

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 790**

51 Int. Cl.:

**G01C 19/72** (2006.01)

**G01R 15/24** (2006.01)

**G02B 6/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2009 E 09713616 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.08.2014 EP 2245426**

54 Título: **Unidad de detección para sensor de corriente de fibra óptica de Sagnac**

30 Prioridad:

**22.02.2008 AU 2008900845**

**22.02.2008 AU 2008900844**

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

**12.12.2014**

73 Titular/es:

**SMART DIGITAL OPTICS PTY LIMITED (100.0%)  
Suite 145 National Innovation Centre Australian  
Technology Park  
Eveleigh, New South Wales 1430, AU**

72 Inventor/es:

**HAYWOOD, JOHN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 524 790 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**

Unidad de detección para sensor de corriente de fibra óptica de Sagnac

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a una unidad de detección para uso en un sensor de corriente de fibra óptica de interferómetro de Sagnac y, en una realización alternativa, a un sensor de corriente que incorpora la unidad de detección.

10

**Antecedentes de la invención**

Son bien conocidos los sensores de corriente de fibra óptica de interferómetro de Sagnac de varios tipos. La patente de EE.UU. 5.677.622 concedida a la Universidad de Sydney como cesionario de Ian G. Clarke divulga tal sensor de corriente y comprende una única bobina de detección de fibra óptica birrefringente ("Hi-Bi") de un solo modo hilada que está en uso localizada sobre un conductor de corriente, típicamente una barra colectora de conducción de mucha corriente. Los haces luminosos de propagación opuesta se lanzan a la bobina por medio de un acoplador 3x3 y una medida de la magnitud de flujo de corriente se detecta como el cambio de fase entre los modos de polarización de los haces de luz propagados de manera opuesta.

15

20

La medida de corriente por los interferómetros de Sagnac conocidos es afectada negativamente por el movimiento rotacional de la bobina de detección sobre un normal al plano de la bobina y ha sido determinado por el inventor que una pequeño movimiento rotacional (creado, por ejemplo, por una vibración mecánica de 50Hz o 60Hz) puede producir un cambio de fase grande en los modos de polarización relativos a los producidos por un cambio en el campo magnético y, por consiguiente, la magnitud de corriente.

25

El documento WO 00/36425 A2 divulga un sensor interferométrico que tiene una fibra óptica que forma una trayectoria óptica de bucle de detección y un bucle segundo que es devanado en la dirección opuesta del bucle de sensor.

30

El documento WO 01/63302 A2 divulga un sensor de corriente de tipo Faraday que es menos susceptible a los efectos causados por la rotación, la aceleración, y la vibración de la bobina de sensor.

35

La presente invención en su forma primaria busca proporcionar una unidad de detección con un devanado de bobina de detección que facilita la anulación, o al menos la anulación parcial, de los efectos de movimiento rotacional; esto es, una bobina de detección que proporciona sensibilidad mínima al movimiento rotacional.

**Sumario de la invención**

40

La invención proporciona una unidad de detección para un sensor de corriente de interferómetro de Sagnac de acuerdo con la reivindicación 1. Ventajosas realizaciones son definidas por las reivindicaciones dependientes.

45

Las bobinas de detección de acuerdo con (varias) realizaciones descritas pueden ser devanadas opcionalmente con sus bucles inclinados uno hacia el otro (es decir, separados por un ángulo que no sea 0 o 180 grados) pero, para una realización óptima, los bucles que forman las respectivas bobinas se disponen de manera deseable substancialmente en un plano común.

50

Así, la invención en una de sus realizaciones puede ser adicionalmente definida como que proporciona una unidad de detección para un sensor de corriente de interferómetro de Sagnac y que es conectable en circuito con una barra colectora de corriente. La unidad de detección comprende:

a) un soporte que tiene porciones conductoras primera y segunda que están dispuestas en uso para ser conectadas en serie con la barra colectora de corriente, y

55

b) una bobina de detección compuesta por fibra óptica que está dispuesta en uso para transmitir un único estado de polarización elíptico y que comprende bucles primero y segundo interconectados respectivamente rodeando las porciones conductoras primera y segunda, estando los bucles interconectados de manera que la propagación de luz en una dirección primera en el bucle primero se propagará en una dirección opuesta segunda en el bucle segundo.

