

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 507**

51 Int. Cl.:

G01R 15/24

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.04.2005** **PCT/CH2005/000221**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.11.2005** **WO05111633**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2005** **E 05729365 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017** **EP 1745300**

54 Título: **Bobina de detección de fibra óptica y sensor de corriente o de campo magnético**

30 Prioridad:

13.05.2004 EP 04405308

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

28.09.2017

73 Titular/es:

ABB RESEARCH LTD. (100.0%)
Afolternstr. 52
8050 Zürich, CH

72 Inventor/es:

BOHNERT, KLAUS;
GABUS, PHILIPPE;
NEHRING, JUERGEN y
BRÄNDLE, HUBERT

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 634 507 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

Bobina de detección de fibra óptica y sensor de corriente o de campo magnético

5 **Campo técnico**

La invención se refiere al campo de los sistemas de sensor de fibra óptica. Se refiere a una cabeza de sensor, un sensor de corriente o de campo magnético y a una instalación de alta tensión, así como a un procedimiento para la fabricación de una cabeza de sensor según el preámbulo de las reivindicaciones independientes.

10

Estado de la técnica

Una cabeza de sensor de este tipo se conoce por ejemplo por el documento EP 0'856'737 A1. En este se describe un sensor de corriente de fibra óptica con una cabeza de sensor, que incluye una fibra de sensor dispuesta en un capilar que forma una bobina de detección. La fibra de sensor está liberada de su envoltura de fibra y después se trata térmicamente para detener tensiones mecánicas que llevan a influencias molestas mediante una birrefringencia no deseada. Por ello se alcanza una mejora de la estabilidad de temperatura de las mediciones de sensor. En el capilar está introducido un gas de protección o también un aceite con el fin de impedir la penetración de humedad o vapores químicamente agresivos en el interior del capilar, por lo que la fibra de sensor sin envoltura de fibra podría dañarse químicamente.

Una cabeza de sensor de este tipo tiene la desventaja de que su fibra de sensor no es flexible. La bobina de detección por lo tanto no tiene ninguna forma variable, sino una fija predeterminada. Para la medición de una corriente eléctrica que fluye en un conductor el sensor por lo tanto no puede montarse sin abrir el conductor. En el caso de un diámetro de bobina grande una forma de bobina fija supone una desventaja también para transporte y montaje. Si la bobina de un sensor de este tipo se configurara flexible esto repercutiría de manera desventajosa en su exactitud. No se garantizaría una sensibilidad de medición estable.

Además por los documentos JP 2001-083187 y JP 2001-121675 se conoce un sensor de corriente de fibra óptica y una cabeza de sensor correspondiente que posibilita la disposición de un bucle de bobina de detección alrededor de un conductor sin interrumpir el conductor. Para ello una fibra de sensor del sensor está fijada en sus dos extremos en una pieza de bastidor de forma semicircular rígida en cada caso, ambas piezas de bastidor que están unidas entre sí mediante una bisagra y en un estado cerrado forman un anillo en cuyo lado externo discurre la fibra de sensor. No son posibles las mediciones con una exactitud en el intervalo de por mil con un sensor de este tipo y se dificulta un transporte y un montaje de la cabeza de sensor en relaciones de espacio estrechas.

En el documento JP-A-09 068 618 se da a conocer un sensor de fibra óptica cuya fibra de sensor está incrustada en un revestimiento de manera excéntrica desplazada hacia el exterior para mantener bajas la deformación de fibra y la microcurvatura.

40

Representación de la invención

Es objetivo de la invención crear una cabeza de sensor y un sensor de corriente o de campo magnético del tipo mencionado al principio que no presente las desventajas anteriormente mencionadas. En particular va a posibilitarse una medición de corriente o de campo magnético independiente en gran medida de la temperatura con cabeza de sensor de montaje adecuado, posibilitándose mediciones con diámetros de bobina de detección grandes, tal como es necesario por ejemplo para la medición de corrientes en conductores con sección transversal grande.

En particular la elevada exactitud de medición va a alcanzarse también cuando la bobina de detección se monte y se desmonte repetidas veces, y sin que sea necesario por ello una nueva calibración del sensor. Va a posibilitarse la calibración del sensor en la fabricación (de la bobina de detección o del sensor) y des pues el cambio de la forma de la fibra de sensor, y después el montaje en el lugar de empleo bajo la nueva formación de una bobina sin que sea necesaria una nueva calibración del sensor. El montaje del sensor y la bobina de detección alrededor de un conductor va a poder realizarse sin una apertura del conductor. Este objetivo resuelve una cabeza de sensor de fibra óptica con las características de la reivindicación independiente 1 así como un procedimiento para la fabricación de una cabeza de sensor con las características de la reivindicación independiente 19. Una cabeza de sensor de fibra óptica de acuerdo con la invención para un sensor de corriente o de campo magnético comprende una fibra óptica, que contiene una fibra de sensor activa de manera magneto-óptica conectada de manera óptica con al menos un elemento de definición de polarización, pudiendo disponerse la fibra de sensor alrededor de un conductor que conduce la corriente que va a medirse, o en un campo magnético que va a medirse, en forma de una bobina, estando definido a través de la bobina un plano de bobina con una normal de superficie, y presentando el al menos un elemento de definición de polarización un eje marcado.

La cabeza de sensor puede flexionarse además en la zona de la fibra de sensor (flexible), y está presente un medio de ajuste para el ajuste de un ángulo que puede determinarse β entre el eje marcado y la normal de superficie, o

para el ajuste de ángulos que pueden predeterminarse β, β' entre los ejes marcados y la normal de superficie. En el caso de dos elementos de definición de polarización el ángulo β se presenta entre un eje marcado de un elemento de definición de polarización y la normal de superficie, y el ángulo β' se presenta entre un eje marcado del otro elemento de definición de polarización y la normal de superficie.

5

La fibra de sensor es una fibra no tratada térmicamente a al menos la temperatura de reblandecimiento del material de fibra de sensor. Por ello la fibra de sensor permanece en un estado especialmente flexible por lo que la fabricación de cabezas de sensores para bobinas de gran diámetro y el montaje de la cabeza de sensor está simplificada notablemente.

10

La fibra de sensor está liberada de su envoltura de fibra. El que la fibra de sensor se haya liberado de su envoltura de fibra evita la inducción de birrefringencia no deseada mediante fuerzas mecánicas que aparecen en general en el caso de variaciones de temperatura y que ejercer la envoltura de fibra sobre las fibras. Ya que en general los coeficientes de dilatación térmica de envoltura de fibra y revestimiento (*cladding*) son de diferente longitud. Las birrefringencias molestas de este tipo llevan normalmente a imprecisiones de medición de 1 % a 2 % y más.

15

El término bobina no significa en este caso que la bobina deba tener necesariamente una o varias vueltas cerradas o que deba tener necesariamente vueltas redondas o dispuestas en forma espiral. En el caso de un sensor de corriente estas características son ventajosas. En cambio en el caso de un sensor de campo magnético la bobina no puede estar cerrada; mejor dicho, la fibra de sensor está extendida con ventaja más bien longitudinalmente a lo largo del campo magnético. También en un caso de este tipo es válido que la fibra de sensor esté dispuesta con respecto a una bobina. Si por ejemplo la fibra está dispuesta en forma de un segmento circular el plano de bobina se da como el plano que contiene este segmento circular. En el caso de que la fibra de sensor esté dispuesta de manera perfectamente lineal (no curvada) no forma ninguna bobina, y tampoco está definido ningún plano de bobina.

25

Las reflexiones sobre la invención han dado como resultado que el ángulo β o los ángulos β, β' , a través del cual o a través de los cuales se da la orientación acimutal del elemento de definición de polarización con respecto al plano de bobina puede tener una pequeña influencia en la calibración. Este se sitúa normalmente en el intervalo por mil, sin embargo puede llegar también hasta el intervalo por ciento. Para mediciones de alta precisión por tanto debe considerarse el ángulo β o deben considerarse los ángulos β, β' . Las reflexiones sobre la invención que han llegado al reconocimiento de la relevancia del ángulo β o el ángulo β, β' están expuestas más adelante.

30

Un sensor de acuerdo con la invención suministra en general una señal de medición que es proporcional al desplazamiento de fase dependiente de las magnitudes a medir. La calibración significa esencialmente que se busca un factor constante (factor de calibración) y se ajusta, de modo que una corriente que puede predeterminarse (por ejemplo 1 kA) o un campo magnético que puede predeterminarse da una señal de partida deseada (por ejemplo 1 división de escala o 1 V). Si antes o durante el montaje de la cabeza de sensor aparece una variación del factor de calibración entonces la exactitud de medición del sensor se ve perjudicada y se indica una nueva calibración.

35

Una cabeza de sensor inventiva está prevista en general o para un sensor en una configuración *réflex* o un sensor en una configuración Sagnac. En el primer caso en un extremo de la fibra de sensor está previsto un azogamiento, mientras que el otro extremo está provisto de un polarizador o con un elemento de retardo de propagación de fase o una fibra de alimentación que mantiene la polarización. El polarizador o el elemento de retardo de propagación de fase o la fibra de alimentación definen el estado de polarización de la luz que incide en la fibra de sensor. Sirven por lo tanto como elementos de definición de polarización. Se produce un ángulo β entre la normal de superficie del plano de bobina y el eje marcado del elemento de definición de polarización (en el caso del polarizador: el eje a lo largo de la dirección de transmisión; en el caso del elemento de retardo de propagación de fase o una fibra de alimentación que mantiene la polarización: uno de los ejes principales, por ejemplo el eje principal lento).

