

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 502**

51 Int. Cl.:

G01M 11/08 (2006.01)

G01L 1/24 (2006.01)

B61K 9/08 (2006.01)

G01B 11/16 (2006.01)

B61L 23/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.01.2015** **PCT/EP2015/050797**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.07.2015** **WO15110361**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2015** **E 15702154 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019** **EP 3097397**

54 Título: **Sistema de medición de carril**

30 Prioridad:

21.01.2014 DE 102014100653

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.07.2019

73 Titular/es:

**THALES MANAGEMENT & SERVICES
DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)
Thalesplatz 1
71254 Ditzingen, DE**

72 Inventor/es:

**GLÜCK, MARTIN y
MÜLLER, MATHIAS**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Nuria

ES 2 720 502 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

Sistema de medición de carril

5 Campo técnico

La presente solicitud se refiere en general a un dispositivo de medición óptico para la captación de variables medidas por medio de sensores incrustados en fibras ópticas, y se refiere en particular a un uso de al menos un elemento de sensor de fibra óptica para la medición de una variable mecánica, que actúa sobre un carril, y un sistema de medición de carril. Además, la presente solicitud se refiere a un procedimiento para la colocación de un elemento de sensor de fibra óptica en un carril.

Antecedentes técnicos

15 En los sistemas de medición, los sensores de fibra óptica cobran cada vez más importancia. En este sentido se recurre a uno o varios sensores incrustados en guías de onda de luz, tal como por ejemplo redes de Bragg en fibra, para captar una expansión de la fibra óptica causada por una variable mecánica, y para poder detectar con ello las fuerzas, momentos de giro, aceleraciones, cargas, estados de presión, etc.

20 Los elementos de sensor integrados en sensores de fibra se irradian con radiación óptica en un intervalo de longitud de onda adecuado. Mediante la fuerza que actúa se expande la guía de onda de luz, y se modifica una longitud de onda de reflexión o de transmisión de la red de Bragg en fibra. Una parte de la luz irradiada se reverbera desde el sensor y se suministra a una unidad de evaluación y de análisis. La modificación de longitud de onda, que se basa en la fuerza que actúa, pueden examinarse en la unidad de análisis y puede recurrirse a ella para detectar influencias mecánicas sobre el elemento de sensor.

30 La intensidad y/o el intervalo de longitud de onda de la radiación óptica reflejada en el elemento de sensor o la radiación óptica transmitida por el elemento de sensor presentan características que se influyen por la variable mecánica aplicada. Los elementos de sensor de fibra óptica integrados en la fibra de sensor óptica son, entre otros, sensibles a expansiones de la fibra de sensor, por lo que se influye en el espectro de longitud de onda reflejado desde el elemento de sensor o transmitido por el elemento de sensor.

35 Se usan distintos sistemas de medición para supervisar distintos aspectos de un sistema de carriles o de vía. En particular es interesante la fuerza que actúa por un tren que pasa sobre el carril, que, no menos importante, permite sacar conclusiones sobre el tren que pasa.

40 Además, en sistemas de medición para sistemas de carriles o de vía sobre los que se desplazan los trenes, es un reto reconocer de forma segura cargas por eje que varían mucho, en particular dado que los requisitos de seguridad exigen un índice de error muy bajo. Además, no solo varían las cargas por eje, que se incorporan en un sistema de carriles o sistema de vía. También el montaje de los carriles en traviesas, la estructura del lecho de balastro así como el tipo de trenes también pueden variar mucho. Esto plantea grandes retos a un sistema de medición.

45 Además, las extensiones de la fibra óptica y, con ello, del elemento de sensor óptico en la fibra y/o los cambios en la estructura de red de Bragg en fibra no solo dependen de la variable mecánica que va a medirse, tal como por ejemplo la fuerza, sino que pueden influirse también por variables de perturbación indeseadas, tal como por ejemplo fluctuaciones de temperatura. Por tanto, es deseable eliminar o al menos suprimir variables de perturbación que repercuten en la precisión de medición en el caso de captación de las variables teóricas.

50 Por tanto, es deseable proporcionar un sistema de medición mejorado para sistemas de carriles o de vía, una unidad de sensor de fibra óptica mejorada para sistemas ferroviarios o de vía, así como un uso mejorado de la unidad de sensor de fibra óptica.

55 En el documento CN 101 797 928 A se desvela un sistema de recuento de ejes en un carril, que presenta una fuente de luz de banda ancha, un circulador óptico, una red de Bragg en fibra expandible, que está dispuesta en el carril, y un fotodetector así como un detector para evaluar la señal de luz/número de ejes.

60 El documento DE 695 21 971 T1 desvela un microsistema óptico con guías dieléctricas para la medición de tensiones longitudinales en forma de roseta. Dentro de la roseta están dispuestas unas con respecto a otras varias fibras ópticas en diferentes ángulos, lo que posibilita medir una tensión longitudinal independientemente de la temperatura.

Resumen de la invención

65 La presente solicitud proporciona un uso de al menos un elemento de sensor de fibra óptica para la medición de una variable mecánica, que actúa sobre un carril, un sistema de medición de carril y un procedimiento para la colocación de un elemento de sensor de fibra óptica en un carril de acuerdo con las reivindicaciones independientes.

De acuerdo con una forma de realización está a disposición un uso de al menos una unidad de sensor de fibra óptica para la medición de una variable mecánica, que actúa sobre un carril con una extensión longitudinal y una fibra neutra que se extiende a lo largo de la extensión longitudinal, comprendiendo el uso de una fijación de la al menos una unidad de sensor de fibra óptica en un ángulo de 30° a 60°, en particular 45°, con respecto a la fibra neutra o en un ángulo de -30° a -60°, en particular -45°, con respecto a la fibra neutra en el carril, una irradiación de la al menos una unidad de sensor de fibra óptica con luz primaria para generar una luz de señal en reflexión o transmisión, una captación de la intensidad de la luz de señal, y una evaluación de la luz de señal. De acuerdo con la invención, un punto de fijación de la unidad de sensor de fibra óptica está dispuesto sobre un lado de la fibra neutra y otro punto de fijación sobre el lado opuesto de la fibra neutra.

La unidad de sensor de fibra óptica para captar una fuerza mecánica que actúa sobre un carril presenta preferentemente una fibra óptica, una red de Bragg en fibra puesta a disposición en la fibra óptica, que presenta una longitud de onda de Bragg que depende de la fuerza mecánica, una estructura de transductor, presentando la estructura de transductor una palanca de intensificación de señal, y comprendiendo un filtro de borde para filtrar la primera parte de la luz de señal, en particular teniendo el filtro de borde una característica de filtro con una pendiente nominal del 8 % por nm con respecto a la intensidad transmitida o menos, en particular entre 2 %-7 % por nm, en particular poniéndose a disposición un intervalo de medición de cargas por eje que actúan sobre el carril de 200 kg a 50.000 kg.

De acuerdo con una forma de realización adicional se pone a disposición un sistema de medición de carril, comprendiendo el sistema de medición de carril un carril con una extensión longitudinal y una fibra neutra que se extiende a lo largo de la extensión longitudinal, sobre la cual actúa una fuerza mecánica generada por un tren que se desplaza por encima, y al menos una unidad de sensor de fibra óptica, típicamente dos unidades de sensor de fibra óptica, para la captación de la fuerza mecánica que actúa sobre el carril, presentando una unidad de sensor de fibra óptica una red de Bragg en fibra, que presenta una longitud de onda de Bragg que depende de la variable mecánica, y estando colocada la al menos una unidad de sensor de fibra óptica en un ángulo de 30° a 60°, en particular 45°, con respecto a la fibra neutra o en un ángulo de -30° a -60°, en particular -45°, con respecto a la fibra neutra del carril en el carril. De acuerdo con la invención, un punto de fijación de la unidad de sensor de fibra óptica está dispuesto sobre un lado de la fibra neutra y otro punto de fijación sobre el lado opuesto de la fibra neutra.