60

La unidad de detección como se define en la reivindicación 1 tiene las porciones conductoras de corriente y los bucles de bobina de detección dispuestos y dispuestos de manera que, cuando la unidad de detección es conectada en circuito con una barra colectora de conducción de corriente, las dos porciones conductoras del conductor de corriente proporcionan efectivamente sensibilidad de corriente incrementada mientras la bobina de detección de doble bucle proporciona sensibilidad mínima al movimiento rotacional.

65

La unidad de detección puede estar incorporada en un sensor de corriente y, así, la invención puede ser definida todavía además como que proporciona un sensor de corriente de interferómetro de Sagnac que comprende: una unidad de detección como se define anteriormente, una fuente de luz, un acoplador que interconecta la fuente de luz y la bobina de detección y dispuesto para lanzar haces luminosos de propagación opuesta en la bobina de detección, y un detector para detectar el cambio de fase entre los modos de polarización de los haces luminosos de propagación opuesta.

El soporte en una realización de la unidad de detección puede comprender opcionalmente miembros conductores espaciados primero y segundo que son conectables en serie con la barra colectora y que están asegurados respectivamente a las porciones conductoras primera y segunda. También, las porciones conductoras primera y segunda pueden estar formadas como proyecciones (por ejemplo, proyecciones cilíndricas solidas) de una porción de placa común del soporte y, en esta realización de la invención, la bobina de detección puede ser llevada entre los miembros conductores y la placa común. Pueden ser proporcionadas juntas aislantes entre varios de los componentes de unidad de detección de manera que un circuito en serie se forma entre los miembros conductores primero y segundo a modo de una porción conductora (cilíndrica) primera, la placa común, y la porción conductora (cilíndrica) segunda. Así, cuando la unidad de detección es conectada a un circuito eléctrico activo, el flujo de corriente estará efectivamente en direcciones opuestas a través de las porciones conductoras primera y segunda.

La invención se comprenderá mejor a partir de la descripción relacionada con los dibujos siguientes de ejemplos ilustrativos de una bobina de detección, incorporando las realizaciones ilustrativas de una unidad de detección una forma de la bobina de detección y un sensor de corriente de interferómetro de Sagnac que incorpora la unidad de detección.

#### Breve descripción de los dibujos

En los dibujos:

la figura 1 muestra una representación esquemática del sensor de corriente,

la figura 2 muestra una representación esquemática de una forma de bobina de detección para el uso en el sensor de corriente,

la figura 3 muestra una representación esquemática de una segunda forma de bobina de detección en un sensor de corriente,

la figura 4 muestra una representación esquemática de una tercera forma de bobina de detección para el uso en un sensor de corriente, y

la figura 5 muestra una vista en perspectiva en despiece ordenado de una unidad de detección que aloja una bobina de detección del tipo mostrado en la figura 2.

#### Descripción detallada de realizaciones ejemplares de la invención

Como se ilustra en la figura 1, el sensor de corriente comprende, en general, un procesador 10 en el que se generan, se reciben y se procesan señales ópticas para proporcionar una medida de flujo de corriente eléctrica detectada a través de un conductor 11/12 de dos partes, y una unidad 13 de detección. Una realización de la unidad 13 de detección ha de ser descrita con más detalle en referencia a la figura 5 pero, en un sentido general, comprende una bobina 14 de detección que tiene dos bucles interconectados 15 y 16 que incluyen las respectivas porciones conductoras 11 y 12. Los dos bucles 15 y 16 de la bobina 14 de detección están localizados substancialmente en un plano común, y las dos porciones conductoras 11 y 12, que tienen ejes paralelos espaciados, se extienden ortogonalmente a través de los respectivos bucles 15 y 16.

