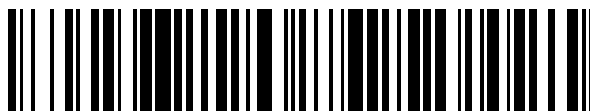


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 104**

51 Int. Cl.:

**G01R 1/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.08.2017 PCT/EP2017/069443**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.02.2018 WO18033380**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2017 E 17752048 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 3472629**

54 Título: **Disposición de medición para medir una corriente eléctrica en el intervalo de alta corriente**

30 Prioridad:

**17.08.2016 DE 102016010012**

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

**22.05.2020**

73 Titular/es:

**ISABELLENHÜTTE HEUSLER GMBH & CO.KG  
(100.0%)**

**Eibacher Weg 3-5  
35683 Dillenburg, DE**

72 Inventor/es:

**HETZLER, ULLRICH y  
POLLMANN, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

**ES 2 762 104 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

Disposición de medición para medir una corriente eléctrica en el intervalo de alta corriente.

5 La invención se refiere a una disposición de medición para medir una corriente eléctrica en el intervalo de alta corriente, en particular en el intervalo de corriente de más de 1 kA.

10 Por ejemplo, por el documento EP 0 605 800 A1 se conoce medir corrientes eléctricas por medio de una resistencia de medición de corriente de baja impedancia ("shunt") según la técnica de cuatro hilos. A este respecto, la corriente eléctrica que debe medirse fluye a través de la resistencia de medición de corriente de baja impedancia, midiéndose la caída de tensión a través de la resistencia de medición de corriente y formándose entonces correspondientemente a la ley de Ohm una medida para la corriente eléctrica.

15 Por el documento WO 2014/127788 A1 se conoce además utilizar la técnica de cuatro hilos también para la medición de corriente en instalaciones de media tensión e instalaciones de alta tensión. Sin embargo, en este documento todavía no se ofrece aún ninguna solución satisfactoria para el diseño de la resistencia y para la conexión eléctrica de la resistencia de medición de corriente a la instalación de media tensión o la instalación de alta tensión.

20 Además, por el documento US 2007/0177318 A1 se conoce una resistencia de medición de corriente, que posibilita una medición de corriente según la técnica de cuatro hilos. Sin embargo, esta resistencia de medición de corriente conocida está concebida para el montaje sobre una placa de circuito impreso y por consiguiente no es adecuada para la medición de corriente en una instalación de media tensión o instalación de alta tensión. Sin embargo, esta resistencia de medición de corriente conocida presenta ya un circuito de medición, para medir la  
25 caída de tensión en el elemento resistivo de la resistencia de medición de corriente, pudiendo ponerse el circuito de medición arriba sobre la resistencia de medición de corriente y estando unido entonces mediante una unión por encastre con la resistencia de medición de corriente. A este respecto, la falta de idoneidad para la medición de alta corriente en una instalación de media tensión o instalación de alta tensión procede por tanto también de que el circuito de medición no está integrado constructivamente y por tanto no está apantallado. Por tanto, en el  
30 caso de una medición de alta corriente en una instalación de media tensión o instalación de alta tensión, los componentes electrónicos del circuito de medición pueden destruirse.

35 Además, con respecto a los antecedentes técnicos generales de la invención también debe remitirse a los documentos US 6 801 118 B1, WO 2013/037677 A1 y US 3 245 021 A.

Por los documentos DE 29 39 594 A1, FR 1 454 129 A y DE 10 2013 005939 A1 se conoce parcialmente una disposición de medición según el preámbulo de la reivindicación 1. Sin embargo, esta disposición de medición conocida todavía no es completamente satisfactoria.

40 Por tanto, la invención se basa en el objetivo de crear una disposición de medición mejorada correspondientemente.

45 Este objetivo se alcanza mediante una disposición de medición según la invención según la reivindicación principal.

La disposición de medición según la invención presenta en primer lugar coincidiendo con el estado de la técnica una resistencia de medición de corriente de baja impedancia, para medir una corriente eléctrica según la técnica de cuatro hilos conocida. La resistencia de medición de corriente está compuesta esencialmente por una primera  
50 pieza de conexión de un material conductor (por ejemplo, cobre) para introducir la corriente eléctrica que debe medirse en la resistencia de medición de corriente, una segunda pieza de conexión de un material conductor (por ejemplo, cobre) para extraer la corriente eléctrica que debe medirse de la resistencia de medición de corriente y un elemento resistivo de un material resistivo (por ejemplo, Manganin®), estando conectado el elemento resistivo eléctricamente entre las dos piezas de conexión y fluyendo a través del mismo la corriente eléctrica que debe medirse. Tales resistencias de medición de corriente de baja impedancia se conocen básicamente por el  
55 documento EP 0 605 800 A1, pero tienen que adaptarse en cuanto al valor resistivo, las dimensiones y la forma a la magnitud de la corriente eléctrica que debe medirse y a los requisitos del cliente.

60 Además, la disposición de medición según la invención comprende un circuito de medición integrado constructivamente, que mide la caída de tensión eléctrica en el elemento resistivo. Por ejemplo, este circuito de medición puede estar configurado como circuito integrado específico de la aplicación (ASIC: *application-specific integrated circuit*). Tales ASIC se conocen, por ejemplo, por el documento EP 1 363 131 A1. Sin embargo debe mencionarse que el circuito de medición integrado presenta preferentemente una detección de valor de medición de 16 bits.

65 La disposición de medición según la invención se caracteriza ahora en primer lugar por que la medición de la caída de tensión eléctrica en el elemento resistivo de la resistencia de medición de corriente no tiene lugar

mediante un único par de tomas de tensión, sino mediante varios pares de tomas de tensión, estando unidos los pares de tomas de tensión con el circuito de medición. Esto resulta ventajoso porque la densidad de corriente en el elemento resistivo de la resistencia de medición de corriente de baja impedancia no es constante en el espacio. Esto tiene como consecuencia que el valor de medición de la caída de tensión en el elemento resistivo depende de la ubicación espacial de las tomas de tensión, lo que conduce a un error de medición. Por el contrario, en la disposición de medición según la invención con varios pares dispuestos de manera distribuida espacialmente de tomas de tensión existe la posibilidad de que el circuito de medición evalúe varios valores de medición de tensión, que se mide en los diferentes pares de tomas de tensión. A partir de estos diferentes valores de medición de tensión puede calcularse entonces, por ejemplo, un valor medio, con lo que se minimiza el error de medición. Detalles a este respecto se conocen por el documento WO 2014/161624 A1.

Además, la disposición de medición según la invención se caracteriza por dos conexiones de barra colectora, para poder unir la disposición de medición con barras colectoras. A este respecto, la primera conexión de barra colectora (preferentemente para el contacto con respectivamente tres barras colectoras dispuestas unas sobre otras) está unida eléctricamente con la primera pieza de conexión de la resistencia de medición de corriente de baja impedancia, mientras que la segunda conexión de barra colectora está unida eléctricamente con la segunda pieza de conexión de la resistencia de medición de corriente de baja impedancia. Por tanto, la disposición de medición según la invención posibilita ventajosamente una unión eléctrica sencilla y fiable con barras colectoras en una disposición de alta corriente.

