

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 028**

51 Int. Cl.:

**B61L 1/16** (2006.01)

**G01L 1/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2015** E 15160078 (0)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017** EP 3069952

54 Título: **Procedimiento de conteo de ejes y dispositivo de conteo de ejes**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**18.09.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MÜLLER, MATHIAS;**  
**OLDEWURTEL, KASSEN y**  
**KLEMM, RAINER**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 633 028 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

Procedimiento de conteo de ejes y dispositivo de conteo de ejes

## 5 Antecedentes de la invención

La invención se refiere a un procedimiento de conteo de ejes para vehículos sobre carriles que comprende: un acoplamiento de luz a al menos una fibra de detección, comprendiendo la fibra de detección al menos una rejilla de Bragg en fibra montada en un carril, presentando cada rejilla de Bragg en fibra un espectro de reflexión (desarrollo de la intensidad de la potencia luminosa reflejada por la rejilla de Bragg en fibra en función de la longitud de onda) con un pico de reflexión en una longitud de onda de Bragg con una semianchura, y detección de la luz reflejada por dos rejillas de Bragg en fibra dispuestas a distancia entre sí, por lo que se obtiene respectivamente una señal de esfuerzo de cizallamiento del carril.

15 Un procedimiento de este tipo se conoce por la solicitud de patente DE 10 2014 100 654.4 aún no publicada.

Se conocen sistemas de conteo de ejes en los que se detectan por inducción los ejes que pasan por un punto de conteo. Aquí es problemático que los campos electromagnéticos, por ejemplo de instalaciones de aire acondicionado fijadas en el tren, puedan conducir a fallos o conteos incorrectos.

20 El documento WO 2005/093971 A1 describe un sistema de vigilancia de trenes, en el que se usan fibras de detección fijadas en la vía para el conteo de ejes. Gracias al acoplamiento de luz a la fibra óptica (fibra de detección), se alimenta luz a la rejilla de Bragg en fibra, reflejándose las longitudes de onda dispuestas dentro de la anchura de banda de filtro alrededor de la longitud de onda de Bragg. La longitud de onda de Bragg está definida en general como  $\lambda_B = n_{\text{eff}} \cdot 2\Lambda = n_{\text{eff}} \cdot \lambda$ . Aquí,  $n_{\text{eff}}$  es el índice de refracción efectivo y  $\Lambda$  es el período de rejilla de la rejilla de Bragg en fibra. Gracias a una fuerza que actúa se dilata la fibra de detección y por lo tanto la rejilla de Bragg en fibra y cambia la longitud de onda de reflexión o de transmisión de la rejilla de Bragg en fibra, de modo que se refleja luz de otras longitudes de onda en función de la dilatación de la rejilla de Bragg en fibra pudiendo alimentarse a una unidad de evaluación y análisis. Las diferentes rejillas de Bragg en fibra están montadas a una distancia de 2,5 m.

25 Las diferentes rejillas de Bragg en fibra presentan diferentes longitudes de onda de Bragg, debiendo ser la diferencia entre las longitudes de onda de Bragg más grande que el cambio de la longitud de onda de Bragg de las rejillas de Bragg en fibra correspondientes por solicitaciones.

30 La solicitud de patente DE 10 2014 100 654.4 aún no publicada describe un sistema de medición de carriles para medir una magnitud mecánica que actúa sobre un carril mediante sensores fibroópticos. Las rejillas de Bragg en fibra allí usadas se fijan con un ángulo de  $\pm 30^\circ$  a  $\pm 60^\circ$ , en particular de  $\pm 45^\circ$  respecto a la fibra neutra en el carril. Esto ofrece la ventaja de que la unidad de detección fibroóptica detecta deformaciones por cizallamiento, que conducen a una dilatación positiva o negativa, que no se extienden en paralelo a la fibra neutra.

35 El inconveniente de las disposiciones conocidas es que la sensibilidad no es suficientemente alta para detectar de forma fiable cada eje, de modo que no está garantizado el nivel de seguridad (SIL4) necesario para trenes, puesto que las señales que resultan por la medición del esfuerzo de cizallamiento no son adecuadas para realizar una evaluación de valores umbrales.

## 45 Objetivo de la invención

La invención tiene el objetivo de proponer un procedimiento de conteo de ejes que, por un lado, sea poco propenso a fallos, en particular respecto a interferencias electromagnéticas, y que presente, por otro lado, una sensibilidad suficiente para cumplir el nivel de seguridad requerido.

## 50 Sumario de la invención

Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención por que están previstas las siguientes etapas de procedimiento:

- 55
- generación de una señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento a partir de las dos señales de esfuerzo de cizallamiento recibidas;
  - generación de una señal de rueda en una unidad de procesamiento de señales cuando la señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento queda por encima de un valor límite superior definido o por debajo de un valor límite inferior definido.
- 60

