la caperuza (21) de colocación está asociado el dispositivo (44) de devanado, que está configurada a partir de un soporte (49) en forma de disco o anular con al menos una bobina (51) de Arquímedes dispuesta encima y el cuerpo base (55) se compone de un material ferrítico y la cubierta polar (58) se compone de metal duro,
2. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque en la sección (56) de núcleo está prevista una superficie (57) de apoyo redondeada, en cuyo eje longitudinal (16) está dispuesta la cubierta polar (58) y preferiblemente la cubierta polar (58) se extiende por la superficie (57) de apoyo redondeada o está configurada más pequeña.
3. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque la cubierta polar (58) está configurada por un recubrimiento de metal duro, en particular de un recubrimiento TiC o porque la cubierta polar (58) está configurada por un núcleo (59) de metal duro, que se extiende preferiblemente por completo a través del cuerpo base.
4. Sonda de medición según la reivindicación 2, caracterizada porque la superficie (57) de apoyo redondeada está configurada en el diámetro más pequeña que la sección (56) de núcleo y la superficie (57) de apoyo redondeada está prevista en una sección (64) de sujeción cónica con respecto a la sección (56) de núcleo que presenta una transición (56) redonda o escalonada hacia la sección (56) de núcleo y en particular en la sección (64) de sujeción del cuerpo base (55) está dispuesto el soporte (49), y preferiblemente la altura de la sección de sujeción (64) desde el cuerpo base (55) corresponde al menos al grosor del soporte (49) anular o en forma de disco.
5. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque la caperuza (21) de colocación se compone de óxido de hierro o de un material de plástico con partículas de hierro.
6. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque el dispositivo (44) de devanado comprende una bobina (51) de Arquímedes de una capa sobre el soporte (49).
7. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque la bobina (51) de Arquímedes del dispositivo (44) de devanado está colocada indicando hacia fuera hacia el lado frontal (53) de la carcasa (14).
8. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque sobre el soporte (49) está prevista al menos una segunda bobina (50), que está configurada como al menos otra bobina de Arquímedes y está dispuesta en el mismo lado del soporte (49) o en el lado enfrentado.
9. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque la primera y segunda bobina (50, 51) del dispositivo (44) de devanado están dispuestas enfrentadas entre sí sobre el soporte (49) y la bobina (50), que comprende un número más alto de devanados que la bobina (51), recubre esta al menos parcialmente.
10. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque el dispositivo (44) de devanado presenta una primera y una segunda bobina (51, 50), en donde la primera bobina (50) presenta menos devanados que la segunda bobina (51), y la primera bobina (51) para la medición del grosor de capa y la segunda bobina (50) está prevista para averiguar una desviación de la superficie de medición de un plano, en donde las bobinas (50, 51) se hacen funcionar con una frecuencia de más de 1 MHz.
11. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque sobre la al menos una bobina (51, 50) de Arquímedes del dispositivo (44) de devanado está aplicada una capa aislante.
12. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque el soporte (49) del dispositivo (44) de devanado, en la sección de lado frontal de la caperuza (21) de colocación adyacente a la cubierta polar (58) o colindando con esta, está fijado mediante una unión adhesiva, de enclavamiento o de encaje.
13. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque el soporte (49) se compone de un material eléctricamente no conductor y no magnetizable que preferiblemente está configurado en forma de disco plano o anular y

preferiblemente está configurado de un material semiconductor, en particular de germanio o silicio, que presenta preferiblemente un grosor de menos de 300 μm o en particular menos de 150 μm .

5 14. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque al soporte (49) está asociada una sección (72) de núcleo ferrítica ampliada con una caperuza (21) de colocación, que está dispuesta en el soporte (49) enfrentada a la primera bobina (51) y en la dirección de extensión radial recubre la primera bobina (51).