En un ejemplo de realización preferido de la invención, las dos conexiones de barra colectora presentan respectivamente varias placas de conexión que se encuentran en paralelo unas sobre otras de un material conductor. Esto posibilita el contacto con respectivamente tres barras colectoras dispuestas unas sobre otras y ofrece la ventaja de que se divide la corriente eléctrica que debe medirse y fluye a través de las diferentes placas de conexión, con lo que la densidad de corriente también en el caso de una medición de alta corriente permanece en un intervalo relativamente reducido y no supera la capacidad de carga de corriente de las conexiones de barra colectora.

Además debe mencionarse que las dos conexiones de barra colectora están diseñadas preferentemente para el montaje con tornillos en las barras colectoras. Para ello, las conexiones de barra colectora pueden presentar, por ejemplo, perforaciones para la realización de una unión por tornillos.

Además debe mencionarse que las conexiones de barra colectora están preferentemente niqueladas, estañadas, plateadas o doradas, para mejorar la resistencia frente a las influencias medioambientales.

En el ejemplo de realización preferido de la invención, la disposición de medición presenta varias resistencias de medición de corriente de baja impedancia, que están conectadas eléctricamente en paralelo, de modo que se divide la corriente que debe medirse en varias corrientes parciales, que fluyen a través de las resistencias de medición de corriente individuales. A este respecto, las resistencias de medición de corriente pueden estar dispuestas unas sobre otras en varios planos. Además, en cada uno de los planos pueden estar dispuestas respectivamente varias resistencias de medición de corriente unas al lado de otras. En el caso de una fabricación de la resistencia de medición de corriente de baja impedancia a partir de una banda de material compuesto según el documento EP 0 605 800 A1, esta división en varias resistencias de medición de corriente puede conseguirse porque en la tira del material resistivo se realizan varias ranuras, que discurren a lo largo de la dirección de flujo de corriente y están dispuestas unas al lado de otras transversalmente a la dirección de flujo de corriente. Las ranuras separan entonces entre sí en la banda de material compuesto y la resistencia de medición de corriente que resulta de ello varios elementos resistivos que se encuentran unos al lado de otros.

Una particularidad la representa la integración de toda la electrónica de medición y de evaluación en el *shunt* en la proximidad inmediata de las tomas de tensión. La unión entre toma de tensión y transformador de medida (por ejemplo, ASIC) tiene lugar preferentemente con líneas flexibles en la técnica de Stripline. Ambas medidas (líneas cortas y técnica Stripline) conducen a una disposición de medición muy segura frente a las perturbaciones (superficie de antena extremadamente pequeña).

Además debe mencionarse que con la incorporación en el *shunt* los componentes electrónicos (por ejemplo, circuito de medición, interfaz de datos) de la disposición de medición según la invención están encapsulados dentro de un apantallamiento eléctrico de un material conductor. Esto es razonable, dado que en el caso de una medición de alta corriente de lo contrario sería posible una perturbación de los componentes electrónicos mediante la corriente eléctrica que debe medirse. El apantallamiento eléctrico se forma mediante las conexiones de barra colectora, piezas distanciadoras entre las conexiones de barra colectora y placas de refuerzo laterales, aisladas eléctricamente en un lado, de un material conductor. En el lado superior e inferior están colocadas de manera aislada eléctricamente en un lado chapas de apantallamiento adicionales de materiales ferromagnéticos.

Preferentemente, la disposición de medición comprende también una interfaz de datos integrada constructivamente para enviar datos a una unidad de evaluación en el lado de cliente y/o para recibir datos desde fuera. La interfaz de datos forma preferentemente también una separación galvánica, dado que la

disposición de medición por un lado y la unidad de evaluación por otro lado se encuentran habitualmente a diferentes potenciales eléctricos. Esta separación galvánica puede implementarse, por ejemplo, mediante un optoacoplador junto con un conductor de luz. Detalles con respecto a la implementación técnica de una interfaz de datos de este tipo se conocen, por ejemplo, por el documento WO 2014/127788 A1.

5

Además debe mencionarse que aunque el material resistivo del elemento resistivo en la resistencia de medición de corriente de baja impedancia presenta ciertamente una dependencia de la temperatura extremadamente reducida de su valor de resistencia, a pesar de ello no puede despreciarse que se persiga una medición muy exacta. Para la compensación de esta dependencia de la temperatura, la disposición de medición puede presentar uno o varios sensores de temperatura, que miden la temperatura del elemento resistivo de la resistencia de medición de corriente de baja impedancia y corrigen el valor de medición de la caída de tensión eléctrica en el elemento resistivo correspondientemente a una línea característica de corrección dependiente de la temperatura.

10

Además debe mencionarse que el material resistivo del elemento resistivo de la resistencia de medición de corriente de baja impedancia presenta una determinada fuerza termoeléctrica, que en el caso de una diferencia de temperatura entre el elemento resistivo por un lado y las piezas de conexión por otro lado genera una determinada tensión termoeléctrica. Esta tensión termoeléctrica se solapa con la tensión, que se genera mediante la corriente eléctrica que debe medirse en el elemento resistivo y por tanto conduce a un error de medición. Por tanto, en el ejemplo de realización preferido de la invención para la compensación de la caída de tensión termoeléctrica en el elemento resistivo está previsto un elemento de compensación, que está unido térmicamente con las dos piezas de conexión y así está expuesto a las mismas diferencias de temperatura que el elemento resistivo. Es decir, en el caso de una diferencia de temperatura entre el elemento de compensación por un lado y las piezas de conexión por otro lado, el elemento de compensación genera una determinada tensión termoeléctrica. A este respecto, el elemento de compensación y el elemento resistivo están conectados eléctricamente en serie en un circuito de medición de tensión, de modo que se compensan por lo menos parcialmente la tensión termoeléctrica del elemento resistivo por un lado y del elemento de compensación por otro lado. Los detalles de esta compensación de tensiones termoeléctricas se describen en la solicitud de patente alemana 10 2016 008 415.4. Además de este elemento de compensación se mide preferentemente en cada punto de medición de tensión la diferencia de temperatura, de modo que en el caso de una compensación incompleta de la tensión termoeléctrica puede tener lugar adicionalmente una corrección computacional.

15

20

25

30

Ya se ha mencionado anteriormente que la disposición de medición presenta tomas de tensión para captar la caída de tensión eléctrica en la resistencia de medición. Estas tomas de tensión pueden integrarse ventajosamente en un cable de cinta plano, que está en contacto eléctricamente por toda la superficie sobre la resistencia de medición de corriente. Este cable de cinta plano es preferentemente de múltiples capas y forma una tira conductora, pudiendo estar colocado también el sensor de temperatura ya mencionado anteriormente y el sensor de diferencia de temperatura sobre el cable de cinta plano. Además, el elemento de compensación ya mencionado anteriormente y que sirve para compensar la tensión termoeléctrica también puede estar colocado sobre el cable de cinta plano.