45

En el caso de una fibra de alimentación que mantiene la polarización o de un polarizador de fibra óptica las direcciones de eje o la dirección de paso directamente delante del elemento de retardo de propagación de fase o delante de la fibra de sensor son determinantes, porque la fibra de alimentación o un polarizador de fibra podría estar torcido, de modo que las direcciones de eje a lo largo de la fibra varían.

50

En la configuración Sagnac ambos extremos de la fibra de sensor están provistos de un elemento de definición de polarización de este tipo en cada caso, de modo que se producen dos ángulos β, β' que pueden estar seleccionados perfectamente con distinto tamaño. En el caso de un sensor en la configuración de Sagnac en el montaje ha de efectuarse una operación de empalme o de inserción cuando la cabeza de sensor debe montarse sin abrir el conductor.

55

Con ventaja como medio de ajuste sirve un dispositivo mecánico para la fijación del ángulo β o de los dos ángulos β, β' .

60

Con gran ventaja la fibra de sensor está dispuesta en un capilar. El capilar asume la protección mecánica de la fibra liberada de la envoltura de fibra e impide la actuación de fuerzas externas sobre la fibra.

65

De manera ventajosa el medio de ajuste está previsto (al poder ajustarse mediante el medio de ajuste el ángulo β de manera reproducible o poder ajustarse los ángulos β, β' de manera reproducible) para alcanzar una reproducibilidad de una birrefringencia global de la fibra de sensor, cuando la fibra de sensor se cambia de forma entre una calibración del sensor de corriente o de campo magnético y un montaje de la bobina en un lugar de empleo.

5

En la práctica esta birrefringencia global se compone esencialmente de las siguientes reproducciones:

- birrefringencia inducida por flexión,
- birrefringencia intrínseca por tensión interna en la fibra de sensor y mediante una forma que no es perfectamente
- 10 - rotacionalmente simétrica del núcleo de fibra de la fibra de sensor,
- tensión en empalmes de fibra de la cabeza de sensor, y
- birrefringencia al no ser la fibra de sensor en el estado no tensado exactamente lineal, sino una curvatura previa.

La aparición de estas contribuciones de birrefringencia que influyen en la señal de medición en el intervalo por mil o por ciento apenas puede evitarse, pero su influencia conjunta sobre la señal de medición puede reproducirse en el caso de un sensor de acuerdo con la invención, con las ventajas ya mencionadas.

En una forma de realización ventajosa el medio de ajuste contiene un cuerpo de soporte, en el que está fijado el al menos un elemento de definición de polarización.

20

De manera ventajosa el cuerpo de soporte es un cuerpo de soporte que puede deformarse de manera flexible. Este tiene la ventaja de que su forma (y por tanto la forma de la cabeza de sensor) puede adaptarse a circunstancias externas (espacio existente, geometría predeterminada en el lugar de empleo) permite un montaje simplificado y puede transportarse de manera sencilla y ahorrando espacio.

25

Con ventaja el cuerpo de soporte está configurado de tal manera que mediante él y la fijación del elemento de definición de polarización el al menos un ángulo β está fijado.

De manera especialmente ventajosa el cuerpo de soporte el cuerpo de soporte está configurado de tal manera que mediante él y la fijación del elemento de definición de polarización en el mismo está establecida la posición relativa del eje marcado o ejes con respecto al plano de bobina. Con ventaja el cuerpo de soporte puede predeterminar la forma de la bobina.

En una forma de realización especialmente ventajosa la fibra de sensor está extendida a lo largo de un eje longitudinal del cuerpo de soporte. Por ello la forma de la bobina se predeterminar mediante la forma del cuerpo de soporte. Con ventaja una dirección de flexión preferida del cuerpo de soporte está predeterminada perpendicular al eje longitudinal. Por ello puede predeterminarse en un cuerpo de soporte flexible, en qué forma puede formarse este en un tipo en forma de bobina. El cuerpo de soporte por lo tanto es flexible con ventaja (al menos para una dirección de flexión marcada). La forma de la bobina puede estar adaptada entonces también a la forma de una carcasa.

40

En una forma de realización preferida la fibra de sensor en la flexión del cuerpo de soporte hacia la dirección de flexión preferida está dispuesta en o cerca del plano neutral del cuerpo de soporte. Por ello la tensión mecánica se minimiza, que experimenta la fibra de sensor en la conformación de la bobina mediante la flexión del cuerpo de soporte. Esto lleva a una exactitud de medición mayor y estabilidad de calibración de un sensor, que mide mediante la cabeza de sensor.

45

De manera especialmente ventajosa el ángulo β o los ángulos β, β' están seleccionados en función

- de la birrefringencia intrínseca de la fibra de sensor y birrefringencia en empalmes,
- 50 - de birrefringencia inducida por flexión, y
- de birrefringencia debido a una curvatura previa de la fibra de sensor, de tal manera que
- la influencia de variaciones de la birrefringencia inducida por flexión o
- la influencia de variaciones del ángulo β o el ángulo β, β'

55 en señales de medición, que pueden generarse por un sensor de corriente o de campo magnético con la cabeza de sensor (2), es mínima.

Se averiguó que es posible una selección de ángulos β concretos correspondientes. Las birrefringencias mencionadas pueden determinarse; y por ejemplo por medio de matrices de Jones puede calcularse una señal de medición, por ejemplo una señal normalizada en función del ángulo β . De ello resultan los ángulos β buscados. La señal de medición resulta del desplazamiento de fase que experimenta la luz que se expande en la cabeza de sensor durante una medición, y es esencialmente proporcional a la corriente o campo magnético que va a medirse.

60

En una construcción preferida la fibra de sensor esencialmente está dispuesta en el plano de bobina. En este caso (en el caso de un sensor interferométrico reflectivo) el elemento de definición de polarización es una fibra de

65

alimentación que mantiene la polarización, estando dispuesto entre la fibra de alimentación que mantiene la polarización y la fibra de sensor un elemento de retardo de propagación de fase, que presenta un ángulo de retardo de propagación de fase, que se desvía del ángulo de retardo de propagación de fase de un elemento de retardo de propagación de fase en un ángulo diferente a cero ε , y estando seleccionado el ángulo β como $\beta = 0^\circ \pm n \times 90^\circ$ o como $\beta = 45^\circ \pm n \times 90^\circ$, siendo n un número entero positivo o cero; o (en el caso de un sensor interferométrico en la configuración de Sagnac) los elementos de definición de polarización son dos fibras de alimentación, estando dispuesto entre las fibras de alimentación y la fibra de sensor en cada caso un elemento de retardo de propagación de fase, y presentando al menos uno de los dos elementos de propagación de retardo de fase un ángulo de retardo de propagación de fase, que se desvía del ángulo de retardo de propagación de fase de un elemento de retardo de propagación de fase en un ángulo diferente a cero ε , y estando seleccionados los ángulos β, β' como $\beta = \beta' = 0^\circ \pm n \times 90^\circ$ o como $\beta = \beta' = 45^\circ \pm n \times 90^\circ$, siendo n un número entero positivo o cero.

El ángulo ε diferente de cero se selecciona normalmente para alcanzar una compensación de temperatura intrínseca del sensor. En el caso de la configuración Sagnac las fibras de alimentación son de manera ventajosa fibras que mantienen la propagación; pero también pueden ser de otro tipo de fibra, por ejemplo modo único, y comprender en cada caso otro polarizador a través del cual se defina la dirección marcada del elemento de definición de polarización.

Mediante la selección del ángulo β o los ángulos β, β' como $0^\circ \pm n \times 90^\circ$ puede minimizarse la influencia de las variaciones de la forma de bobina sobre la exactitud del sensor y la calibración, dado que la influencia de variaciones de la birrefringencia inducida por flexión tienen una influencia mínima sobre la señal de medición.

Mediante la selección del ángulo β o los ángulos β, β' como $45^\circ \pm n \times 90^\circ$ puede minimizarse la influencia de variaciones de los ángulos β, β' en señales de medición. También mediante otras combinaciones de los ángulos β y β' , en las que β y β' son diferentes uno de otro puede alcanzarse esta reducción al mínimo.

Las ventajas mediante la selección del ángulo β o de los ángulos β, β' como $0^\circ \pm n \times 90^\circ$ o como $45^\circ \pm n \times 90^\circ$ se producen mientras que la birrefringencia intrínseca no sea mayor que la birrefringencia inducida por flexión.

Una forma de realización muy ventajosa está caracterizada por que están presentes marcaciones que están aplicadas en el medio de ajuste, por que la bobina presenta un número entero de vueltas, cuando las marcaciones están dispuestas las unas hacia las otras de manera adecuada. Por ello es posible de manera sencilla una medición de corriente exacta y en gran medida insensible a las perturbaciones. Los dos extremos de la fibra de sensor pueden disponerse de manera muy cercana el uno del otro. Por un lado una medición de corriente en el caso de un número entero de vueltas de bobina es muy insensible frente a la posición del conductor dentro de la bobina, y por otro lado la influencia de corrientes, que fluyen a través de un conductor no guiado a través de la bobina, y la influencia de otros campos de perturbación es inapreciablemente pequeña. Esto es importante por ejemplo entonces especialmente cuando la corriente debe medirse en uno o varios de los conductores adyacentes.