De acuerdo con una forma de realización adicional se pone a disposición un procedimiento para la colocación de una unidad de sensor de fibra óptica en un carril, en particular una unidad de sensor de fibra óptica con una red de Bragg en fibra, en un carril, presentando el procedimiento una colocación de la unidad de sensor de fibra óptica en un ángulo adicional de 30° a 60°, en particular 45°, con respecto a la fibra neutra o en un ángulo adicional de -30° a -60°, en particular -45°, con respecto a la fibra neutra del carril, en particular estando colocada la unidad de sensor de fibra óptica aproximadamente en la fibra neutra. De acuerdo con la invención, un punto de fijación de la unidad de sensor de fibra óptica está dispuesto sobre un lado de la fibra neutra y otro punto de fijación sobre el lado opuesto de la fibra neutra.

Un uso de al menos una unidad de sensor de fibra óptica para la medición de una variable mecánica, que actúa sobre un carril con una extensión longitudinal y una fibra neutra que se extiende a lo largo de la extensión longitudinal, comprende preferentemente una facilitación de la al menos una unidad de sensor de fibra óptica en la fibra neutra, en particular de modo que la unidad de sensor de fibra óptica cruza la fibra neutra, una irradiación de la al menos una unidad de sensor de fibra óptica con luz primaria para generar una luz de señal en reflexión o transmisión, una captación de la intensidad de la luz de señal, y una evaluación de la luz de señal.

De acuerdo con una forma de realización adicional se pone a disposición un sistema de medición de carril, comprendiendo el sistema de medición de carril un carril con una extensión longitudinal y una fibra neutra que se extiende a lo largo de la extensión longitudinal, sobre la cual actúa una fuerza mecánica generada por un tren que se desplaza por encima, y al menos una unidad de sensor de fibra óptica, típicamente dos unidades de sensor de fibra óptica, para la captación de la fuerza mecánica que actúa sobre el carril, presentando una unidad de sensor de fibra óptica una red de Bragg en fibra, que presenta una longitud de onda de Bragg que depende de la variable mecánica, y estando colocada la al menos una unidad de sensor de fibra óptica en la fibra neutra, en particular estando colocada la fibra neutra de manera que cruza.

De acuerdo con una forma de realización adicional se pone a disposición un procedimiento para la colocación de una unidad de sensor de fibra óptica, en particular una unidad de sensor de fibra óptica con una red de Bragg en fibra, en un carril, presentando el procedimiento una colocación de la unidad de sensor de fibra óptica en la fibra neutra del carril, en particular de modo que la unidad de sensor de fibra óptica cruza la fibra neutra.

De acuerdo con una forma de realización adicional se pone a disposición un procedimiento de medición para la medición de una variable mecánica, que actúa sobre un carril con una extensión longitudinal y una fibra neutra que se extiende a lo largo de la extensión longitudinal, comprendiendo el procedimiento una irradiación de la al menos una unidad de sensor de fibra óptica con luz primaria para generar una luz de señal en reflexión o transmisión, una captación de la intensidad de la luz de señal, y una evaluación de la luz de señal, apareciendo en particular en caso de luz de señal un recorte de modo que se usa para la evaluación de la luz de señal.

Breve descripción de los dibujos

Se representan ejemplos de realización en los dibujos y se explican en más detalle en la siguiente descripción. En los dibujos muestran:

- 5 la Figura 1 una fibra de sensor, que contiene un elemento de sensor integrado y configurado como una red de Bragg en fibra para la medición de una expansión de fibra;
- 10 la Figura 2 una respuesta de reflexión de sensor, que está causada por un elemento de sensor integrado, representado en la Figura 1, dentro de la fibra;
- 15 la Figura 3 un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo de medición de fibra óptica con fuente de luz, acoplador de fibras y disposición de detección o una unidad de sensor de fibra óptica, o un sistema de medición de carril de acuerdo con ejemplos de realización de la presente invención;
- la Figura 4 un diagrama de esquema de un sistema de medición de carril de acuerdo con otros ejemplos de realización; y
- 20 las Figuras 5A y 5B un diagrama de esquema de una estructura de transductor usada en un elemento de sensor, que pueden usarse en una unidad de sensor o un sistema de medición de carril.

En los dibujos, las mismas referencias se refieren a componentes o cortes iguales o con la misma función.

25 Descripción detallada

A continuación se hace referencia detallada a distintas formas de realización de la invención, estando ilustrados uno o varios ejemplos en los dibujos.

- 30 Las formas de realización de la presente invención, que están descritas en el presente documento, se refieren, entre otros, a un uso de al menos una unidad de sensor de fibra óptica para la medición de una variable mecánica, una unidad de sensor de fibra óptica para captar una fuerza mecánica que actúa sobre un carril, un sistema de medición de carril y un procedimiento para la colocación de una unidad de sensor de fibra óptica, en particular de una unidad de sensor de fibra óptica con una red de Bragg en fibra en una carril.

- 35 La Figura 1 ilustra un sensor integrado en una guía de onda de luz o un elemento de sensor 303, que presenta una red de Bragg en fibra 306. Aunque en la Figura 1 se muestra solo una única red de Bragg en fibra 306, debe entenderse que la presente invención no está limitada a una captación de datos a partir de una única red de Bragg en fibra 306, sino que a lo largo de una fibra de transmisión o una fibra de sensor 304 puede estar dispuesta una pluralidad de redes de Bragg en fibra 306.

- 40 La Figura 1 muestra, por tanto, solo una sección de una guía de onda óptica, que está configurada como fibra de sensor 304, siendo esta fibra de sensor 304 sensible a la expansión de fibra 308. Cabe señalar en este caso que la expresión "óptico" o "luz" debe referirse a un intervalo de longitudes de onda en el espectro electromagnético, que pueden extenderse desde el intervalo espectral ultravioleta sobre el intervalo espectral visible hasta el intervalo espectral infrarrojo. Una longitud de onda central de la red de Bragg en fibra 306, es decir, una denominada longitud de onda de Bragg λ_B , se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\lambda_B = 2 \cdot n_k \cdot \Lambda.$$

- 50 En este sentido, n_k es el índice de refracción efectivo del módulo básico del núcleo de la fibra de sensor 304 y Λ el periodo de red espacial (periodo de modulación) de la red de Bragg en fibra 306.

- 55 Una anchura espectral, que viene dado por la mitad de la anchura de la respuesta de reflexión, depende de la expansión de la red de Bragg en fibra 306 a lo largo de la fibra de sensor 304. La propagación de la luz dentro de la fibra de sensor 304 depende, por tanto, por ejemplo de fuerzas debidas al efecto de la red de Bragg en fibra 306, momentos y tensiones mecánicas así como temperaturas, con la que la fibra de sensor 304 y en particular la red de Bragg en fibra 306 se someten dentro de la fibra de sensor 304.

- 60 Como se muestra en la Figura 1, entra luz de medición 204 desde la izquierda en la fibra de sensor 304, saliendo una parte de la luz de medición 204 como una luz transmitida 206 con un desarrollo de longitud de onda modificado en comparación con la luz de medición 204. Además, es posible recibir luz reflejada 205 en el final de la entrada de la fibra (es decir, en el extremo en el que también la luz de medición 204 se irradia), presentando la luz reflejada 204 asimismo una distribución de longitud de onda modificada, como se representa, por ejemplo, en la Figura 2 (respuesta de reflexión de sensor).
- 65

En un caso en el que la luz de medición 204 se irradia en un intervalo espectral ancho, se da como resultado en la luz transmitida 206 en el punto de la longitud de onda de Bragg un mínimo de transmisión (en comparación con el desarrollo invertido mostrado en la Figura 2, es decir, la absorción máxima en la longitud de onda de Bragg). En la luz reflejada se da como resultado en este punto un máximo de reflexión, que se explica más abajo con referencia a la Figura 2.

La Figura 2 representa esquemáticamente una respuesta de reflexión de sensor 400, que se recibe cuando se irradia luz de medición 204 de banda ancha, y cuando la longitud de onda central de la red de Bragg en fibra 306 (Figura 1), es decir, la longitud de onda de Bragg λ_B , se corresponde con la línea discontinua 403. La respuesta de reflexión de sensor 400 puede presentar un desarrollo simétrico con respecto a la longitud de onda central 403, presentando el desarrollo una anchura media 404 (FWHM, *Full Width at Half Maximum*, anchura a media altura), es decir, una anchura espectral a la mitad de la intensidad máxima.