10 15. Sonda de medición según la reivindicación 1, caracterizada porque el soporte (49) de un material semiconductor comprende un circuito implementado o impreso al menos para el dispositivo (44) de devanado y preferiblemente el soporte (49) está dispuesto con un circuito (76) implementado en él o circuito impreso en un lado interno de la carcasa (73) de sensor o en un lado frontal de la carcasa (73) de sensor que indica hacia el lado externo de la carcasa (14) o el soporte (49) está dispuesto con el circuito implementado entre la primera y la segunda bobina (50,51) del dispositivo (44) de devanado.

16. Procedimiento para la fabricación de al menos un elemento sensor (17) con al menos un dispositivo (44) de devanado para una sonda (11) de medición según una de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque

15 - sobre un soporte (49) anular o en forma de disco se aplica al menos una bobina (51) de Arquímedes con contactos de conexión hacia el soporte (49), en donde
- sobre el soporte se aplica mediante un proceso de devanado al menos una bobina (51) de Arquímedes o
- se pega un alambre de devanado sobre el soporte (49) y se fija con un elemento (68) de presión sobre el soporte (49) durante o tras el proceso de devanado.

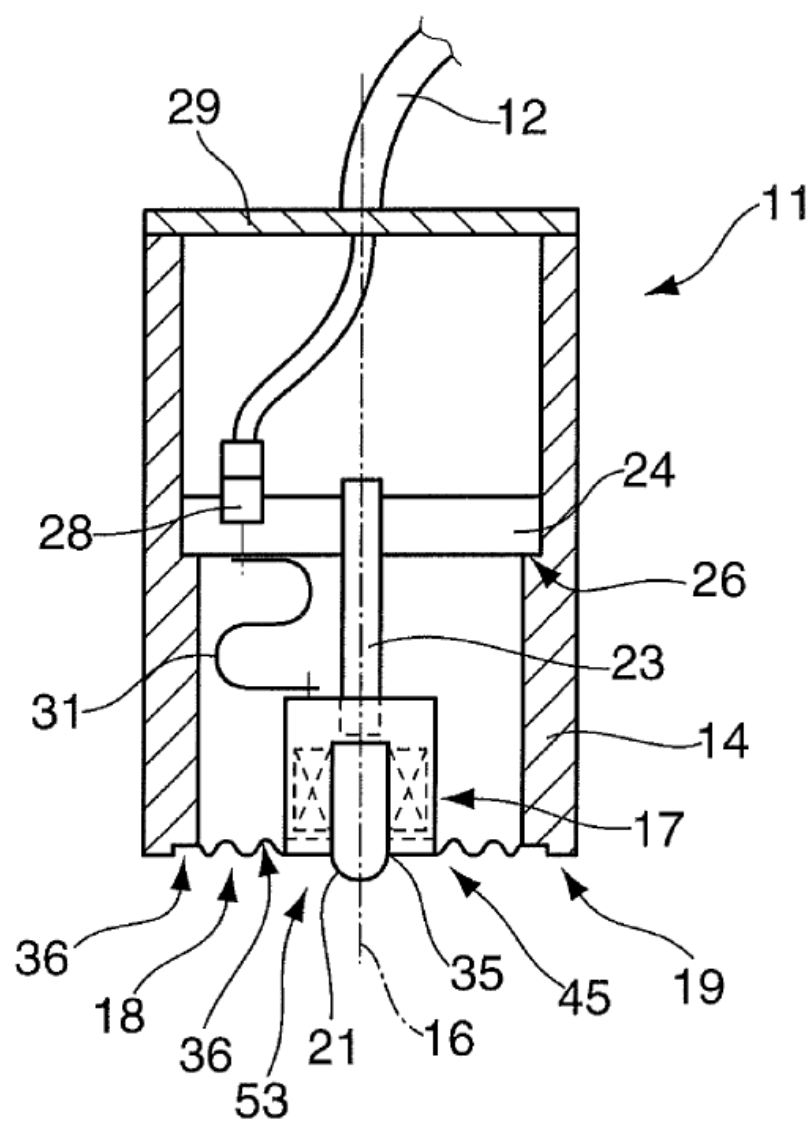


Fig. 1

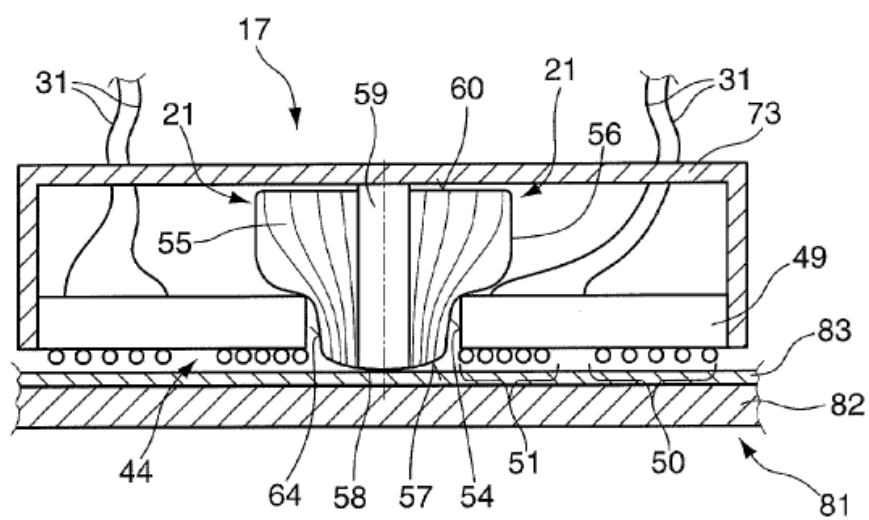


Fig. 2

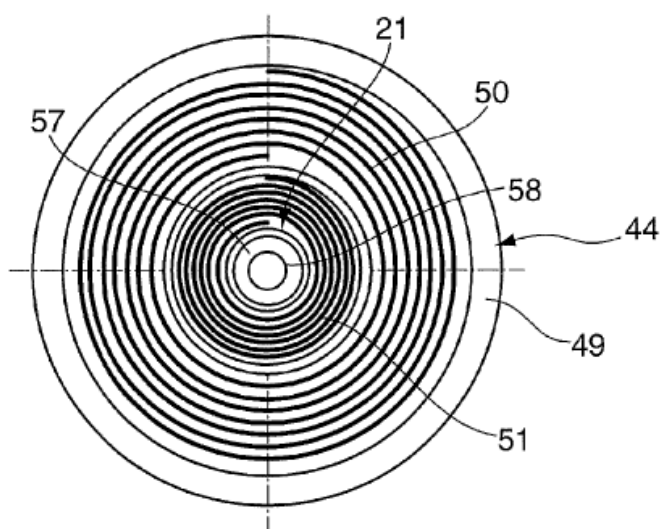


Fig. 3

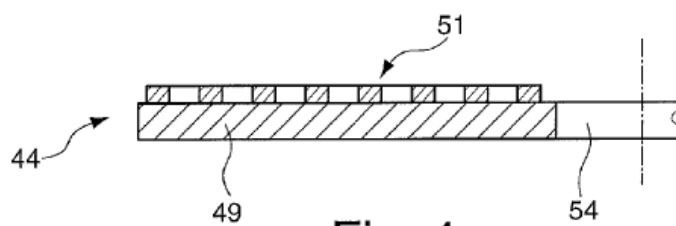


Fig. 4

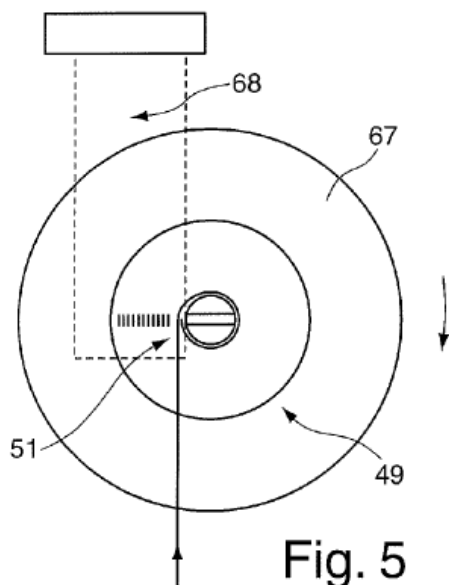


Fig. 5

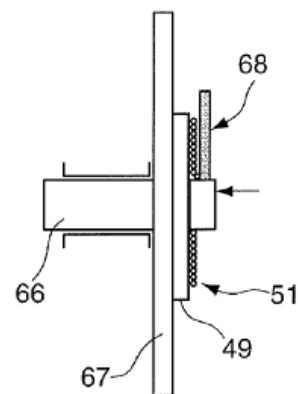


Fig. 6

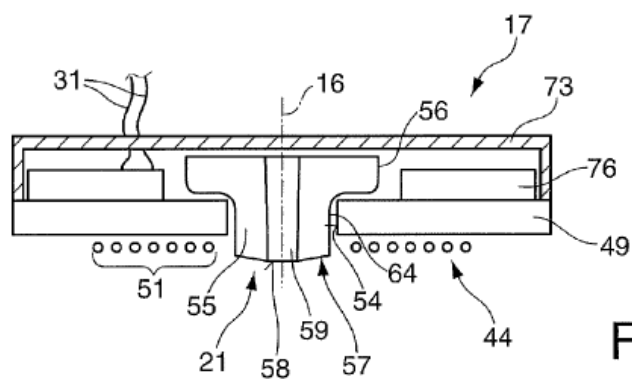


Fig. 7

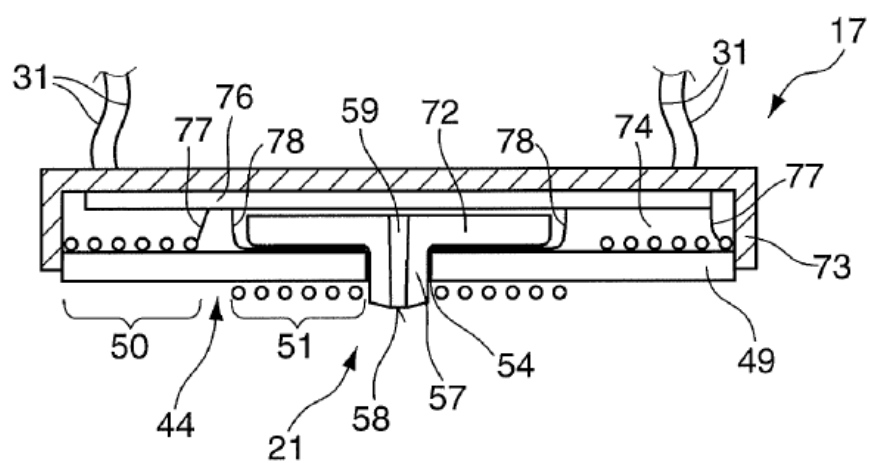


Fig. 8

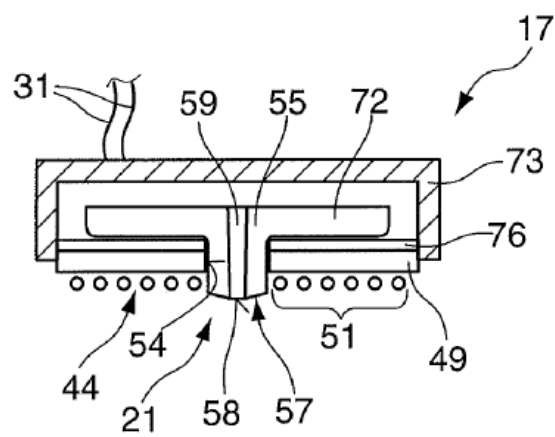


Fig. 9