Tales marcaciones se aplican con ventaja muy cerca de los dos extremos de la fibra de sensor o cerca de los dos extremos de la fibra de sensor o al menos a una distancia de la longitud de la fibra de sensor. Por ejemplo pueden servir taladros como las marcaciones de este tipo.

Las marcaciones de este tipo pueden preverse también en dicho medio de ajuste que no es un medio de ajuste para el ajuste de un ángulo β que puede predeterminarse entre el eje marcado y la normal de superficie o para el ajuste de ángulos β, β' que pueden predeterminarse entre los ejes marcados y la normal de superficie. Entonces el medio de ajuste es un medio de ajuste para el ajuste de un número entero de vueltas.

Con ventaja el capilar y/o la fibra de sensor se componen esencialmente de vidrio de cuarzo.

Un sensor de corriente o de campo magnético de acuerdo con la invención contiene una cabeza de sensor de acuerdo con la invención y presenta las correspondientes ventajas. Un sensor de este tipo puede ser con ventaja:

- a) un sensor interferométrico en configuración de reflexión con una fibra de alimentación que mantiene la polarización como el un elemento de definición de polarización, siendo el un eje marcado el eje principal rápido o lento de la fibra de alimentación, o
- b) un sensor interferométrico en la configuración de Sagnac con dos fibras de alimentación que mantienen la polarización como elementos de definición de polarización, siendo los dos ejes marcados los ejes principales rápidos o lentos (o un eje principal rápido y uno lento en cada caso) de las dos fibras de alimentación, o
- c) un sensor polarimétrico en configuración de reflexión con un polarizador como elemento de definición de polarización o con una fibra de alimentación que mantiene la polarización como elemento de definición de polarización, discuriendo el un eje marcado a lo largo de la dirección de transmisión del polarizador o a lo largo de un eje principal de la fibra de alimentación que mantiene la polarización, o
- d) un sensor polarimétrico en la configuración de Sagnac con dos polarizadores como elementos de definición de polarización o con dos fibras de alimentación que mantienen la polarización como elementos de definición de

polarización, y discurriendo los dos ejes marcados a lo largo de las direcciones de transmisión de los dos polarizadores o a lo largo de los ejes principales de las fibras de alimentación que mantienen la polarización.

En los casos a) y b) puede también un elemento de retardo de propagación de fase unido ópticamente con la fibra de sensor o también dos elementos de propagación de retardo de fase unidos ópticamente con un extremo en cada caso de la fibra de sensor pueden servir como el elemento de definición de polarización o como los elementos de definición de polarización.

En el caso b) al menos una de las dos fibras de alimentación que mantienen la polarización puede sustituirse por una fibra de otro tipo, por ejemplo una fibra de modo único, y un polarizador. La dirección de paso del polarizador indica entonces la dirección marcada.

Una instalación de alta tensión de acuerdo con la invención presenta al menos una cabeza de sensor de acuerdo con la invención o un sensor de corriente de acuerdo con la invención. Por ejemplo la instalación de alta tensión puede ser una instalación de distribución de alta tensión de tres polos de manera ventajosa, por ejemplo aislada al gas o aislada al aire.

El procedimiento para la fabricación de una cabeza de sensor de acuerdo con la invención para un sensor óptico de corriente o de campo magnético en el que una fibra de sensor activa de manera magneto-óptica que se encuentra conectada de manera óptica con al menos un elemento de definición de polarización, se dispone en forma de una bobina, empleándose como fibra de sensor una fibra no tratada térmicamente a al menos la temperatura de reblandecimiento del material de fibra de sensor, estando definido a través de la bobina un plano de bobina con una normal de superficie, presentando el elemento de definición de polarización un eje marcado, efectuándose una calibración del sensor de corriente o de campo magnético provisto con la fibra de sensor dispuesta en forma de bobina, y en el que la cabeza de sensor se provee con un medio de ajuste, a través del cual en una nueva disposición de la fibra de sensor con respecto a una bobina el ángulo β entre el eje marcado del elemento de definición de polarización y la normal de superficie puede ajustarse con el mismo tamaño que durante la calibración, está caracterizado por que se emplea una fibra de sensor liberada de su envoltura de fibra, montándose la fibra de sensor en un capilar, el capilar incluye un medio para reducir la fricción, el medio de ajuste contiene un cuerpo de soporte, en el que está fijado el al menos un elemento de definición de polarización y el cuerpo de soporte es un cuerpo de soporte que puede deformarse de manera flexible.

Una cabeza de sensor fabricada de este modo tiene la ventaja de que con ella pueden realizarse mediciones muy exactas sin que tras una deformación de la bobina de detección sea necesario un nuevo calibrado. Una cabeza de sensor está previamente calibrada. Su montaje en el lugar de empleo se simplifica.

Otras formas de realización preferidas y ventajas se desprenden de las reivindicaciones dependientes y las figuras.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se explica con más detalle el objeto de la invención mediante de ejemplos de realización preferidos que están representados en los dibujos adjuntos. Muestran:

- figura 1 una cabeza de sensor de acuerdo con la invención, esquemáticamente;
- figura 2 la definición del ángulo β en el caso de una fibra con sección transversal de núcleo elíptica;
- figura 3 una representación de una dependencia calculada de una señal normalizada del ángulo β ;
- figura 4 una representación de una dependencia calculada de una señal normalizada del ángulo β y valores correspondientes determinados de manera experimental;
- figura 5 un corte a través de una cabeza de sensor de acuerdo con la invención en la zona de la fibra de sensor, esquemáticamente;
- figura 6 estructura de un sensor interferométrico en la configuración de Sagnac, esquemáticamente;
- figura 7 estructura de un sensor interferométrico reflectivo, esquemáticamente.

Los números de referencia empleados en los dibujos y su significado están enumerados resumidos en la lista de números de referencia. Fundamentalmente en las figuras las piezas representadas iguales o de la misma actuación están provistas de los mismos números de referencia. Los ejemplos de realización descritos se disponen a modo de ejemplo para el objeto de la invención y no tienen ningún efecto limitado.

Modos de realización de la invención

La figura 1 muestra esquemáticamente una cabeza de sensor de acuerdo con la invención 2 en configuración réflex. Una fibra de alimentación que mantiene la polarización 5 sirve para la unión de la cabeza de sensor 2 con un módulo optoelectrónico no representado. A través de la fibra de alimentación 5 llega luz acoplada inicialmente a un elemento de retardo de propagación de fase 4 de fibra óptica representado ampliado, que sirve para la generación de polarización circular o elíptica. El elemento de retardo de propagación de fase 4 está previsto en un extremo de una

fibra de sensor 3 que está dispuesta en forma de una bobina 8 con una espira alrededor de un conductor L. El otro extremo de la fibra de sensor 3 está azogada o provista de un espejo 24. La fibra de sensor 3 tiene de manera ventajosa una birrefringencia nominal muy baja. Tiene una constante de Verdet, de modo que a través del efecto Faraday puede alcanzarse un desplazamiento de fase no recíproco de ondas de luz que se ensanchan en la fibra de sensor 3.

Las fibras ópticas 3, 4, 5 están fijadas a un cuerpo de soporte 11 que sirve como medio de ajuste 10. Como cuerpo de soporte 11 sirve una tira de plástico reforzado con vidrio.

10 Mediante la bobina 8 que de manera ventajosa presenta un número entero de vueltas está definido un plano de bobina A que tiene una normal de superficie NS. La bobina 8 puede presentar también varias vueltas. En particular puede presentar varias vueltas (también un número no entero) en forma a modo de espiral o a modo de espira helicoidal. Puede definirse de manera continua un plano de bobina A.

15 El elemento de retardo de propagación de fase 4, que en este caso hace de un elemento de definición de polarización 4, presenta un eje principal rápido f y un eje principal lento s como dos ejes marcados. El ángulo formado por la normal de superficie NS y el eje rápido f está designado en este caso como ángulo β .

El elemento de retardo de propagación de fase 4 está fijado en la tira de plástico 11 de modo que su posición y orientación angular con respecto a la zona correspondiente de la tira de plástico 11 está fijada. Mediante la geometría de la sección transversal del cuerpo de soporte 11 está predeterminada la dirección radial a lo largo de la cual la tira de plástico 11 preferiblemente (porque con esfuerzo relativamente bajo) puede flexionarse, de modo que está establecida la posición relativa del plano de bobina A con respecto al eje rápido f. Por ello el ángulo β está predeterminado. Es también concebible producir el cuerpo de soporte a partir de materiales no isotrópicos o de combinaciones de material, de modo que más bien mediante el material como mediante la geometría de sección transversal se da la dirección de flexión preferida.

Adicionalmente en el cuerpo de soporte están previstas dos marcaciones 9a,9b más en forma de dos taladros en cada caso. Por medio de estos taladros 9a, 9b los dos extremos de la fibra de sensor pueden disponerse de manera definida de manera muy cercana uno de otro, de modo que se origina una bobina 8 cerrada casi perfectamente con un número entero de vueltas. En la figura 1 con el fin de una representación más clara están representados los dos extremos de fibra de sensor distanciados el uno del otro.