De acuerdo con la invención se genera una señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento, es decir, una señal con ayuda de la cual puede deducirse el desarrollo en el tiempo de la diferencia entre dos esfuerzos de cizallamiento en dos puntos de detección dispuestos a distancia entre sí. El valor de la señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento se vuelve muy grande en el intervalo del cambio de signo del esfuerzo de cizallamiento (es decir, cuando la aplicación de carga al carril por la rueda tiene lugar exactamente entre las dos rejillas de Bragg en fibra), lo que

permite una detección sencilla de una rueda. Una señal de esfuerzo de cizallamiento, es decir, una señal con ayuda de la cual puede deducirse el esfuerzo de cizallamiento que se produce en un punto de detección determinado puede obtenerse, por ejemplo, mediante la detección de la luz reflejada por la rejilla de Bragg en fibra montada en el punto de detección, estando dispuesta la rejilla de Bragg en fibra de forma oblicua respecto a la fibra neutra, en particular en un ángulo de  $\pm 45^\circ$  o  $\pm 90^\circ$ . La generación de la señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento se realiza mediante la detección y la formación de diferencia del desarrollo en el tiempo del cambio de la longitud de onda de la longitud de onda de Bragg de las rejillas de Bragg en fibra, determinándose el cambio de la longitud de onda mediante la detección del cambio de intensidad de la luz reflejada por las rejillas de Bragg en fibra.

Esto puede realizarse de diferentes formas y se describirá a continuación con ayuda de diferentes variantes. En todas las variantes se detecta el desarrollo de la intensidad en el tiempo de la potencia luminosa reflejada en la/las fibra(s) de detección, preferentemente mediante uno o varios fotodiodos con acoplamiento de fibras.

Variantes preferibles

Una variante especialmente ventajosa del procedimiento de conteo de ejes de acuerdo con la invención (concepto OEC) está caracterizada por que las fibras de detección se usan con respectivamente dos rejillas de Bragg en fibra dispuestas en serie, con diferentes longitudes de onda de Bragg (en dos puntos de detección dispuestos a distancia entre sí en la dirección del carril), y por que la generación de la señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento se realiza ópticamente mediante un componente optoelectrónico en una unidad de procesamiento de señales, de tal modo que se detecta el desarrollo de la intensidad en el tiempo de la potencia luminosa reflejada en la fibra de detección mediante el componente optoelectrónico y se filtra en dos bordes de filtro de un filtro de longitud de onda del componente optoelectrónico, encontrándose los bordes de filtro respectivamente en la región de una de las longitudes de onda de Bragg de las rejillas de Bragg en fibra y presentando pendientes con signos diferentes y por que el desarrollo filtrado de la intensidad se detecta como señal diferencial. Mediante el procesamiento de la señal diferencial en la unidad de procesamiento de señales se generan señal de ruedas (digitales).

En el concepto OEC se usan componentes optoelectrónicos (chips OE) para la medición de la potencia luminosa reflejada y para la transformación de señales. Por la carga de los puntos de detección y los esfuerzos de cizallamiento que van unidos a la misma, se desplazan las longitudes de onda de Bragg de las rejillas de Bragg en fibra. Las partes de la potencia luminosa reflejada que proceden de las diferentes rejillas de Bragg en fibra están sometidas a la filtración en diferentes bordes de filtro. Los cambios de las longitudes de onda de Bragg son una medida para los esfuerzos de cizallamiento que se producen. La formación de la diferencia óptica de las señales de esfuerzo de cizallamiento se realiza porque las partes de la potencia luminosa reflejada que proceden de las diferentes rejillas de Bragg en fibra (espectro de suma de la luz reflejada por las dos rejillas de Bragg en fibra) de las dos rejillas de Bragg en fibra se mueven a lo largo de respectivamente un borde de filtro del componente optoelectrónico, presentando los bordes de filtro pendientes con diferentes signos. Las partes de la potencia luminosa reflejada de los dos elementos de detección se filtran por lo tanto con intensidades diferentes. Las longitudes de onda de Bragg y los bordes de filtro están adaptados preferentemente de tal modo unas a otros que en caso de una carga supuesta los picos de reflexión de las rejillas de Bragg en fibra no se desplazan al otro borde de filtro, respectivamente. De este modo se forma un mínimo o un máximo (el signo depende de la orientación angular ( $\pm 45^\circ$ ) de las rejillas de Bragg en fibra respecto a la fibra neutra, según la orientación que tienen las rejillas de Bragg en fibra respecto a la fibra neutra) en el desarrollo de la potencia luminosa reflejada, cuando la diferencia de los esfuerzos de cizallamiento en los dos puntos de detección se vuelve muy grande. Esto puede digitalizarse con un comparador.

Para que la potencia se mantenga en suma constante, con cambios pequeños, es ventajoso que las semianchuras (FWHM) de los espectros y sus reflectividades (R) de las rejillas de Bragg en fibra sean similares. En una variante especialmente ventajosa, las semianchuras de los picos de reflexión de las dos rejillas de Bragg en fibra difieren por lo tanto menos de 0,5 nm y sus reflectividades menos del 20 %. Además, deberían ser pequeñas las desviaciones del punto de trabajo en cuestión (preferentemente posición central) en el borde de filtro, habitualmente  $< 1$  nm. En otro caso pueden producirse antes y después del mínimo de potencia sobreoscilaciones negativas y sobreoscilaciones, que como consecuencia limitan las cargas que pueden detectarse como mínimo. Para la detección de ejes de trenes en un carril pueden usarse por ejemplo rejillas de Bragg en fibra con los siguientes valores:  $\lambda_1 = 1541,9$  nm,  $R_1 = 45$  %,  $\text{FWHM}_1 = 550$  pm;  $\lambda_2 = 1550,1$  nm,  $R = 55$  %,  $\text{FWHM} = 650$  pm.