35

40

La soldadura fuerte directa del cable de cinta plano sobre la resistencia de medición de corriente de baja impedancia por regla general no es posible debido a la disipación de calor extremadamente buena del cobre y la resistencia a la temperatura limitada del cable de cinta plano. Por tanto, entre el cable de cinta plano y la resistencia de medición de corriente está dispuesta preferentemente una plaquita de un material conductor (por ejemplo, cobre), uniéndose esta plaquita mediante soldadura fuerte, sinterización, soldadura o bien adhesión conductora (es decir la producción de una unión adhesiva eléctricamente conductora) con la resistencia de medición de corriente. Esta plaquita presenta para el contacto eléctrico del cable de cinta plano clavijas de conexión (vástagos), que pueden doblarse hacia arriba, tras lo cual las clavijas de conexión de la plaquita se unen entonces con puntos de conexión eléctrica correspondientes del cable de cinta plano (se sueldan de manera fuerte, se sueldan o se pegan con adhesivos conductores).

45

50

Por tanto, la plaquita entre el cable de cinta plano y la resistencia de medición de corriente facilita la unión entre el cable de cinta plano y la resistencia de medición de corriente.

55

En una variante de la invención, la disposición de medición presenta para la alimentación de corriente de los componentes electrónicos un transformador de alta tensión.

60

Por el contrario, en otra variante de la invención para la alimentación de corriente está prevista una célula fotovoltaica, que para la generación de corriente se irradia a través de un conductor de luz desde una fuente de luz (por ejemplo, láser o LED). Detalles sobre este tipo de generación de corriente se conocen, por ejemplo, por el documento WO 2014/127788 A1.

65

Según la invención, la resistencia de medición de corriente presenta varias placas de material compuesto lisas, tal como se conocen, por ejemplo, por el documento EP 0 605 800 A1, comprendiendo estas placas de material compuesto el elemento resistivo y las piezas de conexión. A este respecto, las placas de material compuesto

están dispuestas unas sobre otras en paralelo entre sí. A este respecto, las placas de material compuesto adyacentes están unidas eléctrica y mecánicamente entre sí en las piezas de conexión, mientras que las placas de material compuesto adyacentes están separadas eléctricamente entre sí en la zona de los elementos resistivos mediante un intersticio de aislamiento. Es decir, se divide la corriente eléctrica que debe medirse y fluye por separado a través de los elementos resistivos adyacentes de las placas de material compuesto que se encuentran unas sobre otras.

Sin embargo, la división de corriente puede tener lugar no sólo en la dirección vertical, sino también en la dirección horizontal, es decir dentro de una placa de material compuesto. Para ello, las placas de material compuesto presentan respectivamente varias ranuras, que discurren a lo largo de la dirección de flujo de corriente y están dispuestas unas al lado de otras transversalmente a la dirección de flujo de corriente, separando las ranuras en las placas de material compuesto individuales respectivamente varios elementos resistivos entre sí.

La resistencia de medición de corriente puede presentar, por ejemplo, un valor resistivo en el intervalo de  $1 \mu\Omega$  -  $1 m\Omega$ .

El material resistivo de la resistencia de medición de corriente puede ser, por ejemplo, una aleación de cobre-manganeso-níquel, tal como, por ejemplo,  $Cu_{86}Mn_{12}Ni_2$ . Alternativamente existe también la posibilidad de que el material resistivo sea una aleación de cobre-manganeso-estaño, tal como, por ejemplo,  $Cu_{90,7}Mn_{7}Sn_{2,3}$ . Además también puede utilizarse una aleación de níquel-cromo, en particular una aleación de níquel-cromo-aluminio, tal como, por ejemplo,  $Ni_{74,5}Cr_{20}Al_{13,5}Si_{1}Mn_{0,5}Fe_{0,5}$ .

El material conductor es preferentemente cobre o una aleación de cobre. A este respecto, debe mencionarse que el material conductor presenta preferentemente una resistencia eléctrica específica menor que el material resistivo del elemento resistivo.

Además debe mencionarse que la disposición de medición puede someterse a carga preferentemente con una corriente elevada. Por ejemplo, la corriente máxima momentánea puede ascender a por lo menos 10 kA, 25 kA, 50 kA, 100 kA, 200 kA o incluso 500 kA. Por el contrario, la capacidad de carga con corriente permanente asciende preferentemente a por lo menos 1 kA, 2 kA, 5 kA, 10 kA, 20 kA o incluso por lo menos 30 kA.

Además, debe mencionarse que el elemento resistivo presenta en la dirección de flujo de corriente preferentemente una longitud relativamente reducida, que preferentemente es menor de 50 mm, 25 mm, 10 mm, 7 mm o incluso 5 mm.

Además debe mencionarse que la disposición de medición presenta preferentemente un error de linealidad muy reducido, que preferentemente es menor del 0,1%, el 0,05%, el 0,01% o incluso el 0,005%.

A este respecto, el circuito de medición está preferentemente libre de desfase y presenta una velocidad de muestreo de preferentemente más de 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz o 4 kHz.

Una propiedad especialmente ventajosa y esencial para la aplicación de la disposición de medición es la posibilidad de medir corrientes CC muy pequeñas (CC: corriente continua) desde algunos 100 mA hasta pocos amperios en una corriente CA elevada (CA: corriente alterna) de, por ejemplo, 20 kA. Esto se posibilita mediante la alta resolución del transformador de medida, su ausencia de desfase, la alta linealidad y el ruido extremadamente reducido. Adicionalmente, el muestreo absolutamente sincrónico de los canales de medición individuales (en el sistema descrito 8 canales) es de importancia decisiva. Esta medición sincrónica reduce el ruido del valor medio aún más en aproximadamente el 70%.

En cuanto a la forma de la resistencia de medición de corriente debe mencionarse que el elemento resistivo y/o las piezas de conexión tienen preferentemente forma de placa, tal como se conoce, por ejemplo, por el documento EP 0 605 800 A1, pudiendo ser el elemento resistivo y las piezas de conexión opcionalmente rectos o curvados.

Además, la resistencia de medición de corriente presenta preferentemente una resistencia interna térmica reducida, que es preferentemente menor de 1 K/W, 0,5 K/W, 0,1 K/W, 0,05 K/W o 0,02 K/W.

Además, todavía debe mencionarse que el circuito de medición presenta preferentemente varios canales de medición, concretamente un primer canal de medición para la detección de la corriente permanente y un segundo canal de medición independiente con una mayor velocidad de muestreo para la detección de la sobrecorriente.

Otros perfeccionamientos ventajosos de la invención se identifican en las reivindicaciones dependientes o se explican más detalladamente a continuación junto con la descripción de los ejemplos de realización preferidos de la invención mediante las figuras. Muestran:

la figura 1A, una vista en perspectiva de una zona parcial de la disposición de medición con una plaquita de cobre y una línea flexible,

5 la figura 1B, una vista ampliada de la figura 1A,

la figura 2, un diagrama de bloques para ilustrar la estructura y el modo de funcionamiento de la disposición de medición según la invención,

10 la figura 3A, una vista en sección transversal a través de una disposición de medición según la invención, así como

la figura 3B, una resistencia de medición de corriente de la disposición de medición según la figura 3A en sección transversal.

15 Las figuras 1A y 1B muestran diferentes vistas de una zona parcial de la disposición de medición con una de cuatro resistencias 1 de medición de corriente de baja impedancia para la medición de corriente según la técnica de cuatro hilos conocida, estando adaptada la resistencia 1 de medición de corriente a una medición de corriente en el intervalo de alta corriente de, por ejemplo, más de 1 kA.