Esquemáticamente se representan en la Figura 2 en este sentido puntos de exploración espacial (círculos). Mediante la evaluación de la luz secundaria 203 modificada registrada con la unidad de detector 104 ahora es posible obtener el desarrollo mostrado en la Figura 2, es decir, la respuesta de reflexión de sensor 400 en función de una longitud de onda λ . En la Figura 2 se representa, por tanto, una distribución de intensidad $I(\lambda)$, es decir, la intensidad reflejada desde el elemento de sensor 303 se representa en función de la longitud de onda λ . Una distribución de longitud de onda que puede captarse por el dispositivo de medición se da como resultado mediante un intervalo de reacción de longitud de onda 405, que se representa mediante una flecha doble en la Figura 2. La luz secundaria 203 modificada presenta en este intervalo componentes de longitud de onda cuando se mide la red de Bragg en fibra 306. La luz secundaria 203 modificada se corresponde, por tanto, con la respuesta de reflexión de sensor 400 representada en la Figura 2, es decir, una intensidad de reflexión 402 se registra en función de la longitud de onda 401.

La Figura 3 muestra un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo de medición de fibra óptica con fuente de luz, acoplador de fibras y disposición de detección o una unidad de sensor de fibra óptica, o un sistema de medición de carril de acuerdo con ejemplos de realización de la presente invención. En la Figura 3 se muestran un carril 320, una unidad de sensor de fibra óptica 330 colocada en el carril y un dispositivo de medición 340 óptico. La unidad de sensor de fibra óptica 330 puede ser, a este respecto, la unidad de sensor 303 mostrada en la Figura 2, o similar a esta.

El carril 320 puede observarse aproximadamente como barra. Una barra es en general un miembro portante en forma de varilla, que puede cargarse con cargas transversalmente a su eje. La reacción de la barra a las cargas son deformaciones por flexión y cizallamiento. Si actúa por ejemplo una fuerza sobre una superficie de contacto de la barra, se deforma en el marco de la deformación por flexión de tal manera que una primera zona dirigida hacia la superficie de contacto experimenta una contracción (expansión negativa) y una segunda zona que se aparta de la superficie de contacto experimenta una extensión (expansión positiva). Entre estas zonas está dispuesta una zona que no experimenta ninguna expansión debido a la flexión. Esta se denomina fibra neutra. Adicionalmente a la flexión existe la deformación por cizallamiento mencionada anteriormente.

El carril 320 representado en la Figura 3 presenta en una sección inferior un pie 322 y en una sección superior un cabezal 324. Entre estas está configurada una zona 326 aproximadamente rectangular. Si actúa una variable mecánica sobre el carril 320, se deforma el carril 320 con la configuración de una fibra neutra 328 como se describió anteriormente. El carril 320 está configurado a este respecto preferentemente de tal modo que la fibra neutra 328 está configurada en la zona rectangular 326.

La unidad de sensor de fibra óptica encierra con la fibra neutra un ángulo mayor o menor de 0° . La unidad de sensor de fibra óptica se dispone en un ángulo de 30° a 60° , en particular 45° , con respecto a la fibra neutra o en un ángulo de -30° a -60° , en particular -45° , con respecto a la fibra neutra.

Una colocación de la unidad de sensor de fibra óptica 330 en un ángulo de $\pm 30^\circ$ a $\pm 60^\circ$, en particular $\pm 45^\circ$, con respecto a la fibra neutra ofrece la ventaja de que desde la unidad de sensor de fibra óptica se captan deformaciones por cizallamiento, que conducen a una expansión positiva o negativa, que no discurren en paralelo a la fibra neutra.

La unidad de sensor de fibra óptica se coloca en la fibra neutra, y la tensan de tal modo que la unidad de sensor óptica está fijada en dos posiciones en el carril, de modo que la unidad de sensor se cruza con la fibra neutra, es decir, un punto de fijación está dispuesto sobre un lado de la fibra neutra y el otro punto de fijación está dispuesto sobre el lado opuesto de la fibra neutra. En particular pueden estar distanciados los puntos de fijación de la fibra neutra a la misma distancia, es decir, pueden estar dispuestos con respecto a la fibra neutra simétricamente, en particular con simetría de puntos.

En la Figura 3 está colocada la unidad de sensor de fibra óptica 330 a través de dos puntos de fijación 332, 334 en el carril 320, que presentan, por ejemplo, la misma distancia con respecto a la fibra neutra. De este modo las deformaciones por flexión causadas en los puntos de fijación 332, 334 mediante una variable mecánica que actúa sobre el carril se anulan entre sí, por lo que la deformación por cizallamiento se mide esencialmente de manera directa o esencialmente de manera inalterada.

De acuerdo con algunas formas de realización, que pueden combinarse con otras formas de realización, la unidad de sensor de fibra óptica puede estar dispuesta esencialmente en o sobre la fibra neutra o tensar esta, es decir, cruzarla. De acuerdo con algunas formas de realización, que pueden combinarse con otras formas de realización, la unidad de sensor de fibra óptica puede disponerse en un ángulo de 30° a 60°, en particular 45°, con respecto a la fibra neutra o en un ángulo de -30° a -60°, en particular -45°, con respecto a la fibra neutra. En particular, la unidad de sensor de fibra óptica puede estar dispuesta esencialmente en o sobre la fibra neutra o tensar esta, es decir, cruzarla y en un ángulo de 30° a 60°, en particular 45°, con respecto a la fibra neutra o en un ángulo de -30° a -60°. Mediante dichos tipos de colocación se introducen deformaciones por cizallamiento en el sensor. Estas son independientes de la flexión del carril y, con ello, del soporte exacto del carril sobre el lecho de balastro y las traviesas.

El dispositivo de medición óptico mostrado en la Figura 3 presenta una fuente de luz primaria 341, un acoplador de fibra 343 y un fotodetector 345. Una fibra de transmisión 342 óptica se proporciona entre la fuente de luz primaria 341 y el acoplador de fibra 343. El acoplador de fibra 343 dirige la luz primaria 201 de la fuente primaria 341 a la unidad de sensor de fibra óptica 330. La respuesta de reflexión de sensor 400 devuelta por la unidad de sensor de fibra óptica 330 en función de la variable mecánica que actúa sobre el carril 150, es decir, la luz de señal, se reenvía a su vez al acoplador de fibra 343. En el acoplador de fibra 343 se suministra la luz devuelta o una parte de la luz devuelta como luz secundaria 347 o luz de señal 347 al fotodetector 345. Un detector capta la distribución de intensidad, preferentemente la intensidad de la luz de señal. Por ejemplo, el detector resuelve un cambio de la longitud de onda central 403 de la luz secundaria 347 reflejada desde la unidad de sensor de fibra óptica.

Además, un divisor de rayos 344 puede estar previsto entre el acoplador de fibra 343 y el fotodetector 345, que divide la luz que incide en el mismo y conduce una primera parte 347a a un fotodetector 345 y conduce una segunda parte 347b a través de un filtro 346 a un segundo fotodetector 348. El filtro 346 está diseñado preferentemente como filtro de borde.

La evaluación de las señales en el primer fotodetector 345 y/o en el segundo fotodetector 348 se efectúa en una unidad de evaluación no representada, en la que puede evaluarse en particular la luz de señal. Por ejemplo, pueden procesarse las señales juntas o compensarse entre sí. Preferentemente, el primer y/o el segundo fotodetector está configurado como fotodiodo, fotomultiplicador, fotodiodo de avalancha o similar. Los fotodetectores de este tipo convierten la luz de señal incidente en una fotocorriente, lo que posibilita una evaluación rápida y sencilla. Por ejemplo, puede formarse una diferencia de las señales generadas en los fotodetectores 345, 348 configurados como fotodiodos.