Durante la fabricación de la cabeza de sensor 2 puede calibrarse un sensor compuesto por la cabeza de sensor 2 y un módulo optoelectrónico, pudiendo predeterminarse un ángulo β . Después la cabeza de sensor 2 puede disponerse de otro modo, por ejemplo puede enrollarse de manera más ceñida para fines de transporte y disponerse en un lugar de empleo del sensor de la misma manera o de otra diferente a como durante calibración. No obstante el ángulo β se selecciona mediante el medio de ajuste 10 de nuevo exactamente con el mismo tamaño que durante la calibración, de modo que no es necesaria una nueva calibración del sensor en el lugar de empleo para alcanzar una gran exactitud de medición. En este sentido mediante el medio de ajuste 10 se posibilita un ajuste reproducible del ángulo β .

La figura 2 muestra esquemáticamente la definición del ángulo β en el caso de una fibra con sección transversal de núcleo elíptica. Esta fibra puede ser una fibra de alimentación 5 o un elemento de retardo de propagación de fase 4 de fibra óptica. Alrededor del núcleo de fibra 28, que define la posición de los ejes principales s,f está dispuesto revestimiento exterior de fibra 27. La fibra presenta otra envoltura de fibra 29 que rodea el revestimiento exterior de fibra 27.

En el caso la fibra de sensor 3 de manera ventajosa no está presente una envoltura de fibra 29 de este tipo.

La ventaja de una fijación de la orientación de azimut del elemento de definición de polarización 4 con respecto al plano de bobina A resulta de las siguientes reflexiones:

En el caso de un sensor interferométrico reflectivo el desplazamiento de fase $\Delta\phi_R$ inducido mediante una corriente 1 que va a medirse en la fibra de sensor 3 entre ondas de luz que se propagan en la fibra de sensor 3 de manera polarizada en círculos a la izquierda y a la derecha asciende a:

$$\Delta\phi_R = 4\phi_F = 4VNl$$

60 En este caso ϕ_F es el desplazamiento de fase de Faraday $V \cdot N \cdot l$ - con constante de Verdet V de la fibra de sensor, N el número de vueltas de la bobina e l la corriente. En este caso se toma elemento $\lambda/4$ como elemento de retardo de propagación de fase 4, formando los ejes principales de la birrefringencia del elemento de propagación de retardo de fases 4 un ángulo de 45° con los ejes principales de la birrefringencia de la fibra de alimentación 5. La ecuación anterior se aplica solamente entonces exactamente cuando la fibra de sensor 3 no presenta ningún tipo de

birrefringencia. Pero también en el caso de fibras 3 de birrefringencia muy baja nominalmente se presenta una birrefringencia baja.

En la práctica las siguientes contribuciones contribuyen a una birrefringencia sin desvanecimiento:

- 5 (1) birrefringencia inducida por flexión
- (2) birrefringencia intrínseca por tensión interna en la fibra y mediante una forma que no es perfectamente rotacionalmente simétrica del núcleo de fibra de la fibra de sensor 3
- (3) tensión en empalmes de fibra, por ejemplo entre el elemento $\lambda/4$ y la fibra de sensor 3.
- 10 (4) birrefringencia al no ser la fibra de sensor 3 en el estado no tensado exactamente lineal, sino que presenta una curvatura previa por lo cual una rotación de la fibra 3 dispuesta en forma de bobina alrededor del propio eje lleva a variaciones de birrefringencia.

En el caso de una variación del ángulo β los ejes varían para las contribuciones (2) y (3) alrededor del mismo ángulo. Sin embargo los ejes principales de la birrefringencia para la contribución (1) permanecen siempre en paralelo o perpendicular a la dirección de flexión. Por ello la birrefringencia global varía, cuando el ángulo β , es decir la orientación acimutal de la fibra 3a varía.

La contribución (4) la mayoría de las veces es más pequeña que las otras contribuciones o también cero. De su naturaleza se deduce que esta contribución (4) depende igualmente del ángulo β .

Considerando la birrefringencia presente, de una descripción de la propagación de la luz con ayuda de matrices de como valor más exacto para el desplazamiento de fase $\Delta\phi_R$ inducido por una corriente I que va a medirse en la fibra de sensor 3 entre ondas de luz que se propagan en la fibra de sensor 3 de manera polarizada en círculos a la izquierda y a la derecha resulta (sensor interferométrico reflectivo):

$$\Delta\phi_R = 4\phi_F \cdot (1 + (1/3) \cdot \delta^2)$$

En este caso δ es el desplazamiento de fase de birrefringencia total en la fibra de sensor 3. Considerando los términos individuales y dependencias β de las contribuciones (1) a (4) resulta

$$\Delta\phi_R = 4\phi_F \{ 1 + (1/3) [\delta_b^2 + \delta_0^2 + (1/2) \delta_1^2] + (2/3) [\delta_b \delta_0 + (1/4) \delta_1^2] \cos(2\beta) + (1/3) [(\delta_b + 2\delta_0) \cos \beta + \delta_b \cos(3\beta)] \delta_1 \}$$

con las siguientes abreviaturas:

- 35 δ_b : desplazamiento de fase de birrefringencia debido la contribución (1), es decir inducido por flexión;
- δ_0 : desplazamiento de fase de birrefringencia debido a las contribuciones (2) y (3), es decir mediante birrefringencia intrínseca y birrefringencia en empalmes;
- 40 δ_1 : desplazamiento de fase de birrefringencia debido a la contribución (4).

Se aplican reflexiones análogas para el caso de la configuración Sagnac y para el caso de sensores polarimétricos.

La figura 3 muestra una representación de una dependencia calculada de una señal normalizada S_N del ángulo β , de nuevo para un sensor interferométrico reflectivo. La fibra de alimentación que mantiene la polarización 5, que se considera en este caso como el elemento de definición de polarización 5, presenta un eje principal rápido y uno lento como dos ejes marcados. El ángulo formado por la normal de superficie N_s y el eje rápido está designado en este caso para los cálculos de las figuras 3 y 4 como el ángulo β . Para estos cálculos se supuso además que la fibra de sensor esencialmente está dispuesta en el plano de bobina.

La señal normalizada está definida como

50

$$S_N = \Delta\phi_R / 4\phi_F.$$

Para $\delta_0 = 2,2^\circ$, y $\delta_1 = 0^\circ$ y los valores $0^\circ, 1,1^\circ$ y $2,2^\circ$ para δ_b se representa S_N en la figura 3. S_N varía en el intervalo hasta ± 1 o ± 2 por mil. El valor $\delta_b = 1,1^\circ$ se corresponde con la birrefringencia inducida por flexión en el caso de una fibra de cuarzo extendida originalmente de manera lineal que está bobinada con respecto a una bobina con un bobinado y un diámetro de bobina de 1 m en el caso de un diámetro de fibra de 80 μm . En el cálculo de la figura 3 se supuso que el elemento de retardo de propagación de fase 4 es un elemento $\lambda/4$ perfecto, es decir genera un retardo de propagación de fase exactamente de 90° . Para alcanzar una compensación de temperatura intrínseca puede

utilizase un elemento de retardo de propagación de fase 4 que genera un ángulo de retardo de propagación de fase $90^\circ + \epsilon$ que se desvía de esto. Pueden extraerse más detalles sobre la compensación de temperatura de la solicitud de patente europea EP 1115000 o del documento de divulgación internacional WO 03/071290 A1. En el caso una compensación de temperatura de este tipo también el ángulo entre los ejes principales de la fibra de alimentación y del elemento de propagación de retardo de fases puede estar seleccionado de manera ventajosa desviándose de 45° .

Considerando un ángulo ϵ sin desvanecimiento en el caso de $\delta_0 = 0^\circ$, y $\delta_1 = 0^\circ$ y para los valores 0° , $0,666^\circ$ y $1,332^\circ$ para δ_b , es decir para el caso de que se presente exclusivamente birrefringencia inducida por flexión, resultan los valores representados en la figura 4 para la señal normalizada S_N en función del ángulo β . Las líneas continuas son valores calculados, los círculos y cuadrados son valores determinados experimentalmente. Se contempló el caso $\epsilon = 13^\circ$. En el caso de $\delta_b = 0,666^\circ$ se examinó una fibra con $80 \mu\text{m}$ de diámetro con un radio de bobina de $0,821 \text{ m}$. Tal como puede desprenderse de la figura 4 las oscilaciones de varios porcentajes puede ser la consecuencia de una no consideración del ángulo β .