La bobina 14 de detección está conectada a una fuente óptica 17 y a un detector óptico 18 del procesador 10 por medio de una longitud de fibra óptica doble 19 de un solo modo y además por medio de una red multiplexora 20 y un acoplador óptico 3x3 21. Estos componentes 17 a 20 en varias formas posibles son bien conocidos en el contexto de interferómetros de Sagnac, incluidos los sensores de corriente de fibra óptica de Sagnac, y, por lo tanto, no se describen aquí en detalle.

Sin embargo, la fuente óptica 17 es seleccionada deseablemente para comprender un diodo superluminiscente que es impulsado para proporcionar una salida en forma de una serie de impulsos ópticos a una frecuencia de 50 a 200 kHz, con un ancho de impulso de 100 a 200 ns. La salida de la fuente óptica 17 es lanzada a la red multiplexora 20, que separa los impulsos de entrada en tres caminos, los separa a tiempo con líneas de retraso óptico y después lanza los impulsos al acoplador 3x3 21, un impulso por brazo.

La red multiplexora 20 se dispone también para reunir impulsos ópticos que son devueltos desde la bobina de detección desde el acoplador 3x3. La red multiplexora separa de nuevo los impulsos a tiempo, usando líneas de retraso, y multiplexa los impulsos para proporcionar una única señal de entrada (impulsada) al detector óptico 18 por medio de conexión 19 de fibra óptica. El detector óptico 18 convierte los impulsos ópticos entrantes en impulsos electrónicos, y un sistema 22 de procesamiento de señal es proporcionado para determinar la amplitud de cada uno de los impulsos como una medida de corriente eléctrica que fluye a través de las porciones conductoras 11 y 12.

La relación entre amplitud de los impulsos y cambio de fase en modos de polarización se explica mediante la referencia a las siguientes expresiones matemáticas.

Como ya se ha indicado, la red multiplexora 20 separa cada impulso óptico de la fuente óptica 17 en tres impulsos que son separados a tiempo y son lanzados secuencialmente en los brazos del acoplador 3x3 21, produciendo esto una salida de impulso óptico desde cada brazo del acoplador 3x3 para cada impulso de entrada. Esto a su vez produce nueve impulsos de salida (es decir, 3 impulsos de entrada x 3 brazos) que son multiplexados en la fibra 19 "de salida". Estos impulsos de salida son representados por el término  $I_{nm}$  en el que:

$I$  representa la intensidad,

$n$  identifica el brazo del acoplador en el que la señal óptica es lanzada, y

$m$  identifica el brazo del acoplador del que la salida óptica se obtiene.

Así,  $I_{32}$  representa la intensidad de la señal óptica del brazo 2 que resulta de la salida en el brazo 3.

En general, estas señales tienen aproximadamente la forma de:

$$I_{11} = I_{22} = I_{33} = A \cos(sJ) + b$$

$$I_{12} = I_{23} = I_{31} = A \cos(sJ + 2\pi/3) + b$$

$$I_{21} = I_{32} = I_{13} = A \cos(sJ - 2\pi/3) + b$$

donde:

$A$  y  $b$  son constantes que están determinadas por la idealidad de la interferencia (visibilidad de interferencia), potencia óptica, ganancia electrónica y desviación,

$s$  es una constante determinada por la sensibilidad del sensor de corriente en rad/amp, y

$J$  es la corriente a través del sensor de corriente.

La bobina 14 de detección como se muestra en las figuras 1 y 2 es devanada en un patrón en forma de ocho y, así, se forma de manera que la luz que se lanza al bucle primero 15 de manera que se propaga en una dirección primera (por ejemplo, en el sentido contrario al de las agujas del reloj, como se indica mediante las flechas 23) se propagará en una dirección opuesta segunda (en el sentido de las agujas del reloj, como se indica mediante las flechas 24) en el bucle segundo interconectado 16.