De acuerdo con las formas de realización típicas, un detector puede integrar espectralmente la luz de señal, es decir, puede detectar la intensidad sin resolución espectral, por ejemplo después del filtro de borde. Las señales ópticas de los fotodiodos pueden leerse después del filtro de borde a alta frecuencia, en particular a más de 5 kHz, y de manera ventajosa a más de 8 kHz, típicamente a más de 10 kHz, dado que se efectúa un muestreo sencillo de las fotocorrientes. Como alternativa puede efectuarse una detección también por medio de un espectrómetro o similar para resolver la distribución de longitud de onda reflejada desde la unidad de sensor de fibra óptica 330 según su espectro. El uso de fotodetectores, en particular fotodiodos, ofrece, no obstante, la ventaja de un muestreo de alta frecuencia con una sencilla configuración de medición. Además, a través de la elección de una pendiente de la característica de filtro del filtro de borde puede causarse un cambio del intervalo dinámico. La pendiente nominal de la característica de filtro es a este respecto preferentemente menor de 8 % nm, se sitúa en particular en un intervalo del 2 % - 7 %, con respecto a la intensidad transmitida. La pendiente nominal denomina a este respecto, por ejemplo, la pendiente media del filtro de borde, la pendiente en una zona significativa/grande del filtro de borde o una pendiente que es característica para el filtro de borde, como se menciona por ejemplo valor representativo, para comparar entre sí distintos filtros de borde con respecto a su pendiente. Además, una típica longitud de onda central 403 de la luz reflejada desde la red de Bragg en fibra 306 asciende aproximadamente a 1550 nm. Otros aspectos del cambio del intervalo dinámico se presentan con referencia a las Figuras 5A y 5B.

El muestreo de la señal de red de Bragg en fibra, es decir, el cambio de señal de la unidad de sensor de fibra óptica causado por la variable mecánica que actúa sobre el carril, puede efectuarse mediante la construcción de filtro de borde representado antes, por lo que puede llevarse a cabo una medición de alta frecuencia.

Además, en la Figura 3 se muestran dos elementos de sensor de fibra óptica. De acuerdo con algunas formas de realización se proporciona una segunda unidad de sensor de fibra óptica o una adicional en un ángulo adicional de 30° a 60°, en particular 45°, con respecto a la fibra neutra o en un ángulo adicional de -30° a -60°, en particular -45°, con respecto a la fibra neutra, para ampliar la zona de aplicación. Esto se representa en relación con la Figura 4. En particular, el signo del ángulo adicional de la unidad de sensor de fibra óptica adicional difiere del signo del ángulo de la unidad de sensor de fibra óptica. En este sentido puede ponerse a disposición mediante una adición de estas dos señales una señal que es proporcional a la carga sobre el carril.

Cabe señalar en este caso que, aunque en la Figura 3 se representa el uso de dos unidades de sensor de fibra óptica, pueden usarse tres o más unidades de sensores de fibra óptica, por ejemplo para aumentar la precisión de medición. De acuerdo con algunas formas de realización pueden estar dispuestas unidades de sensor de fibra óptica adicionales, es decir, una tercera o cuarta unidad de sensor asimismo bajo los ángulos descritos en este caso. No obstante, también pueden estar dispuestos bajo otros ángulos, como por ejemplo 0° o 90° con respecto a la fibra neutra.

La luz primaria puede modularse en intensidad por la fuente de luz primaria 341 antes de una irradiación de las unidades de sensor de fibra óptica para eliminar o al menos reducir por ejemplo por medio de una técnica de bloqueo las interferencias no deseadas. En el caso de una modulación de intensidad de la luz primaria 201 por la fuente de luz primaria 341 puede ponerse a disposición la frecuencia de modulación a los fotodetectores para posibilitar una detección sincronizada en los fotodetectores.

Además, cabe señalar en este caso que aunque una medición se ilustra en reflexión en la Figura 3, que pueden operarse unidades de sensor de fibra óptica configuradas como red de Bragg en fibra también en transmisión, de tal modo que la luz primaria 201 se suministra como una luz secundaria (luz secundaria transmitida) 202 al dispositivo de medición óptico.

La Figura 4 muestra un diagrama de esquema de un sistema de medición de carril de acuerdo con un ejemplo de realización adicional. Cabe señalar en este caso que los componentes que se han descrito ya con referencia a la Figura 3 no se mencionan en este caso de nuevo para evitar una descripción redundante. Como se muestra en la Figura 4, el sistema de medición de carril comprende el carril 320 y al menos una unidad de sensor de fibra óptica 330. El carril 320 se sitúa sobre una pluralidad de traviesas. En la Figura 4 se muestran dos traviesas 410a, 410b, entre las que está dispuesta al menos una unidad de sensor de fibra óptica, típicamente dos unidades de sensor de fibra óptica 330a, 330b. De acuerdo con las formas de realización descritas en este caso, al menos una unidad de sensor 330, en particular al menos dos unidades de sensor, se colocan en el carril de tal modo que encierran con la fibra neutra un ángulo de $\pm 30^\circ$ a $\pm 60^\circ$, típicamente $\pm 45^\circ$. De acuerdo con otra forma de realización se prefiere que la al menos una unidad de sensor de fibra óptica 330 tense la fibra neutra simétricamente, en particular con simetría de puntos. Por tanto, está colocada a través de dos puntos de fijación 332, 334 en el carril 320, que están distanciados a la misma distancia de la fibra neutra. Además, la referencia 420 ilustra de manera ejemplar las ruedas de un tren que se desplaza sobre el carril 320.

El tren que pasa ejerce a través de sus ruedas 420 una fuerza sobre el carril 320, por lo que, como se debatió anteriormente, se deforma el carril 320. De este modo se expande la al menos una unidad de sensor de fibra óptica positiva o negativamente. Esto conduce a un cambio de la distribución de longitud de onda transmitida o reflejada por la al menos una unidad de sensor de fibra óptica. Esta se capta y evalúa como señal de medición para sacar conclusiones sobre el tren que pasa. Por ejemplo, puede determinarse la deformación por cizallamiento causada por el tren que se desplaza sobre el carril.

De acuerdo con algunas formas de realización puede ponerse a disposición al menos una unidad de sensor de fibra óptica en una posición de medición. Una evaluación de la señal de medición puede usarse en este sentido para el recuento de ejes. La señal de medición se corresponde en este caso con la luz reflejada y/o transmitida desde la unidad de sensor de fibra óptica, es decir, la luz de señal.

De acuerdo con otras formas de realización, como se representa en la Figura 4, pueden proporcionarse al menos dos unidades de sensor de fibra óptica en dos posiciones de medición. Como alternativa o adicionalmente puede presentar una unidad de sensor de fibra óptica también dos o más fibras ópticas con red de Bragg en fibra, que pueden colocarse en las mismas o diferentes posiciones de medición. Cada unidad de sensor de fibra óptica puede presentar, por tanto, al menos una red de Bragg en fibra puesta a disposición en una fibra óptica, que presenta una longitud de onda de Bragg que depende de una variable mecánica que actúa. Una evaluación de las señales de medición de las al menos dos unidades de sensor de fibra óptica o de la al menos una unidad de sensor de fibra óptica con al menos dos redes de Bragg en fibra puede comprender una determinación de la carga sobre el carril, una medición de velocidad, un reconocimiento de dirección de trenes que pasan, daños de ruedas de trenes sobre el carril y/o una clasificación de trenes de trenes que pasan.

En la Figura 4 están colocadas dos unidades de sensor de fibra óptica 330a, 330b en dos posiciones de medición en el carril 320. El carril 320 puede subdividirse en este sentido en tres secciones. Una primera sección está dispuesta en la proximidad de la primera traviesa 410a y entre la primera y la segunda traviesa 410a, una segunda sección está dispuesta a este respecto entre la primera y la segunda traviesa 410a, 410b y una tercera sección está dispuesta en la proximidad de la segunda traviesa 410b y entre la primera y la segunda traviesa 410a, situándose la segunda sección entre la primera y la tercera sección. Por ejemplo, la primera, la segunda y la tercera sección dividen la zona entre dos traviesas en tres tercios iguales. Preferentemente, las primeras unidades de sensor de fibra óptica 330a están colocadas en la primera sección y las segundas unidades de sensor de fibra óptica 330b están colocadas preferentemente en la tercera sección. De acuerdo con algunas formas de realización, que pueden combinarse con otras formas de realización, las unidades de sensor de fibra óptica pueden estar también en la zona de la traviesa, es decir, más próximas que en una zona del 30 % de la distancia entre las traviesas. Por ejemplo, la primera y/o la tercera sección puede ser el 15 % de la zona entre dos traviesas, y la segunda sección el 70 % de la zona entre dos traviesas. Como se representa en la Figura 4, la primera unidad de sensor de fibra óptica 330a encierra un ángulo positivo con la fibra neutra 326 y la segunda unidad de sensor de fibra óptica 330b encierra un ángulo negativo con la fibra neutra 326. En particular, la primera y la segunda unidad de sensor de fibra óptica 330a, 330b pueden presentar un ángulo igual en valor absoluto con diferentes signos. Típicamente, la primera y segunda unidad de sensor de fibra óptica 330a, 330b están dispuestas con simetría de espejo.