20 La resistencia 1 de medición de corriente presenta en primer lugar una primera pieza de conexión 2, para introducir las corrientes eléctricas que deben medirse en la resistencia 1 de medición de corriente.

25 Además, la resistencia 1 de medición de corriente presenta una segunda pieza de conexión 3, para extraer la corriente eléctrica que debe medirse de nuevo de la resistencia 1 de medición de corriente.

30 Entre las dos piezas de conexión 2, 3 está dispuesto un elemento resistivo 4 de un material resistivo, tal como, por ejemplo, Manganin®, Zeranin® o Isohm®. A este respecto, el elemento resistivo 4 está unido eléctrica y mecánicamente a lo largo de sus cantos longitudinales mediante una unión soldada con las piezas de conexión adyacentes 2, 3.

35 En la resistencia 1 de medición de corriente se encuentran varias ranuras 5, que discurren a lo largo de la dirección de flujo de corriente y están dispuestas unas al lado de otras, de modo que las ranuras 5 separan eléctricamente entre sí varios elementos resistivos 4 en la resistencia 1 de medición de corriente. Es decir, la corriente eléctrica que debe medirse se divide en la resistencia 1 de medición de corriente y fluye entonces en paralelo a través de los elementos resistivos 4 que se encuentran unos al lado de otros, que están separados entre sí mediante las ranuras 5.

40 En el lado superior de la resistencia 1 de medición de corriente están dispuestos cables 6 de cinta planos (a modo de ejemplo se muestra sólo un punto de medición), que también sirven para la medición de la caída de tensión eléctrica en el elemento resistivo 4. Sin embargo, no es posible una soldadura fuerte directa de los cables 6 de cinta planos sobre la resistencia 1 de medición de corriente, dado que la resistencia 1 de medición de corriente está unida en la disposición de medición con las conexiones de barra colectora y con ello presenta una conductividad térmica muy grande y porque la resistencia a la temperatura del cable 6 de cinta plano está limitada. Por tanto, entre los cables 6 de cinta planos y la resistencia 1 de medición de corriente está dispuesta respectivamente una plaquita 7 de cobre, que en primer lugar se pone en contacto con la resistencia 1 de medición de corriente (por ejemplo, se suelda de manera fuerte) y forma tomas de tensión, para medir la caída de tensión eléctrica en el elemento resistivo 4. En la plaquita 7 de cobre están conformadas clavijas 8 de conexión, que se doblan hacia arriba, tal como se representa en los dibujos. A continuación puede soldarse de manera fuerte el cable 6 de cinta plano entonces de manera sencilla con las clavijas 8 de conexión.

50 Sobre el cable 6 de cinta plano se encuentra un sensor 9 de temperatura, que tiene el objetivo de medir la temperatura del elemento resistivo 4, para poder compensar errores de medición, que se provocan por la dependencia de la temperatura del material resistivo del elemento resistivo 4.

55 Además, sobre el cable 6 de cinta plano también está dispuesto un elemento de compensación 10 en forma de una plaquita de material compuesto, para compensar tensiones termoelectricas. Los detalles de esta compensación de tensiones termoelectricas se describen en la solicitud de patente alemana 10 2016 008 415.4.

60 Además y opcionalmente, sobre el cable 6 de cinta plano también puede estar dispuesto un elemento termoelectrico 11 para la medición de la diferencia de temperatura, para compensar computacionalmente tensiones termoelectricas.

65 Con respecto a la resistencia 1 de medición de corriente debe mencionarse además que la resistencia 1 de medición de corriente en el estado montado está conectada a conexiones de barra colectora, tal como se describirán a continuación aún más detalladamente.

La figura 2 muestra un diagrama de bloques de una disposición 12 de medición según la invención con la resistencia 1 de medición de corriente. En esta representación se representan esquemáticamente también conexiones de barra colectora 13, 14, que sirven para conectar la disposición 12 de medición a barras colectoras 15, 16, estando representadas las barras colectoras 15, 16 sólo esquemáticamente.

El diagrama de bloques muestra también un circuito 17 de medición, que mide la caída de tensión eléctrica en la resistencia 1 de medición de corriente, para calcular a partir de la misma la corriente eléctrica según la ley de Ohm.

Además, el circuito 17 de medición está unido con el sensor 9 de temperatura, el elemento de compensación 10 y el elemento termoelectrónico 11. La unión con el sensor 9 de temperatura posibilita una compensación de la dependencia de la temperatura de la resistencia eléctrica específica del material resistivo del elemento resistivo 4. Por el contrario, la unión con el elemento de compensación 10 posibilita una compensación de tensiones termoelectrónicas. Para ello, el elemento de compensación 10 está conectado en serie en el circuito de medición de tensión con la resistencia 1 de medición de corriente, de modo que las tensiones termoelectrónicas se compensan por lo menos parcialmente sobre la resistencia 1 de medición de corriente por un lado y sobre el elemento de compensación 10 por otro lado. El elemento termoelectrónico 11 es opcional y posibilita a través de la medición de la diferencia de temperatura una corrección computacional de la tensión termoelectrónica.

Además, la representación muestra una alimentación de corriente 18, que puede implementarse, por ejemplo, como transformador de alta tensión o por medio de una célula fotoeléctrica, tal como se describe, por ejemplo, en el documento WO 2014/127788 A1.

Además, la disposición 12 de medición presenta una interfaz 19 de datos con un optoacoplador, para poder transmitir datos a través de un conductor 20 de luz a una unidad de evaluación externa, formando el optoacoplador y el conductor de luz una separación galvánica eficaz.

Las figuras 3A y 3B muestran una vista en sección transversal a través de una disposición 12 de medición según la invención, que coincide parcialmente con el ejemplo de realización descrito anteriormente, de modo que para evitar repeticiones se remite a la descripción anterior, usándose para detalles correspondientes los mismos signos de referencia.

A este respecto, debe mencionarse que esta disposición 12 de medición presenta varias placas de conexión 21-26 de un material conductor (por ejemplo, cobre), estando dispuestas las placas de conexión 21-26 en tres planos en paralelo entre sí unas sobre otras. Entre las placas de conexión 21-26 o en el lado superior de las placas de conexión 21, 24 se encuentran varias piezas distanciadoras 27-32, que están compuestas igualmente de un material conductor (por ejemplo, cobre).

Las placas de conexión 21-26 forman parte de las conexiones de barra colectora 13, 14 y están diseñadas para un montaje con tornillos. Para ello, las placas de conexión 21-26 presentan respectivamente perforaciones 33 pasantes.

La disposición 12 de medición presenta dos resistencias 1 de medición de corriente (compuestas respectivamente por dos resistencias individuales), que se representan en detalle en la figura 3B.

Así, la resistencia 1 de medición de corriente presenta dos piezas de conexión 2.1, 2.2 para introducir la corriente eléctrica y dos piezas de conexión 3.1, 3.2 para extraer la corriente eléctrica, que están unidas respectivamente entre sí. Entremedias están dispuestos dos elementos resistivos 4.1, 4.2 de un material resistivo. Es decir, la corriente eléctrica que debe medirse se divide en la resistencia 1 de medición de corriente y fluye separada a través de los dos elementos resistivos 4.1, 4.2.