Aunque los bucles 15 y 16 de la bobina 14 se muestran ambos, por conveniencia ilustrativa, como que comprenden una única vuelta de fibra óptica; dependiendo del nivel de sensibilidad requerido en un sensor de corriente dado, cada bucle puede típicamente comprender entre 1 y 100 vueltas, o más para propósitos especiales. El diámetro nominal de cada uno de los bucles 15 y 16 puede típicamente ser del orden de 100 mm pero, de nuevo dependiendo de los requisitos de un sensor de corriente dado, puede ser tan grande como 600 mm o más. Sin embargo, en un sentido general, el número de vueltas, y el área rodeada, en los bucles puede ser diferente para los dos bucles dado que la siguiente relación (1) es substancialmente preservada:

$$N_1 \times A_1 = N_2 \times A_2 \quad (1)$$

donde:

$N_1$  = número de vueltas en el bucle primero 15,

$A_1$  = área rodeada por el bucle primero 15,

$N_2$  = número de vueltas en el bucle segundo 16 y

$A_2$  = área rodeada por el bucle segundo 16.

5 Como se ha indicado previamente, la fibra óptica desde la que la bobina 14 se forma puede comprender cualquier fibra óptica que proporciona la transmisión de un único estado de polarización elíptica o que se dispone en uso para transmitir un único estado de polarización elíptica. Sin embargo, puede comprender típicamente fibra polarizada hilada que incorpora regiones de pajarita dopadas con boro para crear birrefringente de estrés.

10 El patrón en forma de ocho en el que la bobina 14 de detección se muestra para ser devanada en las figuras 1 y 2 es particularmente apropiado cuando el conductor de corriente comprende las dos porciones o piernas 11 y 12 a través de las cuales la corriente es conducida (en el dibujo, como se ilustra, en el caso de la porción conductora 11 y fuera del dibujo en el caso de la porción conductora 12). Sin embargo, este es excepto uno de muchos devanados posibles y, en un caso ejemplar donde la corriente es conducida a través de un único conductor 25, como se muestra en las figuras 3 y 4, la bobina 14 de detección puede, por ejemplo, ser devanada con dos bucles casi concéntricos 26 y 27, como se muestra en la figura 3. En este caso el número de vueltas que forma, y las áreas rodeadas, los dos (primero y segundo) bucles necesitaría satisfacer la relación mencionada anteriormente (1).

20 Como un ejemplo adicional, la bobina de detección como se muestra en la figura 4 puede comprender un bucle primero 28, que está formado para rodear el único conductor 25 de corriente, y bucles adicionales devanados como sub-bucles interconectados 29 localizados sobre el perímetro del bucle primero 28. En este caso la bobina de detección será devanada de manera que la luz que se propaga en una dirección primera (por ejemplo, en el sentido contrario a las agujas del reloj, como se indica mediante las flechas 30) en el bucle primero será causada para propagarse en la dirección opuesta (en el sentido de las agujas del reloj, como se indica mediante las flechas 31) en cada uno de los sub-bucles 29. También en este caso, la bobina será devanada de manera que satisfaga la relación.

25

$$N_1 \times A_1 = \Sigma(N_2 \times A_2) \quad (2)$$

donde:

30  $N_1$  = número de vueltas en el bucle primero 28,

$A_1$  = área rodeada por el bucle primero 28,

$N_2$  = número de vueltas en las respectivas de los sub-bucles 29 y

35  $A_2$  = área rodeada por las respectivas de los sub-bucles 29.

40 Un sensor de corriente puede ser construido de varias maneras, dependiendo, por ejemplo, de si el conductor de corriente comprende dos porciones conectadas en serie 11 y 12, como se muestra en las figuras 1 y 2, o una única pierna 25 como se muestra en las figuras 3 y 4. Una posible realización del sensor de corriente puede incorporar una unidad 13 de detección, que está dispuesta para llevar una bobina de detección en forma de ocho (como se ilustra en las figuras 1 y 2), como se muestra en la figura 5.

45 La unidad 13 de detección como se muestra en la figura 15 comprende un soporte 32 para la bobina 14 de detección, y el soporte comprende miembros conductores 33 y 34 en forma de barra separados primero y segundo que son conectables en serie con una barra colectora de conducción de corriente. Los miembros conductores 33 y 34 están asegurados por tornillos 35 a las porciones conductoras primera y segunda 11 y 12 y, en la realización ilustrada, las porciones conductoras primera y segunda se forman como proyecciones cilíndricas sólidas 36 y 37 de una porción 38 de placa en forma de disco común del soporte 32.