De acuerdo con algunas formas de realización, la al menos una unidad de sensor de fibra óptica se proporciona con un ángulo variable con respecto a la fibra neutra, que se modifica con la distancia de la unidad de sensor de fibra óptica con respecto a la traviesa. En particular, el ángulo variable es más pronunciado cuando la unidad de sensor de fibra óptica está dispuesta en las proximidades de la traviesa, y será más plano cuanto más esté colocada la unidad de sensor de fibra óptica en el medio entre dos traviesas adyacentes. Esto ofrece la ventaja de poder dirigir la unidad de sensor de fibra óptica hacia las tensiones de cizallamiento que actúan en diferentes direcciones a lo largo del carril.

De acuerdo con algunos ejemplos de realización puede efectuarse una evaluación de una señal de medición de alta frecuencia para poder captar trenes de alta velocidad que pasan. En este caso son ventajosos los índices de medición de más de 5 kHz, típicamente de más de 8 kHz, en particular de más de 10 kHz. Típicamente pueden leerse con alta frecuencia las señales ópticas según el filtro de borde, dado que se efectúa un muestreo sencillo eléctrico de las fotocorrientes.

Mediante la colocación de la fibra óptica o de la unidad de sensor de fibra óptica en un ángulo con respecto a la fibra neutra, típicamente 30° - 60° , en particular 45° , de modo que la fibra óptica y la unidad de sensor de fibra óptica tensa la fibra neutra del carril en el medio, se introducen solo deformaciones por cizallamiento en el sensor. Estas son independientes de la flexión del carril y, con ello, del soporte exacto del carril sobre el lecho de balastro y las traviesas. Mediante el uso de dos sistemas de medición paralelos de este tipo y la colocación de los sensores en ángulos con diferentes signos próximos entre sí, así como la adición de estas dos señales puede generarse una señal proporcionalmente a la carga sobre el carril.

Además se originan, debido a trenes que pasan, cargas por eje de 200 kg a 50.000 kg sobre un mismo carril, lo que requiere un intervalo dinámico elevado (mayor zona de medición). El elevado intervalo dinámico exige una clara elevación de la señal de medición del fondo de la incertidumbre de medición (alta relación señal con respecto a ruido) para poder detectar de manera segura incluso señales pequeñas (requisitos de seguridad superiores a 1 ppm de índice de error). Con señales pequeñas, el problema del error de polarización existe en caso de medición por medio de sensores de red de Bragg en fibra. Este error representa un error de medición inherente del sistema y es para estos sistemas de medición una variable fija, que está determinada por el soporte de fibra del carril usado sobre el lecho de balastro y las traviesas. Mediante el uso de dos sistemas de medición paralelos de este tipo y la colocación de los sensores en ángulos con diferentes signos próximos entre sí, así como la adición de estas dos señales puede generarse una señal proporcionalmente a la carga sobre el carril.

Además se originan, debido a trenes que pasan, cargas por eje de 200 kg a 50.000 kg sobre un mismo carril, lo que requiere un intervalo dinámico elevado (mayor zona de medición). El elevado intervalo dinámico exige una clara elevación de la señal de medición del fondo de la incertidumbre de medición (alta relación señal con respecto a ruido) para poder detectar de manera segura incluso señales pequeñas (requisitos de seguridad superiores a 1 ppm de índice de error). Con señales pequeñas, el problema del error de polarización existe en caso de medición por medio de sensores de red de Bragg en fibra. Este error representa un error de medición inherente del sistema y es para estos sistemas de medición una variable fija, que está predefinida por el sensor de red de Bragg en fibra usado. Dado que la altura de señal está predefinida de manera fija por las tensiones sobre el carril, esta señal no puede ser superada simplemente con respecto a la relación de incertidumbre de medición. De este modo no pueden detectarse de manera segura cargas muy pequeñas. Como consecuencia, algunas formas de realización de la presente invención proponen una intensificación de la tensión existente sobre el carril mediante una estructura de palanca o estructura de transductor adecuada.

Las Figuras 5A y 5B muestran diagramas de esquema de una estructura de transductor usada en una unidad de sensor de fibra óptica.

Como se muestra en la Figura 5A, la estructura de transductor 510 presenta una forma en H, no obstante sin limitarse a esta. En principio puede presentar la estructura de transductor cualquier forma adecuada siempre y cuando proporcione una intensificación de la expansión del carril hacia la fibra óptica con la red de Bragg en fibra para aumentar la sensibilidad. La estructura de transductor mostrada en la Figura 5A presenta dos varillas 512a, 512b distanciadas entre sí y una barra 514 que une las varillas 512a, 512b. La barra 514 representa al mismo tiempo el punto fijo o punto de giro de la estructura de transductor alrededor de la que se gira la estructura de transductor en caso de acción de fuerza.

Una fibra óptica 304 con una red de Bragg en fibra 306 puesta a disposición está en dos puntos de suspensión 516a, 516b en una primera sección entre los dos puntos fijo o de giro de la estructura de transductor con respecto a los puntos de fijación en el carril y los puntos de suspensión para la fibra óptica determinando por tanto el signo de la relación de palanca. Preferentemente, la relación de palanca k en valor absoluto es mayor de 1, en particular mayor de 2, preferentemente entre 2 y 3.

La Figura 5B muestra la estructura de transductor cuando se expande el carril, por ejemplo con la influencia de una fuerza mecánica o mediante cambio de temperatura. Como se muestra en la Figura 5B, se modifica la distancia de los puntos de fijación 518a, 518b entre sí, lo que conduce a una modificación de la distancia de los puntos de suspensión 516a, 516b. Preferentemente, la relación de palanca es mayor de 1, en particular mayor de 2, preferentemente entre

2 y 3. De este modo se expande con más intensidad la fibra óptica 304 (positiva o negativamente) que el carril 320, lo que conduce de manera reforzada a una intensificación de la señal de medición. De este modo se aumenta la señal con respecto a la relación de incertidumbre de medición, por lo que pueden captarse de manera segura incluso señales pequeñas.

De acuerdo con las formas de realización típicas, que pueden combinarse con otras formas de realización, la intensificación o la relación de palanca k es mayor de 1. La relación de transmisión puede ser negativa, como por ejemplo se representa en las Figuras 5A y 5B o puede ser positiva, en particular cuando están dispuestos los puntos de fijación de la estructura de transductor para la fijación en el carril y los puntos de suspensión de la fibra en la estructura de transductor en el mismo lado del punto fijo o de giro de la palanca. Las Figuras 5A y 5B representan una disposición a modo de ejemplo. Son posibles también otros diseños de palancas en el marco de formas de realización descritas en este caso, siendo k en valor absoluto mayor de 1 y posibilitándose en particular la compensación de temperatura descrita abajo. En función de la forma de la palanca, por ejemplo en función de si la relación de transmisión es positiva o negativa, la fibra puede estar fijada con menos o más pre-tensión entre los puntos de suspensión 516a, 516b.

Esto conduce también a una elevación de la sensibilidad. De acuerdo con algunas formas de realización puede seleccionarse la pendiente del filtro de borde correspondientemente plana, esta puede presentar en particular una pendiente nominal menor del 8 % por nm, en particular entre el 2 % y el 7 % por nm, con respecto a la intensidad transmitida, para cubrir toda la zona de medición o intervalo dinámico. Por tanto, en el marco de las formas de realización descritas en este caso, la sensibilidad se eleva mediante la estructura de transductor y la zona de medición se eleva asimismo mediante la pendiente plana descrita en este caso del filtro de borde. Esto permite una medición segura de cargas por eje que varían mucho.