Las siguientes ecuaciones que están derivadas igualmente mediante el formalismo de Jones se basan en las curvas calculadas en la figura 4:

$$\Delta\phi_R = \text{const} \times \tan \frac{-2(T'_{12}/T''_{12})}{1 - 2(T'_{12}/T''_{12})^2}$$

20

$$\frac{T'_{12}}{T''_{12}} = \frac{-2\varphi_F \frac{\tan \Gamma}{\Gamma}}{\cos \epsilon - \delta_b \frac{\tan \Gamma}{\Gamma} \text{ser}(\epsilon) \sin(2\beta)}$$

y

$$\Gamma = [\delta_b^2 + (2\varphi_F)^2]^{1/2}.$$

25

La figura 5 muestra esquemáticamente un corte a través de una cabeza de sensor de acuerdo con la invención en la zona de la fibra de sensor 3. La fibra de sensor 3, liberada de su envoltura de fibra está montada en un capilar que además incluye otro medio para reducir la fricción 7, por ejemplo aceite de silicona. Mediante el medio para reducir la fricción 7 se minimizan fuerzas de fricción entre la fibra de sensor 3 y el capilar 6.

30

El capilar 6 está dispuesto en una ranura que se extiende a lo largo de un eje longitudinal de la tira de plástico 11 que hace las veces de cuerpo de soporte 11. El capilar 6 está fijado mediante silicona 26 en la ranura. La fijación puede estar prevista a lo largo de toda la fibra de sensor 3 o en puntos discretos. Mediante la fijación puede impedirse un giro del capilar 6 en la ranura.

35

Para minimizar la tensión mecánica en el capilar 6 y la fibra de sensor 3 en la flexión del cuerpo de soporte 11 el capilar 6 está dispuesto en el plano neutral 12 del cuerpo de soporte 11. Por ello queda garantizado que la fibra de sensor 3 esté dispuesta cerca del plano neutral 12 del cuerpo de soporte 11. Con ventaja el capilar 6 puede presentar otra funda de capilar. Por ello se evitan microfisuras que aparecen con la flexión frecuente de la cabeza de sensor en la superficie del capilar. Tales microfisuras pueden llevar a la rotura del capilar.

40

En el caso de que la fibra de sensor 3 esté dispuesta sin un capilar en la tira 11 de plástico reforzado con vidrio de manera ventajosa la misma fibra de sensor se dispone en el plano neutral 12 del cuerpo de soporte 11.

Al estar extendida la fibra de sensor 3 a lo largo del medio de ajustes 10 puede determinarse la forma de la bobina mediante el medio de ajuste 10. Por ello a su vez pueden reducirse a un mínimo las variaciones de la birrefringencia inducida por flexión al abrir y cerrar de nuevo la bobina. Compárese también más arriba la contribución (1).

Es también posible prever un medio de ajuste 10 que presente por ejemplo dos piezas parciales que estén dispuestas cerca de los extremos de la fibra de sensor 3 puedan orientarse la una hacia la otra, por ejemplo mediante un dispositivo de inserción o de apriete mientras que la pieza central de la fibra de sensor 3 no sigue ninguna forma predeterminada mediante el medio de ajuste 10. Una tercera pieza parcial del medio de ajustes sirve en este caso para predeterminar el plano de bobina con respecto a las otras dos piezas parciales. Por ejemplo la tercera pieza parcial podría ser una carcasa que predetermine el plano de bobina, pero que no limite la forma de las vueltas dentro del plano de bobina esencialmente.

Es también posible que una tercera pieza parcial de este tipo sea una carcasa que predetermina la forma de la bobina dentro de un plano de bobina predeterminado mediante una tira de plástico 11 como elemento de soporte.

En tales casos, cuando por lo tanto han de preverse formas de bobina variables la contribución (4) de la birrefringencia inducida por flexión pueden variar ampliamente entre la calibración y el montaje de la cabeza de sensor en el lugar de empleo. Cuando por lo tanto han de preverse formas de bobina variables con gran ventaja en el caso de una configuración descrita en relación con la figura 4 se selecciona un ángulo β de $\beta = 0^\circ \pm n \times 90^\circ$, siendo n un número entero positivo o cero. Tal como puede deducirse de la figura 4, entonces la influencia de la birrefringencia inducida por flexión sobre la señal de medición y la calibración es mínima.

Cuando se conoce sin embargo la forma de la bobina y en la calibración es la misma que en el lugar de empleo, por ejemplo porque se emplea un cuerpo de soporte con fijación completa del capilar 6 o de la fibra de sensor 3, puede seleccionarse con gran ventaja en el caso de una configuración descrita en relación con la figura 4 un ángulo β de $\beta = 45^\circ \pm n \times 90^\circ$ para reducir a un mínimo la influencia de fijaciones imperfectas del ángulo β . Tal como puede deducirse de la figura 4 la influencia de β sobre la señal normalizada SN es mínima cuando se selecciona $\beta = 45^\circ \pm n \times 90^\circ$.

Tal como puede deducirse de la figura 3 para el caso de que el elemento de retardo de propagación de fase no tenga ningún ángulo de retardo de propagación de fase que se desvíe de un elemento de retardo de propagación de fase ideal (es decir $\varepsilon = 0^\circ$) debe calcularse el ángulo β (o β y β') óptimo para la aplicación pretendida.

Para fijar el ángulo β o bien el elemento de retardo de propagación de fase y/o la fibra de alimentación pueden estar fijados directamente en el cuerpo de soporte 11, o el elemento de retardo de propagación de fase y/o la fibra de alimentación están fijados en el capilar 6 que a su vez (por ejemplo mediante la silicona 26) está fijado en el cuerpo de soporte 11. Con ventaja una parte de la al menos una fibra de alimentación puede estar dispuesta dentro del capilar 6.

Mediante la forma de la sección transversal del cuerpo de soporte 11 está predeterminada una dirección de flexión preferida R (dirección radial) del cuerpo de soporte 11. La dirección opuesta a la dirección R es igualmente una dirección de flexión preferida del cuerpo de soporte 11. Otras direcciones están caracterizadas por que es necesaria una fuerza notablemente mayor para flexionar el cuerpo de soporte a lo largo de dicha dirección (hacia el mismo radio).

La sección transversal del cuerpo de soporte 11 puede ascender a por ejemplo 10 mm x 2.5 mm. Son concebibles de manera ventajosa otras secciones transversales no rotacionalmente simétricas por ejemplo elípticas.

En lugar de materiales epóxidos para el cuerpo de soporte puede utilizarse un gran número de materiales adicionales como entre otros también metales no ferromagnéticos. En el caso de metales debe observarse que la fibra de sensor no se roda radialmente por completo de metal dado que sino las corrientes de Foucault apantallarían el campo magnético que va a medirse. Esto es especialmente importante cuando han de medirse corrientes continuas o corrientes con parte continua o campos alternos magnéticos.

En el cuerpo de soporte 11 están previstos dos taladros 9a que se encuentran cerca de un extremo de la fibra de sensor 3. En el extremo no representado de la fibra de sensor 3 ha de preverse entonces al menos una marcación adicional, por ejemplo igualmente taladros o pasadores adecuados que simplifique la disposición de la fibra de sensor 3 con respecto a una bobina con un número entero de vueltas, estando dispuestos los extremos de fibra de sensor cerca el uno del otro. Como marcaciones pueden emplearse también otra marcaciones, preferiblemente ópticas o mecánicas. Los segmentos correspondientes del cuerpo de soporte 11 pueden solaparse los unos sobre los otros o estar dispuestos los unos al lado de los otros y estar sujetos (fijados unos en otros) mediante atornillado o por medio de grapas o un dispositivo de sujeción similar. Los taladros 9a pueden servir también para la fijación del cuerpo de soporte 11 a una carcasa. La forma de la bobina puede estar predeterminada también mediante una carcasa externa en lugar de mediante el medio de ajuste. El medio de ajuste define la orientación angular y no necesariamente también la forma de la bobina. Cuando la o las vueltas de bobina están seleccionadas circulares la influencia de birrefringencia inducida por flexión es mínima.

La figura 6 muestra esquemáticamente una posible estructura de un sensor interferométrico 1 en la configuración de Sagnac. Dos fibras de alimentación 5 unen la cabeza de sensor 2 con un módulo optoelectrónico 13, que sirve para

- la generación y detección de luz y para la evaluación. El significado de los números de referencia puede deducirse de la lista de números de referencia. Para la explicación de la figura 6 se remite a la solicitud de patente presentada en la Oficina Europea de Patentes el 3/9/2003 con el expediente EP 03405641.6 del mismo solicitante. Con la excepción del medio de ajuste 10 la figura 1 del mismo corresponde esencialmente a la presente figura 6. Para la explicación de la estructura de sensor y su función se remite a la descripción de figuras correspondiente (página 10 último párrafo a página 14 primer párrafo de la solicitud de patente mencionada con el expediente EP 03405641.6 en la versión presentada). La figura 7 muestra esquemáticamente una posible estructura de un sensor interferométrico reflectivo 1. La fibra de alimentación 5 conecta la cabeza de sensor 2 con un módulo optoelectrónico 13, que sirve para la generación y detección de luz y para la evaluación. El significado de los números de referencia puede deducirse de la lista de números de referencia. Para la explicación der la figura 7 se remite a la solicitud de patente presentada en la Oficina Europea de Patentes presentada el 3/9/2003 con el expediente EP 03405641.6 del mismo solicitante. Con la excepción del medio de ajuste 10 la figura 2 del mismo corresponde esencialmente a la presente figura 7. Para la explicación de la estructura de sensor y su función se remite a la descripción de figuras correspondiente (página 14 último párrafo a página 15 primer párrafo de la solicitud de patente mencionada con el expediente EP 03405641.6 en la versión presentada). Las cabezas de sensor y sensores de acuerdo con la invención pueden emplearse para la medición grandes corrientes continuas tal como aparecen por ejemplo en la industria electroquímica o en el caso de hornos de fusión de funcionamiento eléctrico. Debido a las grandes secciones transversales de conductor son necesarios en esos casos grandes diámetros de bobina.
- 20 Otro ejemplo para una instalación de alta tensión que puede presentar un sensor de corriente de acuerdo con la invención es una instalación de distribución de alta tensión por ejemplo una instalación de distribución aislada al gas. De manera ventajosa una instalación de alta tensión de este tipo puede presentar por fase o por conductor de alta tensión uno o dos sensores o cabezas de sensor en cada caso.