50 Aunque no se muestra en la figura 5, la bobina 14 de detección es llevada entre los miembros conductores 33, 34 y la placa común 38 y la bobina de detección es posicionada de manera que sus bucles 15 y 16 rodean (es decir, circundan) las proyecciones cilíndricas 36 y 37. Una junta aislante 39 es provista entre los miembros conductores 33, 34 y la bobina de detección, y una junta aislante 40 adicional es provista entre los miembros conductores 33, 34 y las placas 41 y 42 de abrazadera.

55 Los tornillos 43 están provistos para enclavar los componentes de soporte juntos, y una tapa 44 (a través de la cual se hacen conexiones de fibra óptica con la bobina de detección) está unida de forma desmontable a la porción 38 de placa por medio de conexiones de bayoneta.

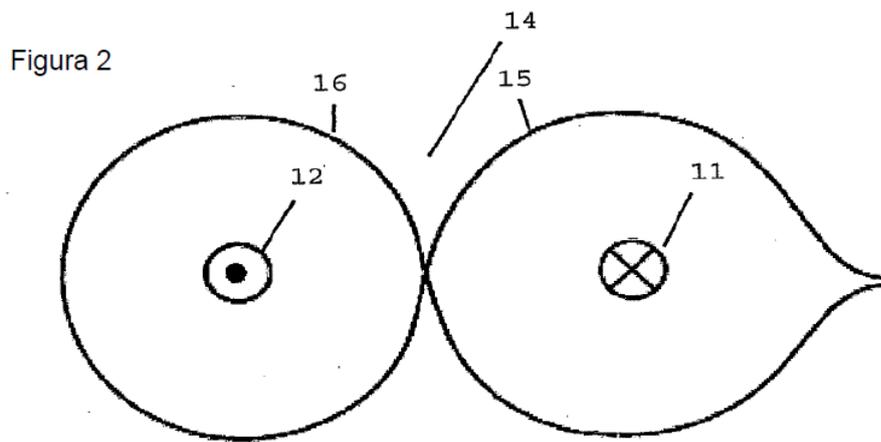
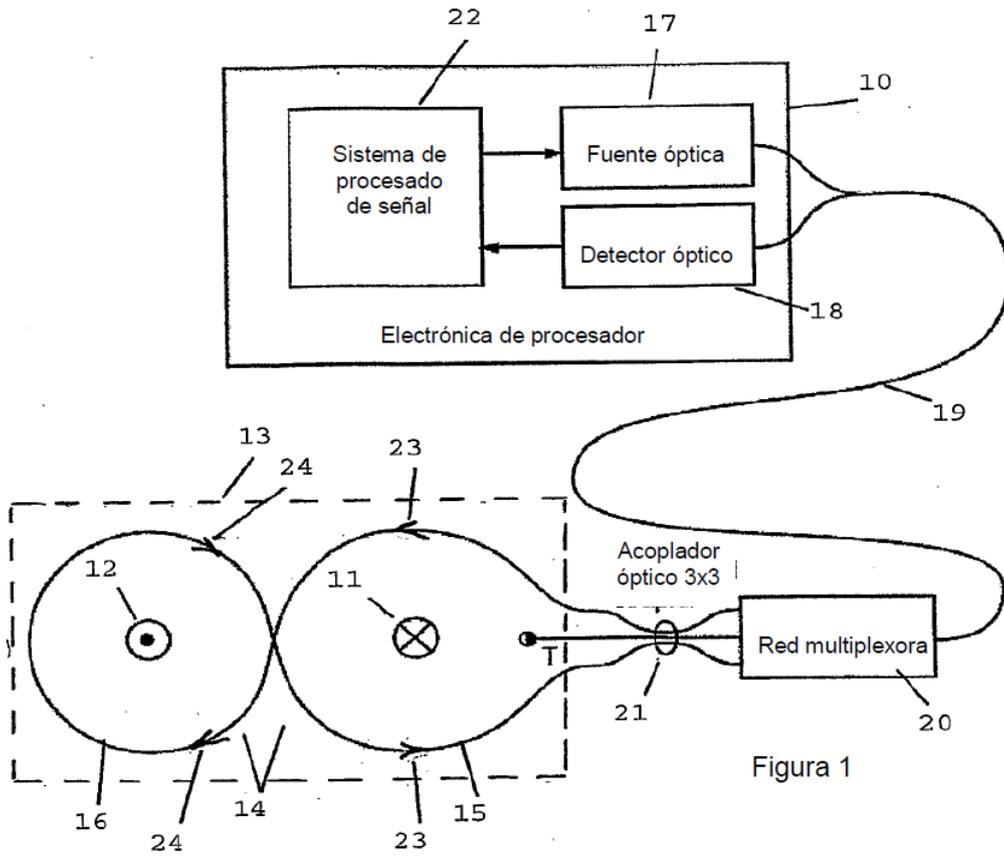
60 Con la construcción de unidad de detección descrita anteriormente, un circuito en serie es formado entre los miembros conductores primero y segundo 33 y 34 por medio de la porción conductora 36 (cilíndrica) primera, la placa común 38 y la porción conductora 37 (cilíndrica) segunda. Así, cuando la unidad de detección es conectada en serie con una barra colectora en un circuito eléctrico activo, el flujo de corriente estará efectivamente en direcciones