Mediante la disposición óptica y eléctrica mostrada en las Figura 3 y la Figura 4 se proporciona, por tanto, un sistema de medición basado en sensores de red de Bragg en fibra, que puede convertir la variable mecánica por medio de elementos ópticos en una señal eléctrica. Además, la variable que actúa mecánicamente puede aumentarse a través de una estructura de transductor mostrada en la Figura 5, lo que causa un cambio de la señal óptica, que se refleja en una mayor sensibilidad, que tiene que evaluarse por la electrónica. Por tanto, los requisitos de la unidad de evaluación con respecto a la zona de medición se elevan, no obstante la señal se proporciona con una mejor relación señal con respecto a ruido, lo que conduce a un menor índice de error. Típicamente, la zona de medición del aparato de medición se ajusta mediante ajuste del borde de filtro de tal modo que está adaptado con respecto al nuevo intervalo dinámico de la señal de expansión. En algunas formas de realización, la característica de filtro del filtro se aplana en el aparato de medición, por ejemplo hasta el 8 % por nm o menos, en particular hasta un valor entre el 2 % y el 7 % por nm, con respecto a la intensidad transmitida. De este modo se siguen reduciendo errores de medición del aparato de medición.

De acuerdo con algunas formas de realización, la señal de medición puede intensificarse mediante la estructura de transductor también hasta que la señal de medición sale en caso de cargas elevadas de la zona de medición. En este caso se efectúa, por tanto, un recorte de la señal de medición. Concretamente ya no puede captarse cuantitativamente entonces el valor de medición correcto para la carga por eje, aunque puede hacerse una declaración cualitativa. Por ejemplo, puede generar la unidad de evaluación un mensaje, que puede corresponderse con el paso de un tren con un peso mayor que el valor predefinido. Además, puede usarse una señal de este tipo para el recuento de ejes.

Por ejemplo, puede efectuarse un recorte cuando la señal de medición sale de la zona de filtro del filtro de borde, es decir, esta ya no se filtra o se cambia desde el filtro de borde, de modo que una evaluación diferencial con la señal no filtrada ya no muestra ninguna diferencia cuantitativa. Este es el caso, por ejemplo, cuando un tren con una carga por eje demasiado alta pasa por la unidad de sensor de fibra óptica o se detiene en la zona de la unidad de sensor de fibra óptica, de modo que la señal de medición generada se encuentra en una zona del filtro de borde, en la que ya no presenta una pendiente relevante.

Además, puede originarse una forma de recorte también en la fibra óptica 304. De acuerdo con algunas formas de realización, esta está suspendida con una pre-tensión entre los puntos de suspensión de la estructura de transductor o en el carril, de modo que también las contracciones (expansiones negativas) conducen a una señal de medición. La pre-tensión puede seleccionarse a este respecto de tal modo que la fibra óptica 304 a partir de la aparición de una acción de fuerza mecánica determinada experimenta una contracción tan elevada que la pre-tensión está agotada y la fibra óptica 304 en particular se debilita. En este caso ya no puede realizarse concretamente ninguna declaración cualitativa. No obstante, sigue generándose una señal de medición que se corresponde con el tren que pasa. Con esta puede llevarse a cabo, por ejemplo, un recuento de ejes o una determinación de la velocidad. Típicamente, la pre-tensión de la fibra óptica está seleccionada de tal modo que los cambios de longitud, causados por la variable mecánica, de la fibra óptica 304, en particular de la red de Bragg en fibra 306, conducen a un cambio de longitud de onda, situado en el intervalo de 5 nm - 10 nm, en particular menos de 12 nm. Si los cambios de longitud esperados están, por ejemplo, en el límite o fuera del intervalo, el tipo de suspensión de la fibra óptica descrito anteriormente ofrece la ventaja de que puede reducirse la sollicitación mecánica de la fibra óptica, dado que esta ya no puede seguir en caso de cargas elevadas el cambio de longitud.

De acuerdo con una forma de realización puede ponerse a disposición un procedimiento de medición con una unidad

de sensor de acuerdo con formas de realización descritas en este caso o con un sistema de medición de carril de acuerdo con formas de realización descritas en este caso, generándose en una primera zona de medición una señal proporcional a la carga por eje y generándose en una segunda zona de medición, en particular para cargas por eje, que son mayores que en la primera zona de medición, una señal no proporcional a la carga por eje, por ejemplo una señal que muestra únicamente la existencia de una carga por eje. La segunda zona puede efectuarse mediante recorte según por ejemplo uno de los aspectos mencionados anteriormente.

Los cambios de longitud descritos antes no tienen que comprender toda la zona de modulación de la fibra óptica 304 o de la red de Bragg en fibra 306. Típicamente, la fibra óptica 304 está cargada con una pre-tensión de este tipo de tal modo que la longitud de onda central 403 sin la acción de una variable mecánica desde fuera, por ejemplo la variable mecánica que actúa mediante un tren que pasa, se sitúa aproximadamente en el medio de la zona de modulación puesta a disposición para poder compensar, por ejemplo, un cambio de temperatura.

Además, la estructura de transductor puede usarse mediante una elección adecuada de materiales y dimensiones, en particular junto con la elección de una pre-tensión adecuada para la fibra óptica, para la compensación de temperatura. Debido a cambios de temperatura se produce una expansión del carril. Esta expansión puede generar una desviación o un desplazamiento de la señal y conducir a errores de medición. Por ello es ventajoso para aplicaciones de medición absolutas, tal como por ejemplo medición de carga y pesaje de trenes, una compensación de temperatura.

De acuerdo con algunas formas de realización descritas en este caso puede conseguirse mediante el ajuste del coeficiente de expansión de la palanca una compensación de temperatura. En este sentido se seleccionan la geometría y el material de la palanca de tal modo que la expansión de la fibra y del carril se compensan justo hasta dar cero. De acuerdo con algunas formas de realización, para la compensación de temperatura el coeficiente de expansión de la estructura de transductor en una estructura de transductor con relación de transmisión negativa es menor que el coeficiente de expansión del carril. De acuerdo con otras formas de realización, para la compensación de temperatura el coeficiente de expansión de la estructura de transductor en una estructura de transductor con relación de transmisión positiva es mayor que el coeficiente de expansión del carril.

Aunque la presente invención se describió anteriormente mediante ejemplos de realización típicos, no está limitada a los mismos, sino que puede modificarse de múltiples maneras. La invención tampoco está limitada a las posibilidades de aplicación mencionadas.