Preferentemente se detecta una señal de referencia del desarrollo de la intensidad en el tiempo de la potencia luminosa reflejada en la fibra de detección mediante el componente optoelectrónico sin filtrar, y la señal diferencial se compara con la señal de referencia.

En una variante alternativa (concepto RR) del procedimiento de acuerdo con la invención se usan fibras de detección con dos rejillas de Bragg en fibra dispuestas en serie con longitudes de onda de Bragg diferentes en dos puntos de detección dispuestos a distancia entre sí en la dirección del carril, realizándose la generación de la señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento ópticamente mediante un solapado espectral de los picos de reflexión de las dos rejillas de Bragg en fibra durante la transición de un estado no cargado a un estado cargado. Gracias al

procesamiento de la señal diferencial en la unidad de procesamiento de señales se generan señales de ruedas (digitales).

5 El desplazamiento de las longitudes de onda de Bragg es una medida para el esfuerzo de cizallamiento que se produce en el punto de detección correspondiente. El grado de solapado de los picos de reflexión es una medida para la diferencia entre los esfuerzos de cizallamiento.

10 El solapado de los picos de reflexión se realiza preferentemente en el estado cargado. En esta variante, las longitudes de onda de Bragg de las dos rejillas de Bragg en fibra se eligen de tal modo que los picos de reflexión de las dos rejillas de Bragg en fibra de una mitad de contacto de carril se solapan en el estado cargado. Cuanto más se solapen los picos de reflexión tanto menos luz se refleja. En caso de carga del carril se detecta por lo tanto un mínimo de intensidad. Por lo tanto, la generación de una señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento se realiza en este variante por el solapado de los picos de reflexión en caso de carga de los carriles. Para ello, la distancia de las longitudes de onda de Bragg de las rejillas de Bragg en fibra se elige de acuerdo con la invención de tal modo que en caso de una carga con una masa esperada se produce un solapado notable, preferentemente un solapado completo de los picos de reflexión. No obstante, también es posible elegir la distancia y las semianchuras de los picos de reflexión de tal modo que los picos de reflexión no se solapen en el estado no cargado separándose en caso de carga. En este caso se mediría un máximo de intensidad en caso de carga.

20 Este concepto RR está caracterizado por una menor complejidad en el procesamiento de señales en la placa de circuitos impresos de adaptación.

25 En una tercera variante (concepto OE2) del procedimiento de conteo de ejes de acuerdo con la invención se usan dos fibras de detección con respectivamente una rejilla de Bragg en fibra, estando dispuestas las rejillas de Bragg en fibra de diferentes fibras de detección en puntos de detección dispuestos a distancia entre sí en la dirección del carril. De acuerdo con la invención se genera para cada fibra de detección una señal filtrada del desarrollo de la intensidad en el tiempo de la potencia luminosa reflejada en la fibra de detección por la rejilla de Bragg en fibra mediante filtración en respectivamente un borde de filtro de un filtro de longitud de onda de un componente optoelectrónico en una unidad de procesamiento de señales, realizándose la generación de la señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento de las dos rejillas de Bragg en fibra de forma electrónica mediante un microcontrolador. Como señal de referencia sirve la luz reflejada por la rejilla de Bragg en fibra no filtrada o la señal eléctrica obtenida por procesamiento de señales a partir de esta luz (señal de potencia luminosa no ópticamente filtrada).

35 En esta variante, la señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento se determina, por lo tanto, no en una mitad de contacto de carril sino a partir de las señales procesadas por los componentes optoelectrónicos de las dos mitades de contacto de carril en el microcontrolador. Por lo tanto, se determina una diferencia de señales eléctricas.

40 Es especialmente ventajoso cuando se detecta una señal de referencia a partir del desarrollo de la intensidad en el tiempo de la potencia luminosa reflejada en la fibra de detección mediante el componente optoelectrónico de forma no filtrada y se determina la señal de esfuerzo de cizallamiento a partir de la relación entre la señal filtrada y la señal de referencia. De este modo se consigue una independencia de la potencia luminosa irradiada.

45 Para detectar un error puede comprobarse si la señal de referencia está por encima de un tercer valor límite (tercer valor límite = valor límite superior) o por debajo (tercer valor límite = valor límite inferior). Es preferible la variante indicada en último lugar, es decir, que un error se detecte cuando la señal de referencia queda por debajo de un tercer valor límite predeterminado. El procedimiento de conteo de ejes se realiza por lo tanto preferentemente en un "principio de luz de reposo" (análogo al principio de corriente de reposo). Esto significa que en el funcionamiento en standby se detecta continuamente una señal reflejada por las rejillas de Bragg en fibra. Cuando falla la fuente luminosa o cuando se corta un cable (p.ej. entre el contacto de carril y la placa de circuitos impresos de procesamiento de señales), la señal de referencia cae por debajo del valor límite definido, por lo que puede realizarse una detección de errores sencilla de los componentes ópticos. De este modo es posible la detección de defectos posibles (fallo de la fuente luminosa, corte de un cable, suciedad en puntos de enchufe) en la parte óptica del procesamiento de señales, de la línea de alimentación de fibra óptica y en el sensor propiamente dicho sin dispositivo de diagnóstico adicional (funcionalidad de autocomprobación de las rejillas de Bragg en fibra) Una comprobación puede realizarse por ejemplo desconectándose la fuente luminosa durante poco tiempo. Otra posibilidad es modular la intensidad de la luz de la fuente luminosa. Si la luz detectada presenta la misma modulación, la comprobación se evalúa como realizada con éxito. Aquí no es necesaria una desconexión de la fuente luminosa.