opuestas a través de las porciones conductoras primera y segunda 36 y 37 y los bucles circundantes 15 y 16 de la bobina de detección.

5 Pueden hacerse variaciones y modificaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas en las bobinas de detección, la unidad de detección y el sensor de corriente como se describe anteriormente.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Una unidad (13) de detección para un sensor de corriente de interferómetro de Sagnac, comprendiendo la unidad (13) de detección:
- 5 una bobina (14) de detección compuesta por una fibra óptica (19) que está dispuesta en uso para transmitir un único estado de polarización elíptico y comprendiendo la bobina (14) de detección bucles primero y segundo (15, 16), estando los bucles primero y segundo (15, 16) interconectados de manera que la luz que se propaga en una dirección primera en el bucle primero (15) se propagará en una dirección opuesta segunda en el bucle segundo (16),
- 10 estando los bucles primero y segundo (15, 16) devanados con vueltas y áreas rodeadas que satisfacen la relación:  $N_1 \times A_1 = N_2 \times A_2$ , donde  $N_1$  = número de vueltas en el bucle primero,  $A_1$  = área rodeada por el bucle primero,  $N_2$  = número de vueltas en el bucle segundo y  $A_2$  = área rodeada por el bucle segundo, y
- 15 un soporte que tiene porciones conductoras primera y segunda (11, 12) de corriente;
- caracterizada porque las porciones conductoras primera y segunda (11, 12) de corriente están dispuestas de manera que el flujo de corriente estará efectivamente en direcciones opuestas a través de las porciones conductoras primera y segunda (11, 12), y porque los bucles interconectados primero y segundo (11, 12) están dispuestos para rodear las respectivas porciones conductoras primera y segunda (11, 12) de corriente.
- 20
- 2.- La unidad (13) de detección según la reivindicación 1, en la que los bucles primero y segundo (15, 16) de la bobina (14) de detección están formados substancialmente con el mismo número de vueltas y para rodear substancialmente áreas de igual tamaño.
- 25
- 3.- La unidad (13) de detección según la reivindicación 1 ó 2, en la que los respectivos bucles (15, 16) de la bobina (14) de detección están devanados sobre ejes paralelos separados espacialmente.
- 30
- 4.- La unidad (13) de detección según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que los bucles primero y segundo (15, 16) de la bobina (14) de detección forman un devanado en forma de ocho con los respectivos bucles (15, 16) devanados sobre ejes paralelos separados espacialmente.
- 35
- 5.- La unidad (13) de detección según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que los respectivos bucles (15, 16) de la bobina (14) de detección se encuentran substancialmente en un plano común.
- 40
- 6.- La unidad (13) de detección de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, siendo la unidad (13) de detección conectable en circuito con una barra colectora, en la que las porciones conductoras primera y segunda (11, 12) del soporte están dispuestas en uso para estar conectadas en serie con la barra colectora de corriente.
- 45
- 7.- La unidad (13) de detección según la reivindicación 6, en la que el soporte comprende miembros conductores separados primero y segundo que son conectables en serie con la barra colectora de corriente y que respectivamente están asegurados a las porciones conductoras primera y segunda (11, 12).
- 50
- 8.- La unidad (13) de detección según la reivindicación 7, en la que las porciones conductoras primera y segunda (11, 12) se forman como proyecciones de una porción de placa común del soporte, y la bobina (14) de detección está portada entre los miembros conductores y la porción de placa común.
- 9.- La unidad (13) de detección según la reivindicación 8, en la que las juntas aislantes están localizadas entre los componente de unidad (13) de detección en los que un circuito en serie está formado entre los miembros conductores primero y segundo por medio de la porción conductora primera, la porción de placa común y la porción conductora segunda.
- 55
- 10.- Un sensor de corriente de interferómetro de Sagnac, que comprende:
- una unidad (13) de detección según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- una fuente (17) de luz,
- un acoplador (21) que interconecta la fuente de luz y la bobina (14) de detección y dispuesto para lanzar haces luminosos de propagación opuesta en la bobina (14) de detección, y
- 60 un detector (18) para detectar el cambio de fase entre los modos de polarización de los haces luminosos de propagación opuesta.