REIVINDICACIONES

1. Uso de al menos una unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b) para la medición de una variable mecánica, que actúa sobre un carril (320) con una extensión longitudinal y una fibra neutra (328) que se extiende a lo largo de la extensión longitudinal, que comprende:
fijación de la al menos una unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b) en el carril (320); irradiación de la al menos una unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b) con luz primaria (204) para generar una luz de señal (347) en reflexión o transmisión;
captación de la intensidad de la luz de señal (347); y evaluación de la luz de señal (347), caracterizado por que
la al menos una unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b) se fija en un ángulo de 30° a 60°, en particular 45°, con respecto a la fibra neutra (328) del carril (320) o en un ángulo de -30° a -60°, en particular -45°, con respecto a la fibra neutra (328) del carril (320) en el carril (320), estando dispuesto un punto de fijación (332) de la unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b) sobre un lado de la fibra neutra (328) y otro punto de fijación (334) sobre el lado enfrenteado de la fibra neutra (328).
2. El uso de acuerdo con la reivindicación 1, determinando la evaluación las deformaciones por cizallamiento del carril (320) causadas por un tren que se desplaza sobre el carril (320).
3. El uso según una de las reivindicaciones 1 a 2, conteniendo la evaluación un recuento de los ejes, que se desplazan a través de la unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b).
4. El uso según una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además:
proporcionar otra unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330b) en un ángulo adicional de 30° a 60°, en particular 45°, con respecto a la fibra neutra (328) o en un ángulo adicional de -30° a -60°, en particular -45°, con respecto a la fibra neutra (328).
5. El uso según la reivindicación 4, diferenciándose el signo del ángulo adicional del signo del ángulo.
6. El uso según una de las reivindicaciones 4 a 5, comprendiendo la evaluación una determinación de la carga sobre el carril (320), una medición de velocidad, un reconocimiento de dirección de trenes que pasan, daños de ruedas de trenes sobre el carril (320) y/o una clasificación de trenes de trenes que pasan.
7. El uso según una de las reivindicaciones 1 a 6, presentando la unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b) una estructura de transductor, que amplifica la variable mecánica que actúa sobre la unidad de sensor (303; 330; 330a, 330b).
8. Sistema de medición de carril, que comprende:
un carril (320) con una extensión longitudinal y una fibra neutra (328) que se extiende a lo largo de la extensión longitudinal, sobre la cual actúa una fuerza mecánica generada por un tren que se desplaza por encima; y al menos una unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b), típicamente dos unidades de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b), para la captación de la fuerza mecánica que actúa sobre el carril (320), comprendiendo una unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b):
una red de Bragg en fibra (306), que presenta una longitud de onda de Bragg que depende de la variable mecánica;
caracterizado por que
la al menos una unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b) está colocada en un ángulo de 30° a 60°, en particular 45°, con respecto a la fibra neutra (328) o en un ángulo de -30° a -60°, en particular -45°, con respecto a la fibra neutra (328) del carril (320) en el carril (320), estando dispuesto un punto de fijación (332) de la unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a) sobre un lado de la fibra neutra (328) y otro punto de fijación (332) sobre el lado enfrenteado de la fibra neutra (328).
9. Sistema de medición de carril según la reivindicación 8, que comprende además:
una unidad de evaluación, que está adaptada para una frecuencia de medición de 5 kHz o más, en particular de 8 kHz o más, aún en particular de 10 kHz o más.
10. Sistema de medición de carril según una de las reivindicaciones 8 a 9, que comprende además:
una fuente de luz de banda ancha (341) para la irradiación de la unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b) con luz primaria (201) para generar una luz de señal (347);
un divisor de rayos (344) para la división de la luz de señal (347) en una primera parte (347a) de la luz de señal (347) y una segunda parte (347b) de la luz de señal (347);
un primer detector (345) para la detección de la primera parte (347a) de la luz de señal (347) y un segundo detector (348) para la detección de la segunda parte (347b) de la luz de señal (347).

11. Procedimiento para la colocación de una unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b) en un carril (320), en particular de una unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b) con una red de Bragg en fibra (306), caracterizado por que:

- 5 la unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a, 330b) se coloca en un ángulo adicional de 30° a 60° , en particular 45° , con respecto a la fibra neutra (328) o en un ángulo adicional de -30° a -60° , en particular -45° , con respecto a la fibra neutra (328) del carril (320), estando dispuesto un punto de fijación (332) de la unidad de sensor de fibra óptica (303; 330; 330a) sobre un lado de la fibra neutra (328) y otro punto de fijación (334) sobre el lado enfrentado de la fibra neutra (328).