60 La invención se refiere también a dispositivos de conteo de ejes para la realización de diferentes variantes del procedimiento de acuerdo con la invención.

65 Un primer dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención (contador de ejes OEC) comprende una fuente luminosa, al menos un punto de conteo, comprendiendo cada punto de conteo dos mitades de contacto de carril para el montaje en un carril. De acuerdo con la invención, cada mitad de contacto de carril comprende una fibra de detección con una primera rejilla de Bragg en fibra con una primera longitud de onda de Bragg y una segunda rejilla

de Bragg en fibra con una segunda longitud de onda de Bragg, estando realizadas las rejillas de Bragg en fibra para un montaje oblicuo respecto a la fibra neutra en el carril. Además, la mitad de contacto de carril comprende un componente optoelectrónico para la realización de una sustracción óptica de la potencia luminosa reflejada por las dos rejillas de Bragg en fibra de una fibra de detección, comprendiendo el componente optoelectrónico un filtro que depende de la longitud de onda con dos bordes de filtro, encontrándose los bordes de filtro respectivamente en la región de una de las longitudes de onda de Bragg de las rejillas de Bragg en fibra y presentando pendientes con diferentes signos.

Las pendientes de los bordes de filtro son preferentemente iguales en cuanto al valor. Basta con que las pendientes sean iguales en cuanto al valor en la región en la que se desplazan las longitudes de onda de Bragg.

Para ahorrar material, las rejillas de Bragg en fibra de las dos mitades de contacto de carril de un punto de conteo pueden estar dispuestas en una fibra de detección común. Mediante un divisor de frecuencia, las señales pueden asignarse a las diferentes mitades de contacto de carril. En caso de una variante que requiere especialmente poco material de esta forma de realización, las mitades de contacto de carril de un punto de conteo presentan una rejilla de Bragg en fibra común.

Un segundo dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención (contador de ejes RR) comprende una fuente luminosa y al menos un punto de conteo, comprendiendo cada punto de conteo dos mitades de contacto de carril para el montaje en un carril, comprendiendo cada mitad de contacto de carril una fibra de detección con dos rejillas de Bragg en fibra dispuestas en serie en dos puntos de detección dispuestos a distancia entre sí, estando realizadas las rejillas de Bragg en fibra para el montaje oblicuo respecto a la fibra neutra en el carril y habiéndose elegido las longitudes de onda de Bragg de las dos rejillas de Bragg en fibra y la distancia entre los dos puntos de detección de tal modo que en caso de una carga predeterminada del carril entre los dos puntos de detección se solapan los espectros de reflexión de las dos rejillas de Bragg en fibra. Además, está prevista una unidad de procesamiento de señales para la detección y el procesamiento posterior de la luz reflejada por las rejillas de Bragg en fibra. Las longitudes de onda de Bragg de las dos rejillas de Bragg en fibra y la distancia entre los dos puntos de detección (es decir, la distancia entre las partes iguales de las dos rejillas de Bragg en fibra) se ha elegido de tal modo que en caso de una carga predeterminada del punto de detección los dos espectros de reflexión de las rejillas de Bragg en fibra se solapan completamente.

Para conseguir un buen efecto de saturación, una de las rejillas de Bragg en fibra debería tener un pico de reflexión con una semianchura grande, mientras que la semianchura del pico de reflexión de la otra rejilla de Bragg en fibra debería ser pequeña. Las semianchuras de los picos de reflexión de las dos rejillas de Bragg en fibra difieren, por lo tanto, preferentemente 1 o 2 órdenes de magnitud. Gracias a ello se impide un barrido completo de los picos de reflexión en caso de trenes pesados, de lo que resultarían sino dos picos por eje en el desarrollo de intensidad de la potencia luminosa reflejada.

Es especialmente ventajoso que las longitudes de onda de Bragg de las dos rejillas de Bragg en fibra no difieran más de 5 nm y que la semianchura de una rejilla de Bragg en fibra sea al menos de 0,05 nm y la semianchura de la otra rejilla de Bragg en fibra sea como máximo de 5 nm. Los picos de reflexión de las dos rejillas de Bragg en fibra se solapan preferentemente ligeramente en el estado no cargado, siendo mayor la longitud de onda de Bragg de la primera rejilla de Bragg en fibra (la rejilla de Bragg en fibra orientada hacia la unidad de procesamiento de señales) que la longitud de onda de Bragg de la segunda rejilla de Bragg en fibra (la rejilla de Bragg en fibra no orientada hacia la unidad de procesamiento de señales).

Un tercer dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención (contador de ejes OE2) comprende una fuente luminosa y al menos un punto de conteo con respectivamente dos mitades de contacto de carril para el montaje en un carril. De acuerdo con la invención, cada mitad de contacto de carril comprende una fibra de detección con una rejilla de Bragg en fibra con una longitud de onda de Bragg, estando realizada la rejilla de Bragg en fibra para el montaje oblicuo respecto a la fibra neutra en el carril. Además, cada mitad de contacto de carril comprende una unidad de procesamiento de señales para la generación de señales de esfuerzo de cizallamiento, comprendiendo la unidad de evaluación un componente optoelectrónico con un borde de filtro (filtro óptico). Para la generación de una señal diferencial de las señales de esfuerzo de cizallamiento emitidas por las unidades de procesamiento de señales, el dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención presenta un microcontrolador.