En la disposición 12 de medición se encuentra también una placa de circuito impreso 34 con el circuito 17 de medición, la alimentación de corriente 18 y la interfaz 19 de datos.

La placa de circuito impreso 34 está unida a través del cable 6 de cinta plano con las dos resistencias 1 de medición de corriente, no representándose el cable 6 de cinta plano en las figuras 3A y 3B.

En el lado superior, la disposición 12 de medición está cerrada mediante una tapa 35, mientras que en el lado inferior un fondo 36 cierra la disposición 12 de medición. La tapa 35 y el fondo 36 están compuestos por un material eléctricamente aislante o presentan por lo menos un revestimiento eléctricamente aislante, para impedir un cortocircuito no deseado a través de la tapa 35 o del fondo 36. La tapa 35 y el fondo 26 contienen un material de apantallamiento eléctricamente conductor, preferentemente ferromagnético, que está aislado por lo menos por un lado con respecto a la disposición de medición.

En el lado delantero y trasero en la figura 3 (es decir delante y detrás del plano de dibujo) está colocada una

placa de refuerzo mecánico, que están aisladas en un lado con respecto a la disposición de medición y están atornilladas con las placas de conexión compuestas de cobre 21-26. Estas placas de refuerzo no se representan en la figura 3.

- 5 La invención no se limita a los ejemplos de realización preferidos descritos anteriormente. Más bien son posibles un gran número de variantes y modificaciones, que utilizan igualmente la idea inventiva. El alcance de protección está definido por las reivindicaciones.

**Lista de signos de referencia:**

10	1	resistencia de medición de corriente como parte de la disposición de medición
	2, 2.1, 2.2	pieza de conexión para introducir la corriente
	3, 3.1, 3.2	pieza de conexión para extraer la corriente
	4, 4.1, 4.2	elemento resistivo
15	5	ranuras para separar los elementos resistivos
	6	cable de cinta plano
	7	plaquita de cobre
	8	clavijas de conexión de la plaquita de cobre
	9	sensor de temperatura
20	10	elemento de compensación como plaquita de material compuesto
	11	elemento termoeléctrico
	12	disposición de medición para la medición de corriente
	13	conexión de barra colectora
	14	conexión de barra colectora
25	15, 16	barras colectoras externas
	17	circuito de medición
	18	alimentación de corriente
	19	interfaz de datos con optoacoplador
	20	conductor de luz
30	21-26	placas de conexión de cobre
	27-32	piezas distanciadoras de cobre
	33	perforaciones en las placas de conexión para montaje con tornillos
	34	placa de circuito impreso
	35	tapa para el apantallamiento eléctrico
35	36	fondo para el apantallamiento eléctrico
	I	corriente



**REIVINDICACIONES**

1. Disposición (12) de medición para medir una corriente (I) eléctrica en el intervalo de alta corriente, en particular en el intervalo de corriente de más de 1 kA, que comprende

- a) una resistencia (1) de medición de corriente de baja impedancia para medir corriente según la técnica de cuatro hilos, que comprende
  - a1) una primera pieza de conexión (2) de un material conductor para introducir la corriente (I) eléctrica que debe medirse en la resistencia (1) de medición de corriente,
  - a2) una segunda pieza de conexión (3) de un material conductor para extraer la corriente (I) eléctrica que debe medirse de la resistencia (1) de medición de corriente, y
  - a3) un elemento resistivo (4) de un material resistivo, estando conectado el elemento resistivo (4) eléctricamente entre la primera pieza de conexión (2) y la segunda pieza de conexión (3) y fluyendo a través del mismo la corriente (I) que debe medirse, y
- b) un circuito (17) de medición integrado constructivamente, en particular como circuito integrado específico de la aplicación, en particular con una detección de valor de medición de 16 bits, midiendo el circuito (17) de medición la caída de tensión eléctrica en el elemento resistivo (4),
- c) varios pares de tomas de tensión para medir la caída de tensión eléctrica en el elemento resistivo (4), estando unidos los pares de tomas de tensión con el circuito (17) de medición, y
- d) una primera conexión de barra colectora (13) de un material conductor para la unión eléctrica y mecánica con una primera barra colectora (15), estando unida la primera conexión de barra colectora (13) eléctricamente con la primera pieza de conexión (2) de la resistencia (1) de medición de corriente, y
- e) una segunda conexión de barra colectora (14) de un material conductor para la unión eléctrica y mecánica con una segunda barra colectora (16), estando unida la segunda conexión de barra colectora (14) eléctricamente con la segunda pieza de conexión (3) de la resistencia (1) de medición de corriente,

caracterizada por que

- f) la resistencia (1) de medición de corriente presenta varias placas de material compuesto lisas, que comprenden respectivamente el elemento resistivo (4) y las piezas de conexión (2, 3),
- g) las placas de material compuesto están dispuestas en paralelo entre sí,
- h) las placas de material compuesto adyacentes están unidas eléctrica y mecánicamente entre sí en las piezas de conexión,
- i) las placas de material compuesto adyacentes están separadas entre sí eléctricamente en la zona del elemento resistivo (4) mediante un intersticio de aislamiento, y
- j) las placas de material compuesto presentan respectivamente varias ranuras (5), que discurren a lo largo de la dirección de flujo de corriente y están dispuestas unas al lado de otras transversalmente a la dirección de flujo de corriente y separan entre sí respectivamente varios elementos resistivos (4) en las placas de material compuesto.

2. Disposición (12) de medición según la reivindicación 1, caracterizada por que

- a) la primera conexión de barra colectora (13) presenta varias placas de conexión (24, 25, 26) que se encuentran en paralelo unas sobre otras de un material conductor, y
- b) la segunda conexión de barra colectora (14) presenta varias placas de conexión (21, 22, 23) que se encuentran en paralelo unas sobre otras de un material conductor.

3. Disposición (12) de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que

- a) la primera conexión de barra colectora (13) y/o la segunda conexión de barra colectora (14) está diseñada para el montaje con tornillos, y/o
- b) la primera conexión de barra colectora (13) y/o la segunda conexión de barra colectora (14) está por lo menos parcialmente niquelada.