303

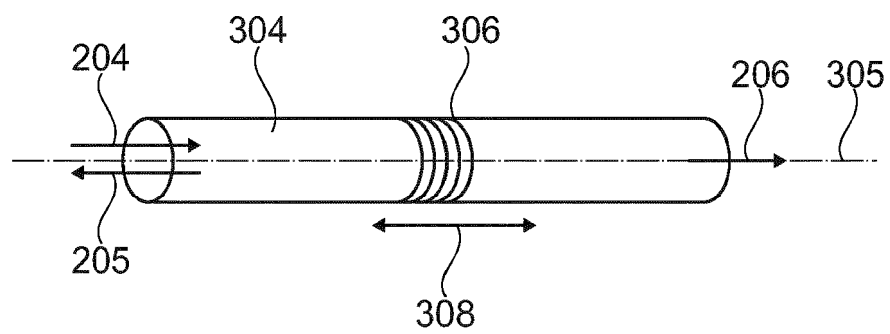


Fig. 1

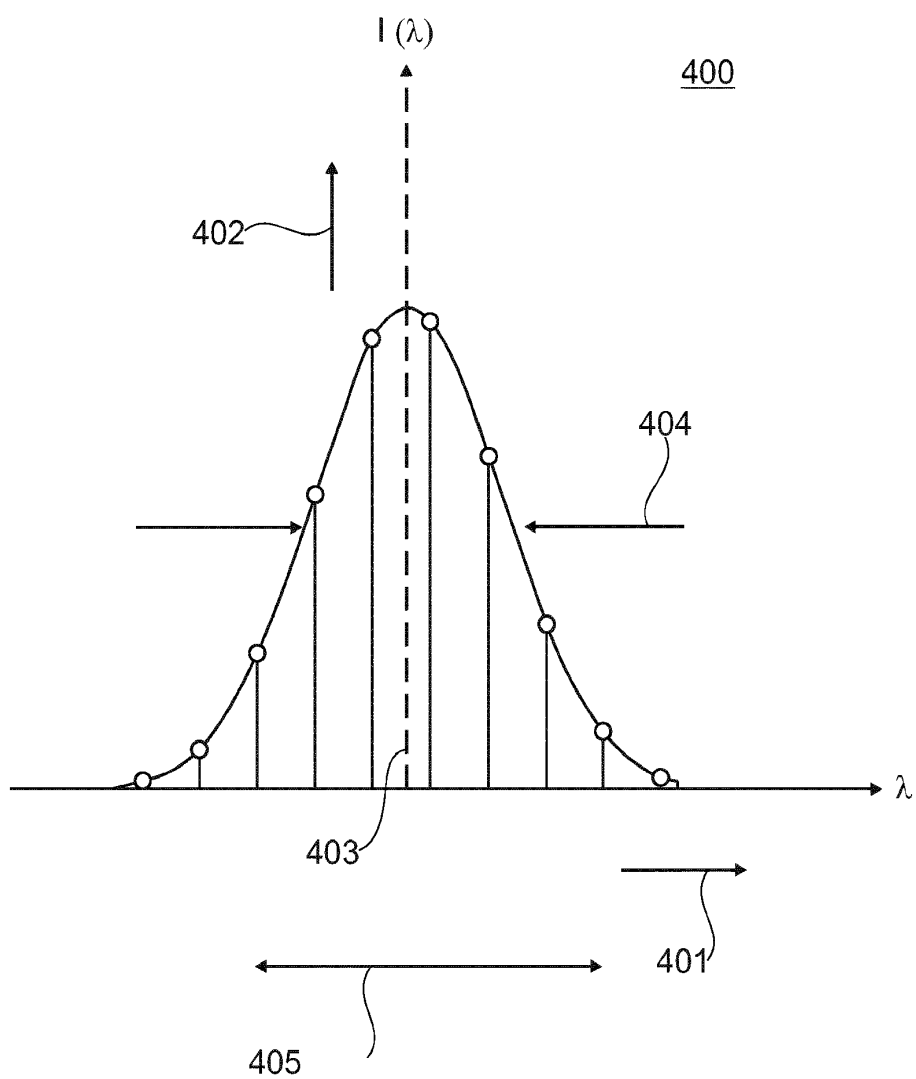


Fig. 2

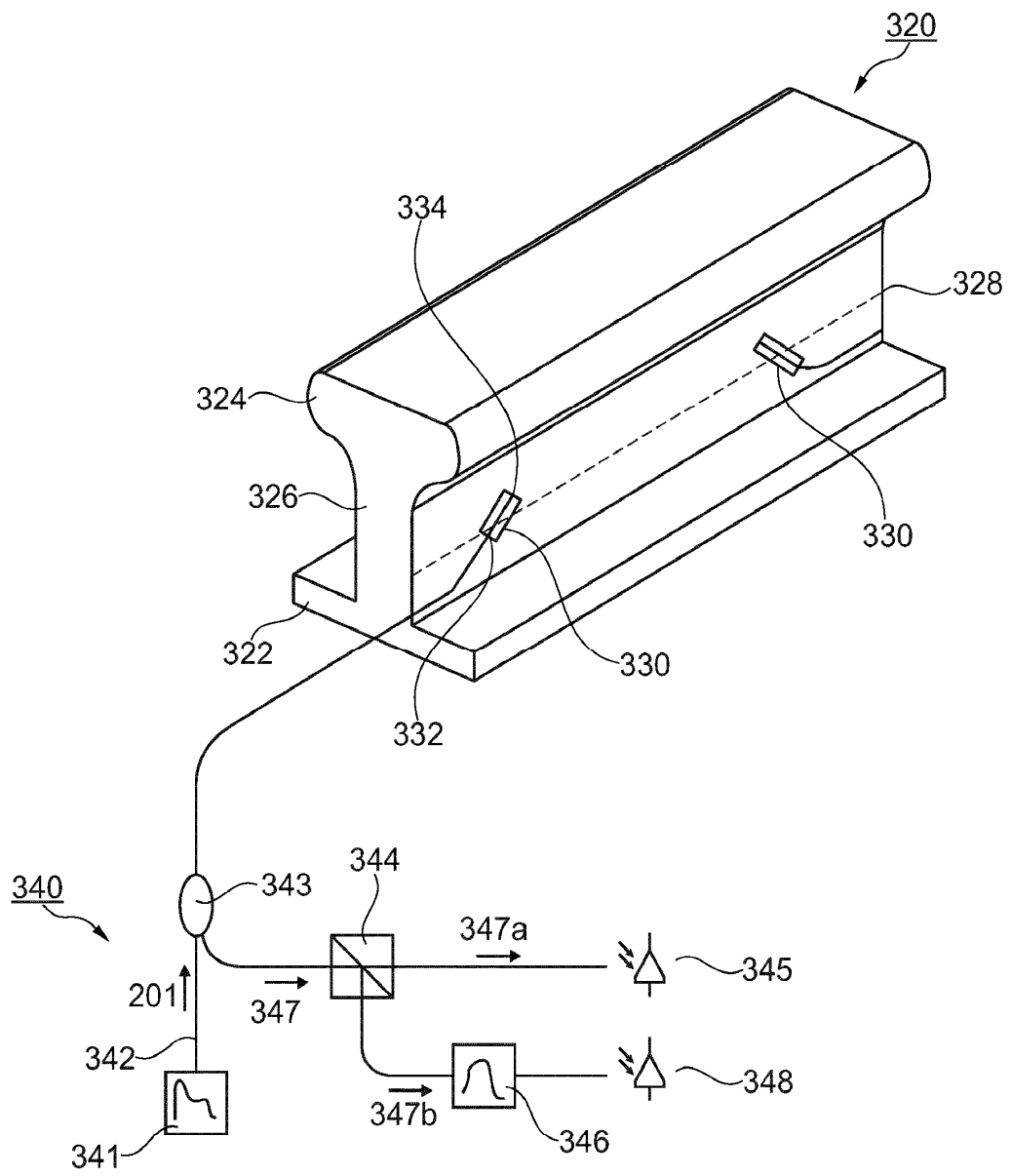


Fig. 3

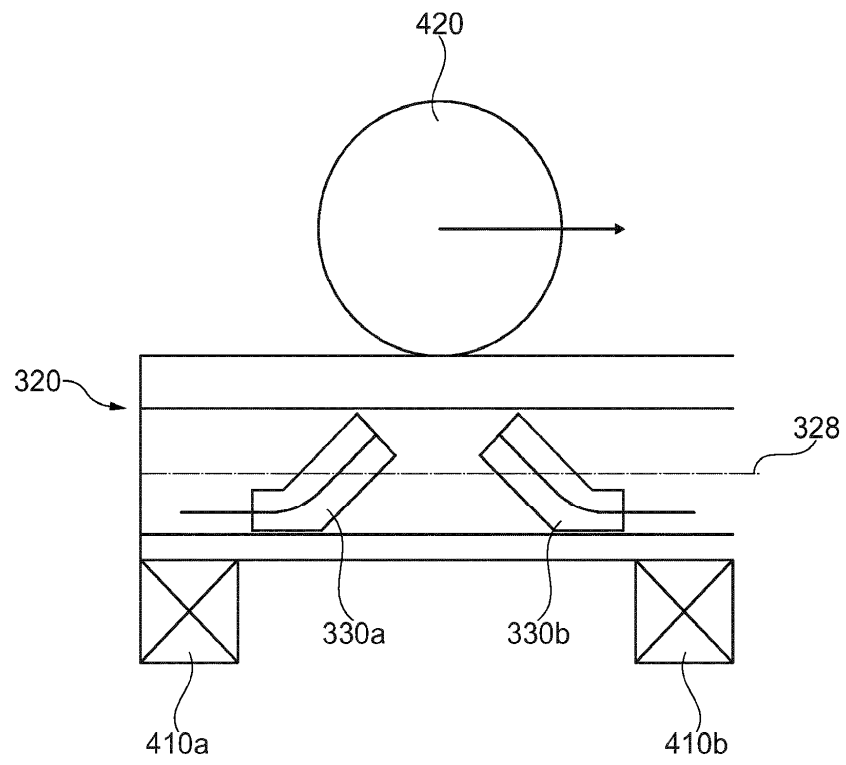


Fig. 4

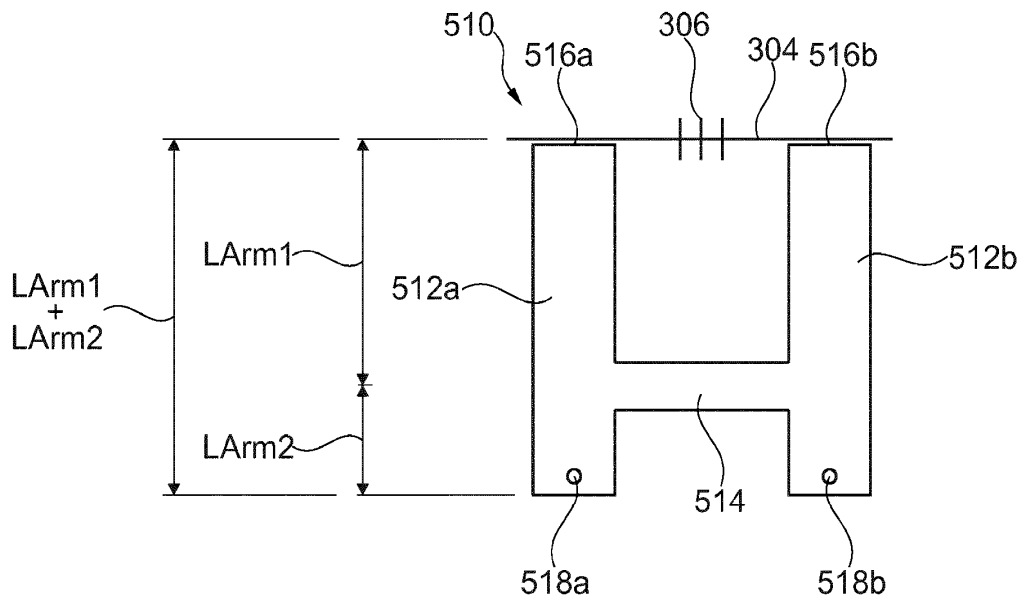


Fig. 5A

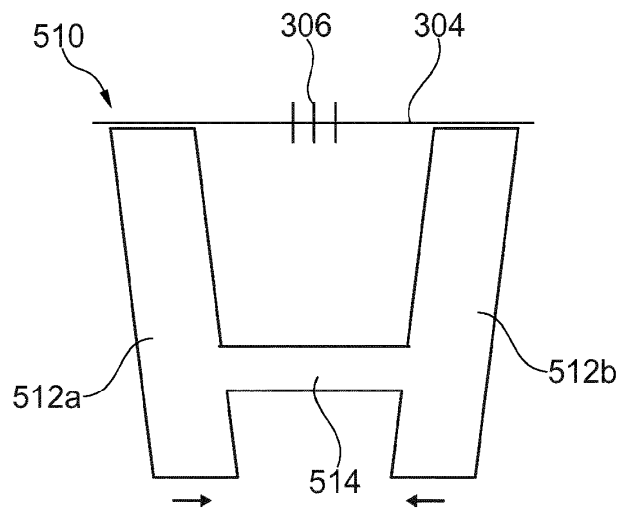


Fig. 5B