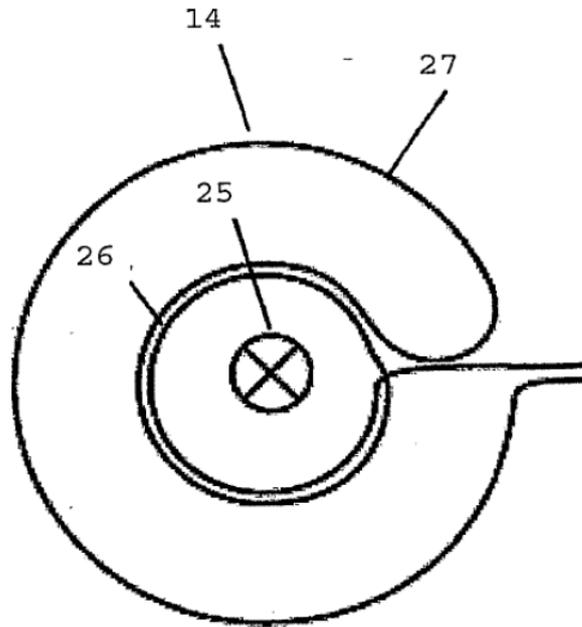


Figura 3

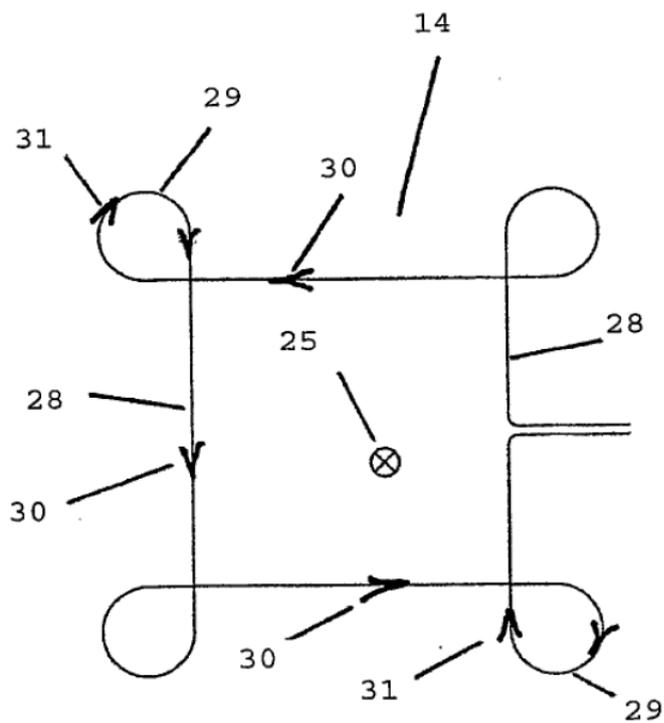