4. Disposición (12) de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- 5 a) la disposición (12) de medición presenta varias resistencias (1) de medición de corriente de baja impedancia, que están conectadas eléctricamente en paralelo, de modo que la corriente que debe medirse se divide en varias corrientes parciales, que fluyen a través de las resistencias (1) de medición de corriente individuales, y/o
- 10 b) las resistencias (1) de medición de corriente están dispuestas unas sobre otras en varios planos, y/o
- c) en cada uno de los planos están dispuestas respectivamente varias resistencias (1) de medición de corriente unas al lado de otras.
- 15 5. Disposición (12) de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- a) la disposición (12) de medición presenta una interfaz (19) de datos integrada constructivamente para enviar y/o recibir datos, y
- 20 b) la interfaz (19) de datos presenta un optoacoplador, y
- c) al optoacoplador (19) está conectado un conductor (20) de luz, y
- d) la interfaz (19) de datos forma junto con el conductor (20) de luz una separación galvánica.
- 25 6. Disposición (12) de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- a) el circuito (17) de medición está encapsulado en un apantallamiento eléctrico de un material conductor, y/o
- 30 b) el apantallamiento eléctrico está formado por lo menos parcialmente por las conexiones de barra colectora (13, 14) y/o por piezas distanciadoras (27-32) de un material conductor entre las conexiones de barra colectora (13, 14) y/o por placas de refuerzo laterales de un material conductor.
- 35 7. Disposición (12) de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- a) los pares de tomas de tensión están dispuestos unos al lado de otros transversalmente a la dirección de flujo de corriente, y/o
- 40 b) el circuito (17) de medición mide las tensiones que caen en los pares de tomas de tensión de manera sincrónica con una alta velocidad de muestreo, preferentemente con una velocidad de muestreo de por lo menos 4 kHz, y/o
- c) el circuito (17) de medición calcula a partir de las tensiones medidas en los pares de tomas de tensión un valor medio, en particular un valor medio promediado.
- 45 8. Disposición (12) de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- a) está previsto por lo menos un sensor (9) de temperatura para medir la temperatura en la resistencia (1) de medición de corriente,
- 50 b) el circuito (17) de medición está unido con el sensor de temperatura,
- c) la resistencia (1) de medición de corriente presenta un valor resistivo dependiente de la temperatura, y
- 55 d) el circuito (17) de medición compensa la dependencia de la temperatura del valor resistivo correspondientemente a la temperatura medida por el sensor (9) de temperatura.
- 60 9. Disposición (12) de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- a) el elemento resistivo (4) de la resistencia (1) de medición de corriente presenta una determinada fuerza termoelectrónica, que en el caso de una diferencia de temperatura entre el elemento resistivo (4) por un lado y las piezas de conexión por otro lado genera una determinada tensión termoelectrónica, y
- 65 b) para compensar la caída de tensión termoelectrónica en el elemento resistivo (4) está previsto un elemento de compensación (10),

- c) el elemento de compensación (10) está unido térmicamente con las dos piezas de conexión (2, 3) y, por consiguiente, está expuesto a las mismas diferencias de temperatura que el elemento resistivo (4),
- 5 d) el elemento de compensación (10), en el caso de una diferencia de temperatura entre el elemento de compensación (10) por un lado y las piezas de conexión (2, 3) por otro lado, genera una determinada tensión termoeléctrica, y
- 10 e) el elemento de compensación (10) y el elemento resistivo (4) están conectados eléctricamente en serie en un circuito de medición de tensión y están unidos con el circuito (17) de medición, de modo que se compensan por lo menos parcialmente las tensiones termoeléctricas del elemento resistivo (4) por un lado y del elemento de compensación (10, 11) por otro lado.
10. Disposición (12) de medición según la reivindicación 9, caracterizada por que
- 15 a) para la compensación computacional de la tensión termoeléctrica que se genera sobre el elemento resistivo (4) está previsto un elemento termoeléctrico (11) para medir la diferencia de temperatura sobre el elemento resistivo (4), y
- 20 b) el circuito (17) de medición está unido con el elemento termoeléctrico (11).
11. Disposición (12) de medición según las reivindicaciones 8 y 9, caracterizada por que
- 25 a) están previstas unas tomas de tensión para captar la caída de tensión eléctrica en la resistencia de medición de corriente, y/o
- 30 b) las tomas de tensión están integradas en un cable (6) de cinta plano, y/o
- 35 c) el cable (6) de cinta plano está soldado de manera fuerte sobre la resistencia (1) de medición de corriente, y/o
- 40 d) el cable (6) de cinta plano es de múltiples capas, y/o
- e) el cable (6) de cinta plano forma una tira conductora, y/o
- 45 f) el sensor de temperatura está colocado sobre el cable (6) de cinta plano, y/o
- 50 g) el elemento de compensación que sirve para compensar la tensión termoeléctrica está colocado sobre el cable (6) de cinta plano, y/o
- 55 h) el elemento termoeléctrico (11) que sirve para medir la diferencia de temperatura está colocado sobre el cable (6) de cinta plano.
12. Disposición (12) de medición según la reivindicación 11, caracterizada por que
- 45 a) entre el cable (6) de cinta plano y la resistencia (1) de medición de corriente está dispuesta una plaquita (7) de un material conductor, en particular de cobre, y/o
- 50 b) la plaquita (7) está unida mediante soldadura fuerte, sinterización, soldadura o adhesión conductora con la resistencia (1) de medición de corriente, y/o
- 55 c) la plaquita (7) presenta clavijas (8) de conexión para el contacto eléctrico del cable (6) de cinta plano, y/o
- d) las clavijas (8) de conexión de la plaquita (7) están unidos con puntos de conexión eléctrica del cable (6) de cinta plano, en particular mediante soldadura fuerte, adhesión o soldadura.
13. Disposición (12) de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- 60 a) la disposición (12) de medición presenta para la alimentación de corriente del circuito (17) de medición un transformador de alta tensión (18), o
- 65 b) la disposición (12) de medición para la alimentación de corriente del circuito (17) de medición presenta una célula fotovoltaica (18) que, para generar corriente, se irradia a través de un conductor de luz desde una fuente de luz, en particular desde un láser.
14. Disposición (12) de medición según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que

## ES 2 762 104 T3

- a) la resistencia (1) de medición de corriente presenta un valor resistivo de como máximo 1 m $\Omega$ , 500  $\mu\Omega$ , 250  $\mu\Omega$ , 100  $\mu\Omega$ , 50  $\mu\Omega$ , 25  $\mu\Omega$ , 10  $\mu\Omega$ , 5  $\mu\Omega$ , 2  $\mu\Omega$  o como máximo 1  $\mu\Omega$ , y/o
- 5 b) el material resistivo de la resistencia (1) de medición de corriente es uno de los siguientes materiales:
- b1) una aleación de cobre-manganeso-níquel compuesta en particular de Cu86Mn12Ni2,
- b2) una aleación de cobre-manganeso-estaño, en particular Cu90,7Mn7Sn2,3,
- 10 b3) una aleación de níquel-cromo, en particular una aleación de níquel-cromo-aluminio, en particular Ni74,5Cr20Al3,5Si1Mn0,5Fe0,5, y/o
- c) el material conductor es cobre o una aleación de cobre, y/o
- 15 d) el material conductor presenta una resistencia eléctrica específica menor que el material resistivo, y/o
- e) la disposición (12) de medición puede someterse a una carga por impulso con una corriente máxima momentánea de por lo menos 10 kA, 25 kA, 50 kA, 100 kA, 200 kA, 500 kA, en particular con una duración de impulso de 100 ms, y/o
- 20 f) la disposición (12) de medición puede someterse a carga con una corriente permanente de por lo menos 1 kA, 2 kA, 5 kA, 10 kA, 20 kA o 30 kA, y/o
- 25 g) el elemento resistivo (4) presenta en la dirección de flujo de corriente una longitud de como máximo 50 mm, 25 mm, 10 mm, 7 mm o 5 mm, y/o
- h) el circuito (17) de medición y la interfaz (19) de datos están dispuestos dentro de un apantallamiento eléctrico, y/o
- 30 i) la disposición (12) de medición presenta un error de linealidad de menos del 0,1%, el 0,05%, el 0,01%, el 0,005%, y/o
- j) el circuito (17) de medición está libre de desfase, y/o
- 35 k) el circuito (17) de medición presenta una velocidad de muestreo de por lo menos 500 Hz, 1kHz, 2 kHz o por lo menos 4 kHz, y/o
- l) el elemento resistivo (4) de la resistencia (1) de medición de corriente tiene forma de placa, y/o
- 40 m) la primera pieza de conexión y/o la segunda pieza de conexión de la resistencia (1) de medición de corriente tiene forma de placa, y/o
- n) la disposición (12) de medición presenta una resistencia interna térmica reducida de menos de 1 K/W, 0,5 K/W, 0,1 K/W, 0,05 K/W o 0,02 K/W, y/o
- 45 o) el circuito (17) de medición presenta para la detección de la corriente permanente un primer canal de medición con una primera velocidad de muestreo y para la detección de la sobrecorriente un segundo canal de medición independiente con una segunda velocidad de muestreo mayor, y/o
- 50 p) el elemento resistivo (4) está unido con la primera pieza de conexión y con la segunda pieza de conexión mediante una unión soldada, en particular mediante una soldadura por haz de electrones, y/o
- 55 q) la resistencia (1) de medición de corriente presenta varias ranuras, que discurren a lo largo de la dirección de flujo de corriente y están dispuestas unas al lado de otras transversalmente a la dirección de flujo de corriente y separan entre sí varios elementos resistivos, de modo que se divide la corriente eléctrica que debe medirse y fluye a través de los elementos resistivos individuales (4).