25 Lista de números de referencia

1	sensor de corriente
2	cabeza de sensor
3	fibra de sensor
30 4	elemento de retardo de propagación de fase, elemento de definición de polarización
5	fibra de alimentación, elemento de definición de polarización
6	capilar
7	medio para reducir la fricción, aceite
8	bobina
35 9a, 9b	marcaciones
10	medio de ajuste
11	cuerpo de soporte
12	plano neutral del cuerpo de soporte
13	módulo optoelectrónico
40 14	fuelle de luz, láser, LED, diodo superluminiscente
15	depolarizador
16	acoplador de fibra
17	modulador de fase
18	detector, fotodiodo
45 19	línea de señales
20	procesador de señales
21	línea de control
22	empalme de fibra 0° o conector de enchufe
23	empalme de 90°
50 24	espejo, extremo azogado
25	cuerpo de fibra que mantiene la polarización
26	silicona
27	revestimiento exterior de fibra, <i>cladding</i>
28	núcleo de fibra
55 29	envoltura de fibra
A	plano de bobina
F	eje rápido
I	corriente eléctrica
60 L	conductor, carril de contacto
N _s	normal de superficie
N	número de vueltas de la bobina de detección
R	dirección de flexión preferida
S _N	señal normalizada
65 T	temperatura

V	constante de Verdet del material de fibra de sensor
β, β'	ángulo
δ	desplazamiento de fase
5 $\delta_b, \delta_0, \delta_1$	desplazamientos de fase
$\Delta\phi_R$	desplazamiento de fase inducido por corriente
ε	ángulo
10 ϕ_F	desplazamiento de fase de Faraday $V \cdot N \cdot I$

REIVINDICACIONES

1. Cabeza de sensor de fibra óptica (2) para un sensor óptico de corriente o de campo magnético (1), que comprende una fibra óptica, que contiene una fibra de sensor (3) activa de manera magneto-óptica conectada de manera óptica con al menos un elemento (4; 5) de definición de polarización, siendo flexible la cabeza de sensor (2) en la zona de la fibra de sensor (3), pudiendo disponerse la fibra de sensor (3) alrededor de un conductor (L) que conduce la corriente que va a medirse o en un campo magnético que va a medirse en forma de una bobina (8), estando definido a través de la bobina (8) un plano de bobina (A) con una normal de superficie (Ns), presentando el al menos un elemento (4; 5) de definición de polarización un eje marcado (f), y estando presente un medio de ajuste (10) para el ajuste de un ángulo que puede determinarse entre el eje marcado (f) y la normal de superficie (Ns) o para el ajuste de ángulos que pueden determinarse β, β' entre los ejes marcados (f) y la normal de superficie (Ns), incluyendo además el medio de ajuste (10) un cuerpo de soporte (11), en el que está fijado el al menos un elemento de definición de polarización (4; 5), **caracterizada por que** la fibra de sensor (3) es una fibra no tratada térmicamente a al menos la temperatura de reblandecimiento del material de fibra de sensor, la fibra de sensor (3) está liberada de su envoltura de fibra, la fibra de sensor (3) está montada en un capilar (6), el capilar (6) incluye un medio para reducir la fricción (7) y el cuerpo de soporte (11) es un cuerpo de soporte que puede deformarse de manera flexible (11).
2. Cabeza de sensor (2) según la reivindicación 1, **caracterizada por que** el medio de ajuste (10) está previsto para alcanzar una reproducibilidad de una birrefringencia global de la fibra de sensor, al poder ajustarse el ángulo β mediante el medio de ajuste (10) de manera reproducible o poder ajustarse los ángulos β, β' de manera reproducible, (3) cuando la fibra de sensor (3) después de una calibración del sensor de corriente o de campo magnético, y antes de un montaje de la bobina (8) se cambia de forma en un lugar de empleo.
3. Cabeza de sensor (2) según la reivindicación 2, **caracterizada por que** la birrefringencia global se compone esencialmente de las siguientes contribuciones:
 - birrefringencia inducida por flexión,
 - birrefringencia intrínseca por tensión interna en la fibra de sensor (3) y mediante una forma que no es perfectamente rotacionalmente simétrica del núcleo de fibra de la fibra de sensor (3),
 - tensión en empalmes de fibra de la cabeza de sensor (2), y
 - birrefringencia al presentar la fibra de sensor (3) en el estado no tensado una curvatura previa.
4. Cabeza de sensor (2) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el al menos un elemento (4;5) de definición de polarización al menos es un polarizador o al menos es un elemento de retardo de propagación de fase (4) o al menos es una fibra de alimentación (5) que mantiene la polarización.
5. Cabeza de sensor (2) según la reivindicación 1, **caracterizada por que** el cuerpo de soporte (11) está configurado de tal manera que mediante él y la fijación del elemento (4;5) de definición de polarización está establecida la posición relativa del eje marcado (f) o ejes (f) con respecto al plano de bobina (A).
6. Cabeza de sensor (2) según una de las reivindicaciones 1 o 5, **caracterizada por que** la fibra de sensor (3) está extendida a lo largo de un eje longitudinal del cuerpo de soporte (11), y por que una dirección de flexión preferida (R) del cuerpo de soporte (11) está determinada perpendicular al eje longitudinal.
7. Cabeza de sensor (2) según la reivindicación 6, **caracterizada por que** en la flexión del cuerpo de soporte (11) hacia la dirección de flexión preferida (R) la fibra de sensor (3) está dispuesta en o cerca del plano neutral (12) del cuerpo de soporte (11).
8. Cabeza de sensor (2) según la reivindicación 1, **caracterizada por que** como cuerpo de soporte (11) sirve una tira de plástico reforzado con vidrio.
9. Cabeza de sensor (2) según una de las reivindicaciones 1 u 8, **caracterizada por que** el capilar (6) está dispuesto en una ranura, que se extiende a lo largo de un eje longitudinal de una de una tira de plástico que hace las veces de cuerpo de soporte (11).
10. Cabeza de sensor (2) según reivindicación 9, **caracterizada por que** el capilar (6) está fijado mediante silicona (26) en la ranura.
11. Cabeza de sensor (2) según reivindicación 10, **caracterizada por que** la fijación está prevista a lo largo de toda la fibra de sensor (3) o en puntos discretos.
12. Cabeza de sensor (2) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el medio para reducir la fricción (7) en el capilar (6) es aceite de silicona.

13. Cabeza de sensor (2) según una de las reivindicaciones 1-7, **caracterizada por que** el ángulo o los ángulos β, β' está seleccionado o están seleccionados en función

- de la birrefringencia intrínseca de la fibra de sensor y birrefringencia en empalmes,
- de birrefringencia inducida por flexión
- de birrefringencia debido a una curvatura previa de la fibra de sensor, y

de tal manera que

- la influencia de variaciones de la birrefringencia inducida por flexión o
- la influencia de variaciones del ángulo o los ángulos β, β'

en señales de medición, que pueden generarse por un sensor de corriente o de campo magnético con la cabeza de sensor (2), es mínima.

14. Cabeza de sensor (2) según la reivindicación 13, **caracterizada por que** la fibra de sensor (3) esencialmente está dispuesta en el plano de bobina (A), y

- por que el elemento (5) de definición de polarización es una fibra de alimentación (5) que mantiene la polarización, y estando dispuesto entre la fibra de alimentación (5) que mantiene la polarización y la fibra de sensor (3) un elemento (4) de retardo de propagación de fase, que presenta un ángulo de retardo de propagación de fase, que se desvía del ángulo de retardo de propagación de fase de un elemento de retardo de propagación de fase en un ángulo ϵ diferente a cero, y estando seleccionado el ángulo β como $\beta = 0^\circ \pm n \times 90^\circ$ o como $\beta = 45^\circ \pm n \times 90^\circ$, siendo n un número entero positivo o cero, o
- por que los elementos (5) de definición de polarización son dos fibras de alimentación (5), y estando dispuesto entre las fibras de alimentación (5) y la fibra de sensor (3) en cada caso un elemento de retardo de propagación de fase (4), presentando al menos uno de los dos elementos (4) de propagación de retardo de fase un ángulo de retardo de propagación de fase, que se desvía del ángulo de retardo de propagación de fase de un elemento de retardo de propagación de fase ideal en un ángulo diferente a cero ϵ , y estando seleccionados los ángulos β, β' como $\beta = \beta' = 0^\circ \pm n \times 90^\circ$ o como $\beta = \beta' = 45^\circ \pm n \times 90^\circ$, siendo n un número entero positivo o cero.