El microcontrolador es un componente programable, que determina a partir de las señales procesadas por los componentes optoelectrónicos de las mitades de contacto de carril la diferencia entre las señales de esfuerzo de cizallamiento.

Para todos los contadores de ejes de acuerdo con la invención se usa como fuente luminosa preferentemente una fuente luminosa de banda ancha, p.ej. un diodo superluminiscente.

En todos los dispositivos de conteo de ejes de acuerdo con la invención presentados es especialmente ventajoso que las rejillas de Bragg en fibra (es decir, la extensión de las rejillas de Bragg en fibra en la dirección de propagación de la luz) estén fijadas unas en paralelo a las otras en un ángulo de  $\pm 30^\circ$  a  $\pm 60^\circ$ , en particular de  $\pm 45^\circ$

respecto a la fibra neutra en el carril. Con ayuda de la disposición oblicua de las rejillas de Bragg en fibra se miden esfuerzos de cizallamiento en el carril mediante la detección de la luz reflejada por las rejillas de Bragg en fibra al pasar una rueda por encima del carril. Por lo tanto, el procedimiento es independiente del tamaño de la rueda y de la llanta.

5 Las rejillas de Bragg en fibra cruzan preferentemente la fibra neutra del carril.

10 En una forma de realización ventajosa del dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención, las rejillas de Bragg en fibra están provistas de una estructura de convertidor para la compensación de una dilatación térmica del carril. Mediante la estructura de convertidor se limita el valor absoluto del cambio de la longitud de onda por cambios de temperatura en el carril. Al mismo tiempo, la estructura de convertidor tiene el objetivo de amplificar los niveles de dilatación relativamente bajos del esfuerzo de cizallamiento, para poder detectar también cargas sobre ejes bajas.

15 Es especialmente ventajoso que las rejillas de Bragg en fibra estén fijadas bajo tensión previa en el carril. De este modo puede detectarse de forma sencilla cuando una rejilla de Bragg en fibra se ha soltado del carril, puesto que cambia la longitud de onda de Bragg de la rejilla de Bragg en fibra cuando deja de actuar la tensión previa. El montaje de las rejillas de Bragg en fibra bajo tensión previa permite detectar cuando una rejilla de Bragg en fibra se ha soltado del carril, puesto que al soltarse la rejilla de Bragg en fibra deja de actuar la tensión previa y cambia correspondientemente la longitud de onda de Bragg de la rejilla de Bragg en fibra. En consecuencia, se emite una  
20 señal de rueda permanente. La tensión previa puede aplicarse antes de la fijación de las rejillas de Bragg en fibra en el carril de forma mecánica o puede aplicarse mediante un soporte de forma térmica, mientras el soporte se fija bajo tensión previa en el carril.

25 Es especialmente ventajoso que esté previsto un dispositivo de corrección de asiento para el ajuste de la tensión previa con la que se montan las rejillas de Bragg en fibra en el carril.

La unidad de procesamiento de señales comprende preferentemente un divisor de haz fibroóptico. El divisor de haz sirve para tomar, además de la señal filtrada en el borde, una señal de referencia mediante un segundo fotodiodo.

30 Otras ventajas de la invención resultan de la descripción y del dibujo. Las características anteriormente indicadas y las que se explicarán aún más adelante pueden aplicarse de acuerdo con la invención respectivamente de forma individual o pueden aplicarse varias de ellas, en cualquier combinación. Las formas de realización mostradas y descritas no han de entenderse como enumeración exhaustiva, sino que se presentan a título de ejemplo para describir la invención.

35 Descripción detallada de la invención y de los dibujos

40 La Figura 1 muestra la estructura esquemática de una mitad de contacto de carril de un dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención según el concepto EOC.

La Figura 2 muestra un diagrama de bloques para el procesamiento de una señal óptica recibida por la mitad de contacto de carril de la Figura 1 (concepto EOC).

45 La Figura 3 muestra el desarrollo de los picos de reflexión respecto a los bordes de filtro (concepto EOC).

La Figura 4 muestra el desarrollo en el tiempo de la corriente fotoeléctrica detectada por los fotodiodos de la señal diferencial según el concepto OEC, así como las partes de la corriente fotoeléctrica detectada asignadas a las diferentes rejillas de Bragg en fibra.

50 La Figura 5 muestra la estructura esquemática de una mitad de contacto de carril de un dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención según el concepto RR.

La Figura 6 muestra un diagrama de bloques para el procesamiento de una señal óptica recibida por la mitad de contacto de carril de la Figura 5 (concepto RR).

55 La Figura 7a, b muestra la disposición de los picos de reflexión en un estado no cargado y en un estado cargado.

La Figura 8 muestra el desarrollo en el tiempo de la señal diferencial según el concepto RR.

60 La Figura 9 muestra la estructura esquemática de dos mitades de contacto de carril de un dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención según el concepto EO2.

La Figura 10 muestra un diagrama de bloques para el procesamiento de señales obtenidas por dos mitades de contacto de carril según la Figura 9 (concepto OE2).

65

La Figura 11 muestra la disposición de un pico de reflexión respecto al borde de filtro en un estado no cargado del carril.