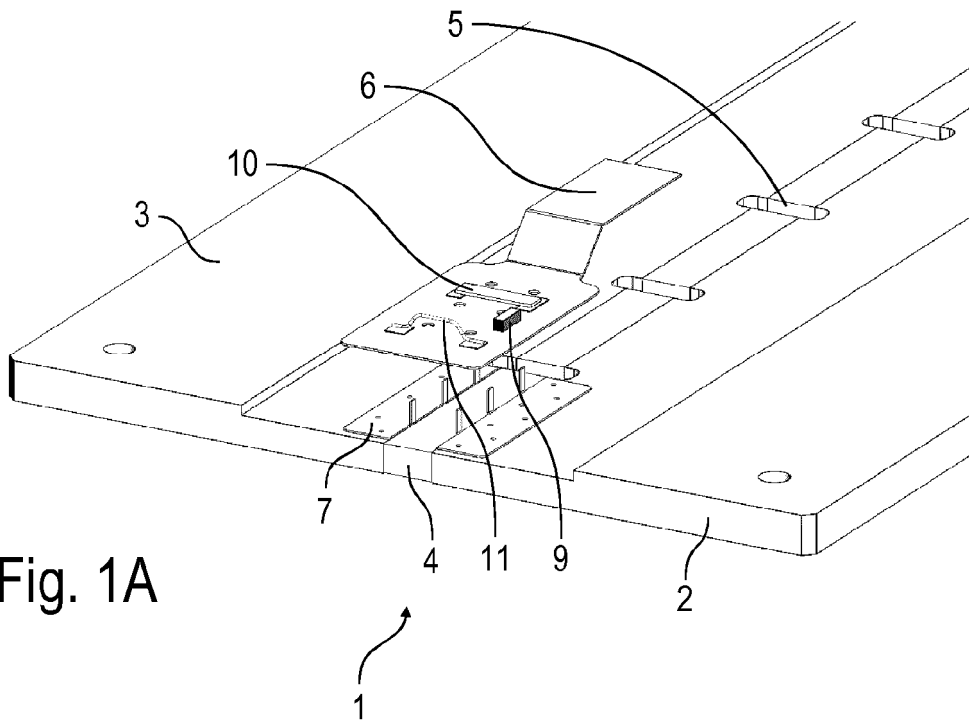


Fig. 1A

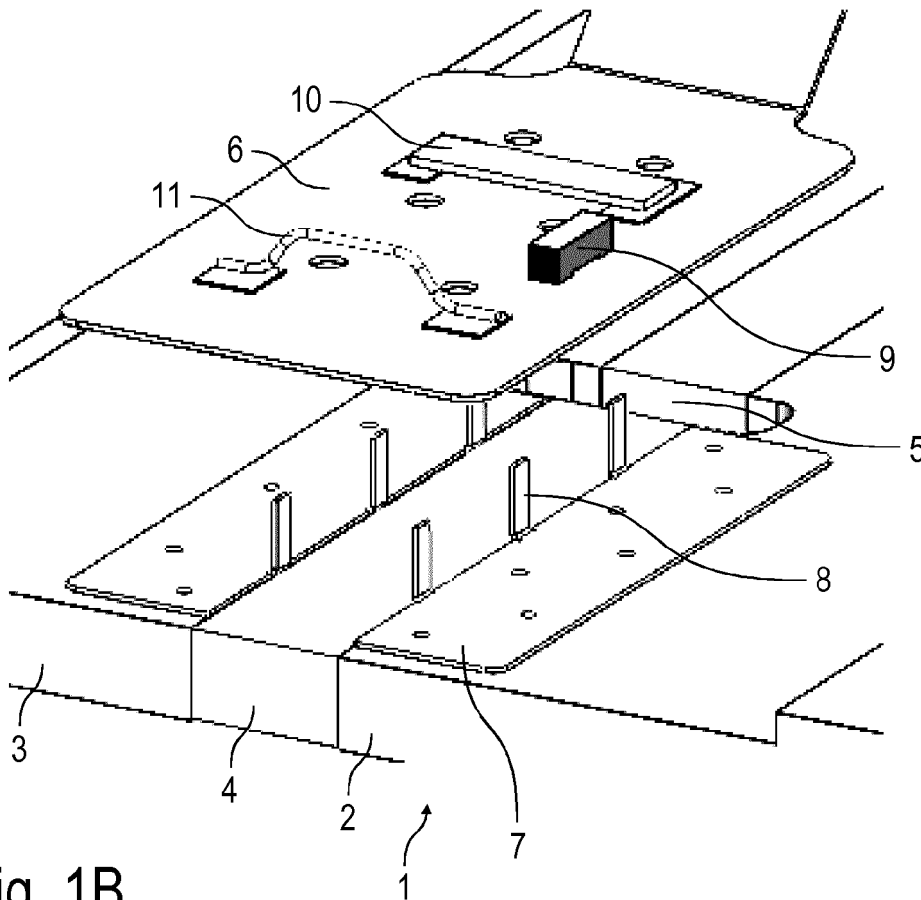


Fig. 1B

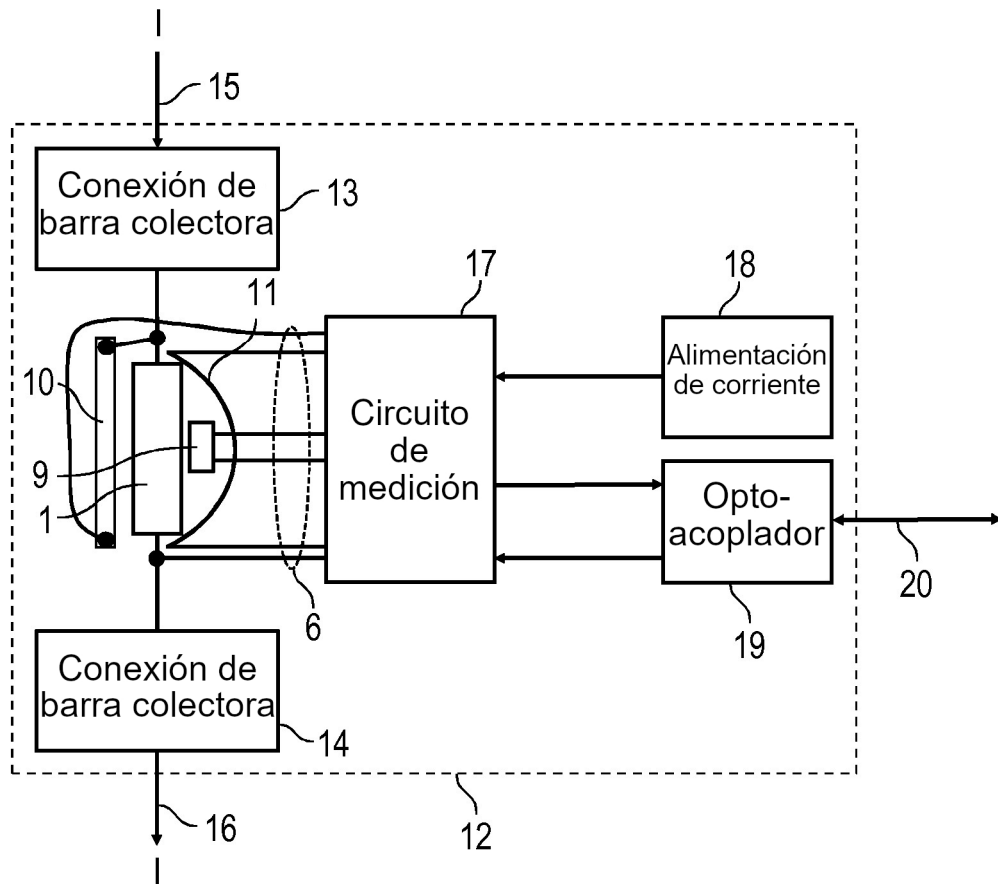