15. Cabeza de sensor (2) según una de las reivindicaciones 1-7 y 13-14, **caracterizada por que** están presentes marcaciones (9a,9b), que están instaladas en el medio de ajuste (10) de tal manera que la bobina (8) presenta un número entero de vueltas, cuando las marcaciones (9a,9b) están dispuestas las unas hacia las otras de manera adecuada.

16. Sensor de corriente o de campo magnético (1) **caracterizado por que** el sensor (1) presenta una cabeza de sensor (2) según una de las reivindicaciones anteriores.

17. Sensor de corriente o de campo magnético (1) según la reivindicación 16, **caracterizado por que** el sensor (1)

- a) es un sensor interferométrico (1) en configuración de reflexión con una fibra de alimentación (5) que mantiene la polarización como el un elemento de definición de polarización (5), y siendo el un eje marcado (f) uno de los ejes principales (f) de la fibra de alimentación (5), o
- b) es un sensor interferométrico en la configuración de Sagnac con dos fibras de alimentación (5) que mantienen la polarización como elementos (5) de definición de polarización, y siendo los dos ejes marcados (f) en cada caso uno de los ejes principales (f) de las dos fibras de alimentación (5), o
- c) es un sensor polarimétrico en configuración de reflexión con un polarizador como elemento de definición de polarización o con una fibra de alimentación que mantiene la polarización como elemento de definición de polarización, y discuriendo el un eje marcado a lo largo de la dirección de transmisión del polarizador o a lo largo de un eje principal de la fibra de alimentación que mantiene la polarización, o
- d) es un sensor polarimétrico en la configuración de Sagnac con dos polarizadores como elementos de definición de polarización o con dos fibras de alimentación que mantienen la polarización como elementos de definición de polarización, y discuriendo los dos ejes marcados a lo largo de las direcciones de transmisión de los dos polarizadores o a lo largo de los ejes principales de las fibras de alimentación que mantienen la polarización.

18. Instalación de alta tensión, en particular instalación de distribución de alta tensión **caracterizada por que** al menos presenta una cabeza de sensor (2) según una de las reivindicaciones 1 a 15.

19. Procedimiento para la fabricación de una cabeza de sensor (2) para un sensor óptico de corriente o de campo magnético (1), disponiéndose una fibra de sensor (3) activa de manera magneto-óptica, que se encuentra conectada de manera óptica con al menos un elemento (4; 5) de definición de polarización, en forma de una bobina (8), empleándose como fibra de sensor (3) una fibra no tratada térmicamente a al menos la temperatura de reblandecimiento del material de fibra de sensor, estando definido a través de la bobina (8) un plano de bobina (A) con una normal de superficie (N_s), presentando el elemento (4; 5) de definición de polarización un eje marcado (f), y

efectuándose una calibración del sensor de corriente o de campo magnético (1) provisto con la fibra de sensor dispuesta en forma de bobina (3), y por que la cabeza de sensor (2) se provee con un medio de ajuste (10), a través del cual en una nueva disposición de la fibra de sensor (3) con respecto a una bobina (8) el ángulo β entre el eje marcado (f) y la normal de superficie (N_s) puede ajustarse con el mismo tamaño que durante la calibración, 5 incluyendo el medio de ajuste (10) un cuerpo de soporte (11) en el que está fijado el al menos un elemento (4; 5) de definición de polarización, **caracterizado por que** la fibra de sensor (3) se libera de su envoltura de fibra, montándose la fibra de sensor (3) en un capilar (6), incluyendo el capilar (6) un medio para reducir la fricción (7) y el cuerpo de soporte (11) es un cuerpo de soporte (11) que puede deformarse de manera flexible.