5 La Figura 12a muestra el desarrollo en el tiempo de las señales de esfuerzo de cizallamiento de las dos mitades de contacto de carril según el concepto OE2.

La Figura 12b muestra el desarrollo en el tiempo de la señal diferencial según el concepto OE1.

10 La Figura 13a muestra rejillas de Bragg en fibra fijadas en un carril de dos mitades de contacto de carril según el concepto OEC o RR con fibras de detección separadas.

La Figura 13b muestra rejillas de Bragg en fibra fijadas en un carril de dos mitades de contacto de carril según el concepto OEC o RR con una fibra de detección común.

15 La Figura 13c muestra rejillas de Bragg en fibra fijadas en un carril de dos mitades de contacto de carril según el concepto OE2.

20 La Figura 14 muestra una sección transversal de un carril con rejillas de Bragg en fibra fijadas en el carril según las Figuras 13a-c.

La Figura 15 muestra la estructura general de un dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención.

25 La Figura 1 muestra la estructura de una mitad de contacto de carril SK1 de un dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención según el concepto EOC. La mitad de contacto de carril SK1 comprende una fibra de detección SF con dos rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2, que están dispuestas a distancia entre sí y que están montadas preferentemente previamente en un soporte T, de tal modo que pueden montarse de forma sencilla en la orientación deseada en un carril S (véanse las Figuras 13a, b). Las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 presentan diferentes longitudes de onda de Bragg  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , y reflejan correspondientemente luz de la longitud de onda de Bragg  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  correspondiente. Mediante una fuente luminosa L se acopla luz a la fibra de detección SF. La luz reflejada por las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 se conduce mediante un acoplador de fibra FK a un componente optoelectrónico OEC, en el que se procesa la luz reflejada. En el caso descrito, el componente optoelectrónico OEC y la fuente luminosa L forman parte de una unidad de procesamiento de señales SV.

35 En la Figura 2 está representado como la luz reflejada se sigue procesando en la unidad de procesamiento de señales SV. La luz reflejada se conduce mediante la fibra de detección SF al componente optoelectrónico OEC, en el que la luz se divide mediante un divisor de haz ST. En un primer canal se filtra la luz reflejada mediante un filtro de longitud de onda F y se detecta mediante un primer fotodiodo PD1 como señal diferencial eléctrica  $S_D$ . En un segundo canal, la luz reflejada se conduce directamente a un segundo fotodiodo PD2 y se detecta allí como señal de referencia  $S_R$ , siendo la señal de referencia  $S_R$  proporcional a la potencia luminosa reflejada total. De acuerdo con la invención, el filtro de longitud de onda F presenta dos bordes de filtro K1, K2, presentando los dos bordes de filtro K1, K2 pendientes con diferentes signos. Por los signos diferentes, se evalúan de forma diferente los desplazamientos de las longitudes de onda de Bragg  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  de las dos rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 hacia longitudes de onda más grandes, es decir, en la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1 mediante un aumento de la potencia luminosa detectada y en la otra rejilla de Bragg en fibra FBG2 mediante una reducción de la potencia luminosa detectada.

45 Unos amplificadores de transimpedancia V1, V2 transforman la señal diferencial  $S_D$  y la señal de referencia  $S_R$  en señales de tensión. Estas pueden seguir procesándose a continuación (p.ej. mediante filtración con filtro de paso bajo). Para determinar la magnitud de medición propiamente dicha, se forma la relación entre la señal diferencial  $S_D$  y la señal de referencia  $S_R$ . De este modo se consigue neutralidad de recorridos y se permiten mediciones independientes de efectos de atenuación. La señal así generada es proporcional a la carga sobre ejes, lo que puede evaluarse por separado. La señal analógica puede transformarse a continuación con ayuda de un comparador en una señal de rueda digital (impulso de rueda RI1).

55 La Figura 3 muestra un posible desarrollo de los bordes de filtro K1, K2 respecto a los picos de reflexión P1, P2 de las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2. Los dos bordes de filtro K1, K2 presentan la misma pendiente en cuanto al valor, aunque están inclinadas en el diagrama mostrado en diferentes direcciones (signos diferentes). Los picos de reflexión P1, P2 de las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 se eligen de forma simétrica respecto a los bordes de filtro K1, K2. Los bordes de filtro K1, K2 pasan por los picos de reflexión P1, P2, de modo que tanto desplazamientos de los picos de reflexión hacia longitudes de onda más grandes como desplazamientos hacia longitudes de onda más pequeñas tienen como consecuencia un cambio de la intensidad de la luz, provocando un desplazamiento del primer pico de reflexión P1 hacia longitudes de onda más grandes un aumento de la intensidad, mientras que un desplazamiento del segundo pico de reflexión P2 hacia longitudes de onda más grandes provoca una reducción de la intensidad.