Fig. 2

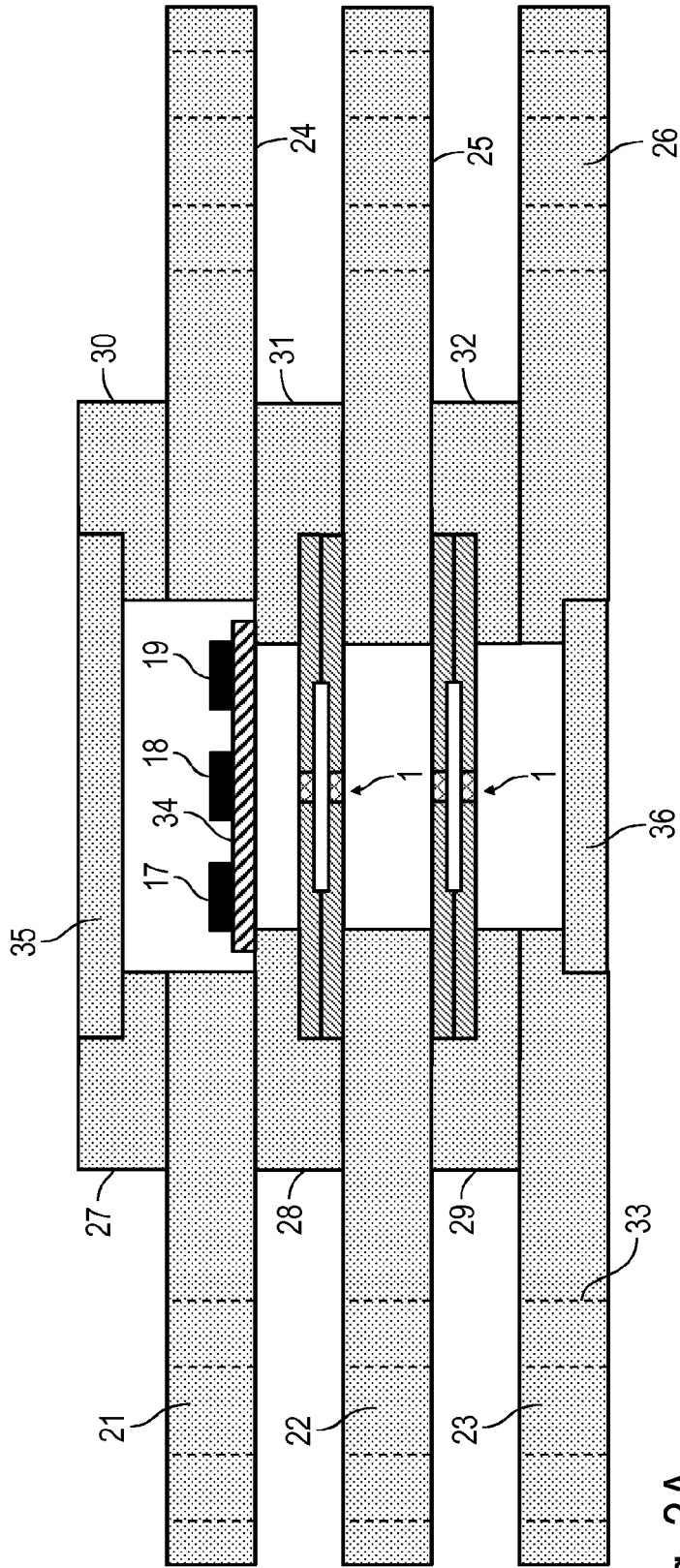


Fig. 3A

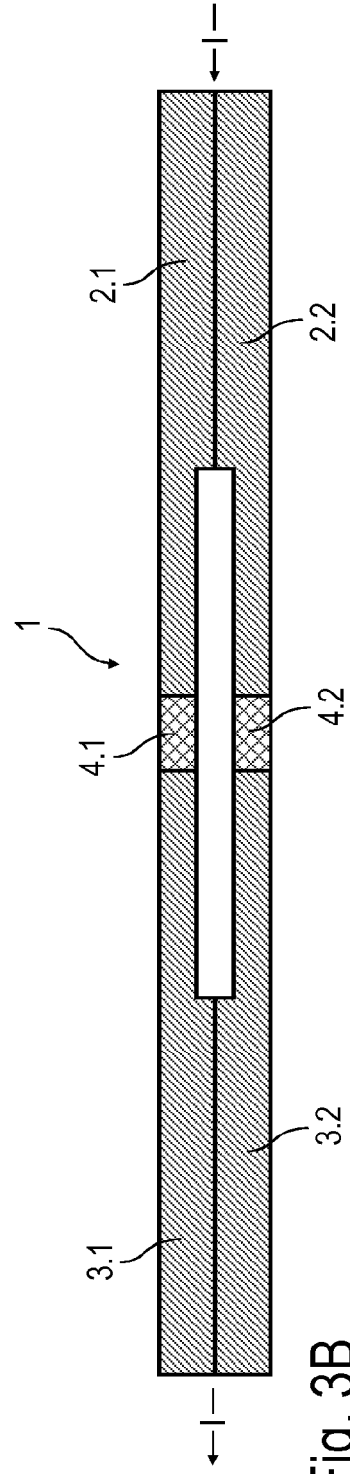


Fig. 3B