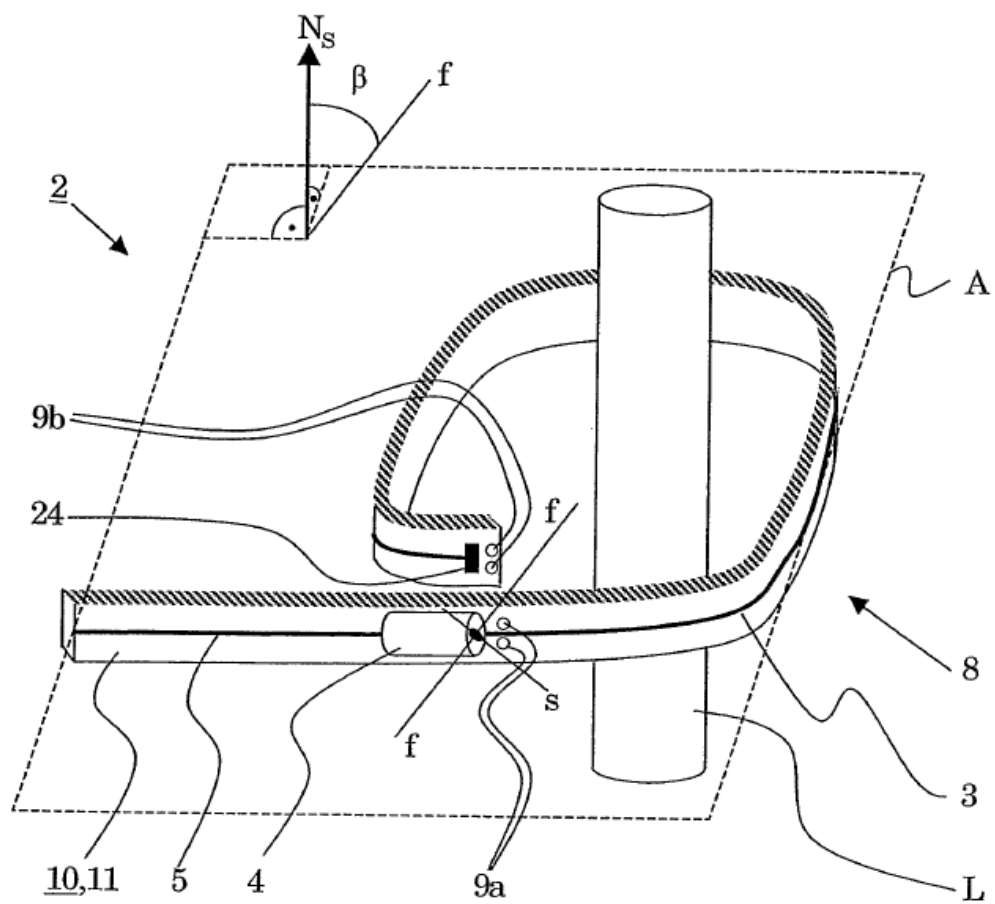


Fig. 1

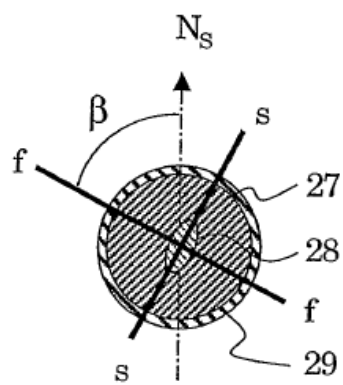


Fig. 2

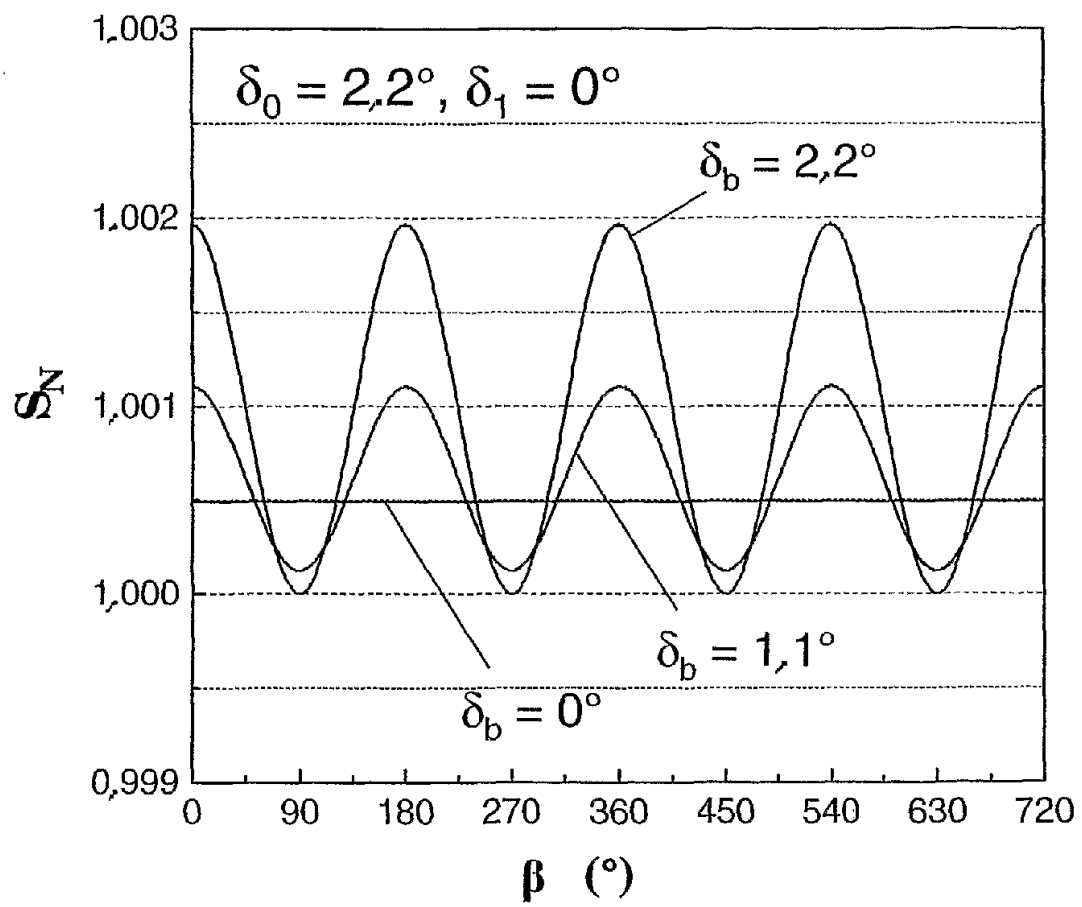


Fig. 3

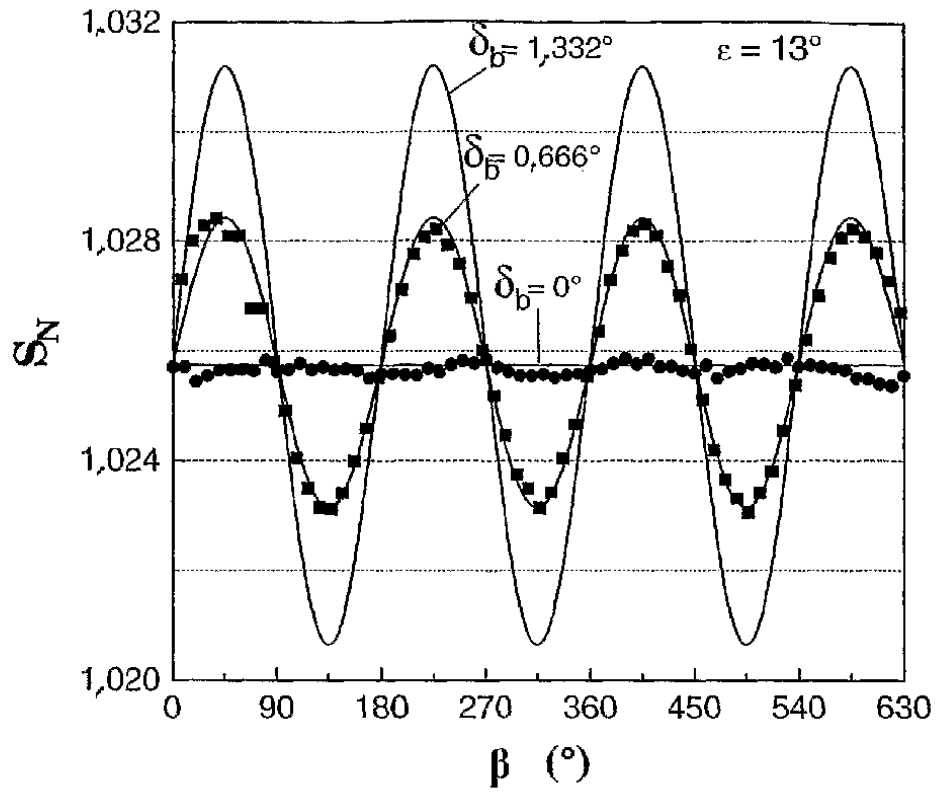


Fig. 4

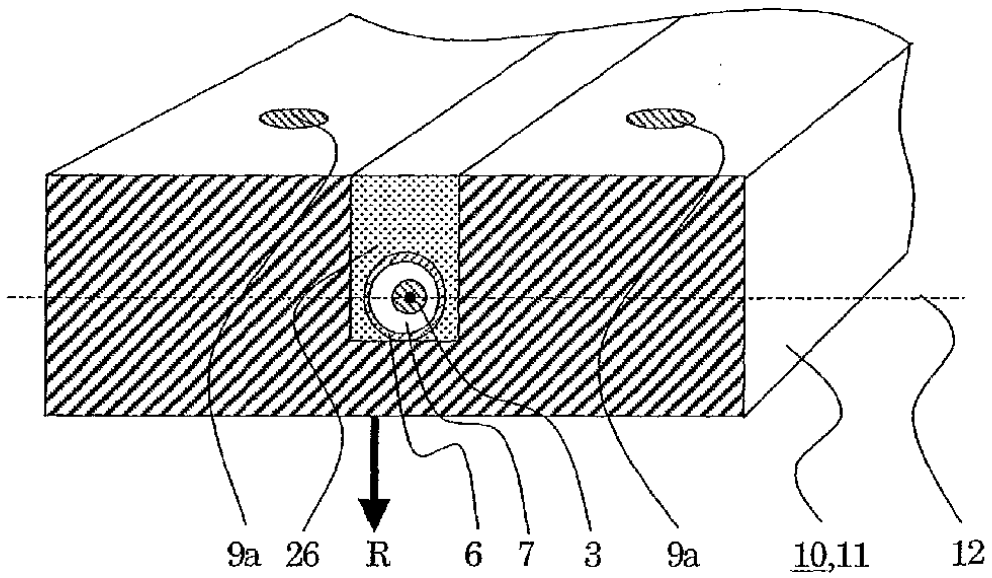


Fig. 5

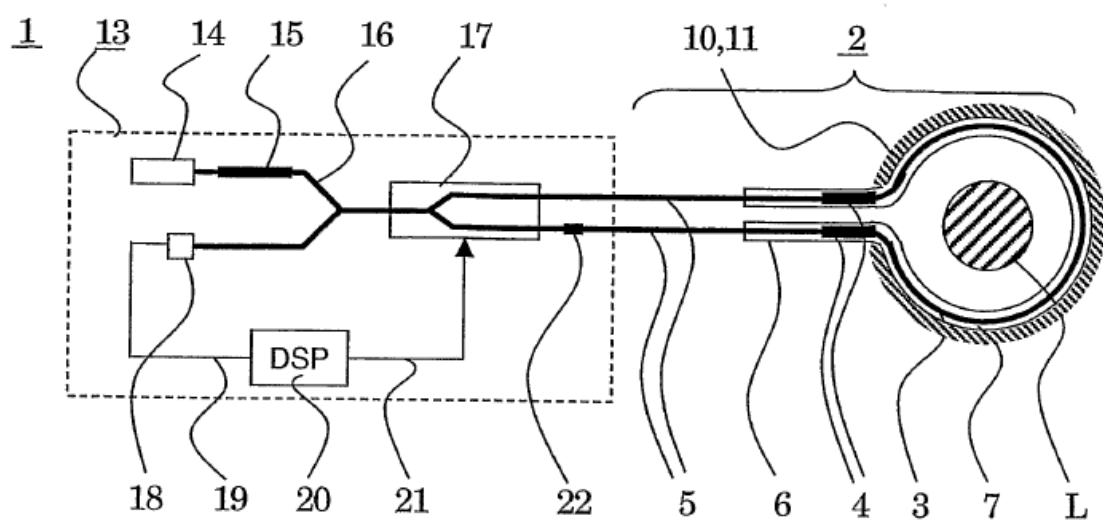


Fig. 6

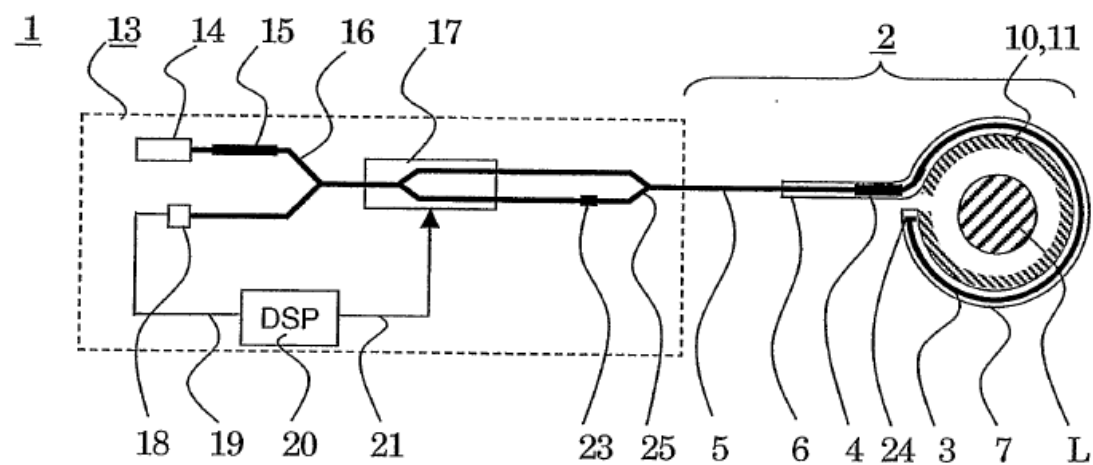


Fig. 7

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.

Documentos de patentes citados en la descripción

- JP 2001083187 A [0004]
- JP 2001121675 A [0004]
- JP 09068618 A [0005]
- EP 1115000 A [0067]
- WO 03071290 A1 [0067]
- EP 03405641 A [0085]