Figura 4

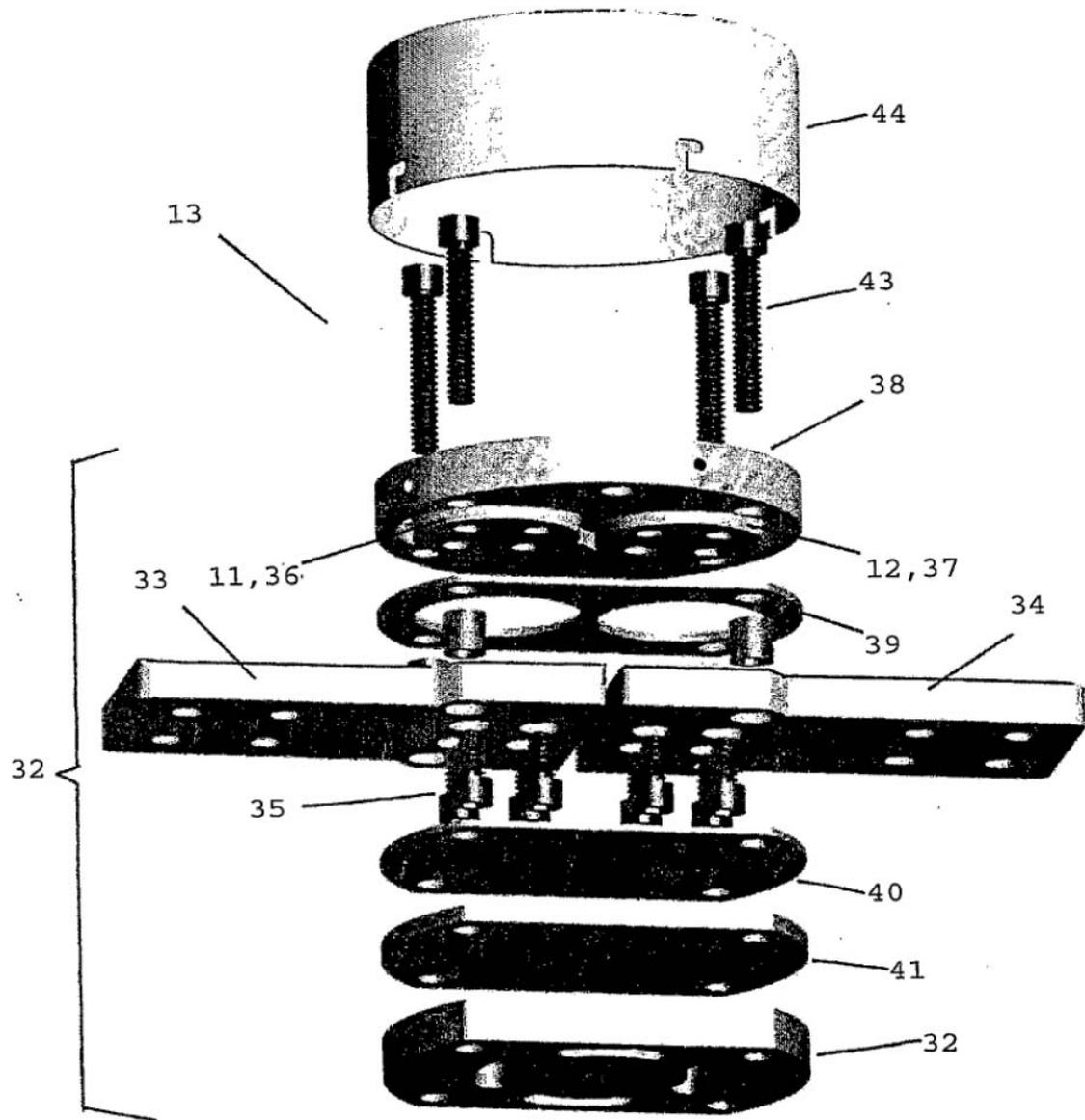


Figura 5