65

La Figura 4 muestra de forma esquemática el desarrollo de la señal diferencial  $S_D$  (curva de trazo continuo), así como las partes de la luz reflejada por las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 correspondientes en la señal diferencial (FBG1: curva de trazo interrumpido, FBG2: curva de línea de puntos). En el ejemplo mostrado, la primera rejilla de Bragg en fibra es recalcada por una carga que se va aproximando y la longitud de onda de Bragg  $\lambda_1$  de la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1 se desplaza hacia longitudes de onda más grandes, es decir, a lo largo del borde de filtro ascendente K1. De este modo se provoca un aumento de la intensidad de la potencia luminosa. Cuando se mueve la carga por encima de la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1 en dirección a la segunda rejilla de Bragg en fibra FBG2, se dilata la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1, por lo que la longitud de onda de Bragg  $\lambda_1$  de la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1 se desplaza hacia longitudes de onda más pequeñas (a lo largo del borde de filtro descendente K1), mientras que la segunda rejilla de Bragg en fibra FBG2 es recalcada, por lo que la longitud de onda de Bragg  $\lambda_2$  de la segunda rejilla de Bragg en fibra1 FBG2 se desplaza hacia longitudes de onda más grandes (a lo largo del borde de filtro descendente K2). Resulta el desarrollo de la señal diferencial  $S_D$  mostrado en la Figura 4. Se detecta un impulso de rueda RI1 cuando la señal diferencial  $S_D$  queda por debajo de un valor límite G anteriormente definido.

La Figura 5 muestra la estructura de una mitad de contacto de carril SK1 de un dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención según el concepto RR. La mitad de contacto de carril SK1 comprende una fibra de detección SF con dos rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2, que están dispuestas a distancia entre sí y que están montadas con preferencia previamente en un soporte T de tal modo que pueden montarse de forma sencilla en la orientación deseada en un carril S (véanse las Figuras 13a, b). Las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 presentan longitudes de onda de Bragg  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  diferentes y reflejan correspondientemente luz de la longitud de onda de Bragg  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  correspondiente. Mediante una fuente luminosa L se acopla luz a la fibra de detección SF. La luz reflejada por las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 se conduce a una unidad de procesamiento de señales SV, en la que se procesa la luz reflejada. En el presente caso, la fuente luminosa L forma parte de la unidad de procesamiento de señales SV.

En la Figura 6 está representado como la luz reflejada se sigue procesando en la unidad de procesamiento de señales SV. La luz reflejada se detecta mediante un fotodiodo PD como señal diferencial eléctrica  $S_D$ . Se producen desplazamientos de las longitudes de onda de Bragg  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  de las dos rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2. Un amplificador de transimpedancia V transforma la señal diferencial  $S_D$  en una señal de tensión. Esta puede seguir procesándose ahora (p.ej. mediante filtración con filtro de paso bajo). La señal analógica puede transformarse a continuación con ayuda de un comparador en una señal de rueda digital (impulso de rueda RI1).

Las Figuras 7a, b muestran un ejemplo especialmente ventajoso para los picos de reflexión P1, P2 de las dos rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 en un estado no cargado (Figura 7a) y en un estado cargado (Figura 7b). Los picos de reflexión P1, P2 presentan diferentes semianchuras FWHM. En el estado no cargado, los picos de reflexión P1, P2 se solapan ligeramente en el ejemplo mostrado, de modo que tanto desplazamientos de los picos de reflexión hacia longitudes de onda más grandes como también hacia longitudes de onda más pequeñas provocan un cambio de la intensidad de la luz, provocando un desplazamiento de los picos de reflexión P1, P2 alejándose uno de otro un aumento de la intensidad, mientras que un desplazamiento de los picos de reflexión P1, P2 aproximándose uno a otro provoca una reducción de la intensidad, puesto que un solapado de los picos de reflexión P1, P2 reduce la anchura de banda de la luz reflejada. Gracias al solapado de los picos de reflexión P1, P2 se genera una señal diferencial  $S_D$ , puesto que una parte de la luz que ha de ser reflejada por la segunda rejilla de Bragg en fibra FBG2 ya es reflejada por la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1 por lo que no llega hasta la segunda rejilla de Bragg en fibra FBG2, por lo que tampoco puede ser reflejada por la segunda rejilla de Bragg en fibra FBG2.

La Figura 8 muestra de forma esquemática el desarrollo de la señal diferencial  $S_D$ . En el ejemplo mostrado, la primera rejilla de Bragg en fibra es recalcada por una carga que se va aproximando y el primer pico de reflexión P1 de la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1 se desplaza hacia longitudes de onda más grandes, es decir, en dirección al segundo pico de reflexión P2. Por ello aumenta el solapado de los picos de reflexión P1, P2, lo que conduce a una reducción de la intensidad de la potencia luminosa. Cuando la carga pasa por encima de la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1 en dirección a la segunda rejilla de Bragg en fibra FBG2, se dilata la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1, por lo que la longitud de onda de Bragg  $\lambda_1$  de la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1 y por lo tanto el primer pico de reflexión P1 se desplazan hacia longitudes de onda más pequeñas, mientras que la segunda rejilla de Bragg en fibra FBG2 es recalcada, por lo que el segundo pico de reflexión P2 de la segunda rejilla de Bragg en fibra FBG2 se desplaza hacia longitudes de onda más grandes. Por lo tanto, los picos de reflexión P1, P2 se alejan uno de otro. Debido a ello se reduce el solapado de los picos de reflexión P1, P2, lo que conduce a un aumento brusco de la intensidad de la potencia luminosa. Resulta el desarrollo de la señal diferencial  $S_D$  mostrado en la Figura 8. Se detecta un impulso de rueda RI1 cuando la señal diferencial  $S_D$  queda por encima de un valor límite G anteriormente definido.

La Figura 9 muestra la estructura de dos mitades de contacto de carril SK1, SK2 de un dispositivo de conteo de ejes según el concepto EO2. Las mitades de contacto de carril SK1, SK2 comprenden respectivamente una fibra de detección SF con una rejilla de Bragg en fibra FBG1, FBG2. Las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 de las dos mitades de contacto de carril SK1, SK2 presentan longitudes de onda de Bragg  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , y reflejan correspondientemente luz de la longitud de onda de Bragg  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  correspondiente. En esta variante, las longitudes



de onda de Bragg  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  pueden ser iguales. Mediante respectivamente una fuente luminosa L se acopla luz a las fibras de detección SF. No obstante, en principio puede estar prevista también solo una única fuente luminosa, que alimenta luz a las dos fibras de detección SF. La luz reflejada por las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 se conduce en cada mitad de contacto de carril SK1, SK2 mediante un acoplador de fibra FK a un componente optoelectrónico OEC, en el que se procesa la luz reflejada. En el caso descrito, los componentes optoelectrónicos OEC y la fuente luminosa L forman parte de unidades de procesamiento de señales SV. Los componentes optoelectrónicos OEC transforman las señales detectadas en corrientes eléctricas, las procesan y las conducen a un microcontrolador MC, en el que se genera una señal diferencial. En el microcontrolador MC se genera a partir de la señal diferencial mediante formación de valores umbrales una señal digital, que se emite como impulso de rueda.

En la Figura 10 está representado como la luz reflejada se sigue procesando en las unidades de procesamiento de señales SV. La luz reflejada en las dos fibras de detección SF se conduce mediante las fibras de detección SF a los componentes optoelectrónicos OEC, en los que la luz se divide mediante un divisor de haz ST. En un primer canal, respectivamente, se filtra la luz reflejada mediante un filtro de longitud de onda F con un borde de filtro K y se detecta mediante primeros fotodiodos PD1 como señales de esfuerzo de cizallamiento  $S_1$ ,  $S_2$ . En un segundo canal, respectivamente, la luz reflejada se conduce directamente a segundos fotodiodos PD2 y se detecta allí como señales de referencia  $S_{R1}$ ,  $S_{R2}$ , siendo las señales de referencia  $S_R$  proporcionales a la potencia luminosa reflejada total en la fibra de detección SF1, SF2 correspondiente. Unos amplificadores de transimpedancia V1, V2 transforman las señales de esfuerzo de cizallamiento  $S_1$ ,  $S_2$  y las señales de referencia  $S_{R1}$ ,  $S_{R2}$  en señales de tensión. Estas pueden seguir procesándose a continuación (p.ej. mediante filtración con filtro de paso bajo). Para determinar las señales propiamente dichas que han de seguir procesándose, se forma la relación entre la señal diferencial  $S_D$  y la señal de referencia  $S_R$ . Estas señales de relación se alimentan a continuación al microcontrolador MC, que genera una señal diferencial mediante sustracción de las señales eléctricas.

La Figura 11 muestra un posible desarrollo de los primeros bordes de filtro K respecto al primer pico de reflexión P1 de la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1. El borde de filtro K pasa por el pico de reflexión P1, de modo que tanto desplazamientos de los picos de reflexión hacia longitudes de onda más grandes como hacia longitudes de onda más pequeñas tienen como consecuencia un cambio de la intensidad de la luz, provocando un desplazamiento del primer pico de reflexión P1 hacia longitudes de onda más grandes una reducción de la intensidad, mientras que un desplazamiento del primer pico de reflexión P1 hacia longitudes de onda más pequeñas provoca un aumento de la intensidad. El desarrollo de los segundos bordes de filtro K respecto al segundo pico de reflexión P2 de la segunda rejilla de Bragg en fibra FBG2 es preferentemente el mismo.

La Figura 12 muestra el desarrollo en el tiempo de las señales de esfuerzo de cizallamiento de las dos mitades de contacto de carril según el concepto OE2.

Si se forma la diferencia entre los dos desarrollos del esfuerzo de cizallamiento, esta es máxima cuando la aplicación de la carga al carril por la rueda tiene lugar exactamente entre los dos sensores, como se muestra en la Figura 12b.

Las Figuras 13a, 13b muestran rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 montadas en un carril S de dos mitades de contacto de carril SK1, SK2 según el concepto OEC o RR. Una primera rejilla de Bragg en fibra FBG1 y una segunda rejilla de Bragg en fibra FBG2 están dispuestas respectivamente juntas en un soporte T en dos puntos de detección SS1, SS2 dispuestos a distancia entre sí en la dirección del carril, estando montado este soporte bajo tensión previa en el carril S. En la Figura 13a está prevista una fibra de detección SF separada para cada mitad de contacto de carril SK1, SK2, estando inscritas en esta fibra de detección la primera rejilla de Bragg en fibra FBG1 y la segunda rejilla de Bragg en fibra FBG2, estando dispuestas las dos rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 a distancia entre sí. La Figura 13 muestra otra forma de realización, en la que las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 de las dos mitades de contacto de carril SK1, SK2 forman parte de una sola fibra de detección SF. Las señales se alimentan mediante un divisor de frecuencia FW a las unidades de procesamiento de señales SV de las mitades de contacto de carril SK1, SK2 correspondientes. No obstante, para ello las cuatro rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 deben presentar diferentes longitudes de onda de Bragg.

La Figura 13c muestra rejillas de Bragg en fibra fijadas en un carril de dos mitades de contacto de carril según el concepto OE2. Cada rejilla de Bragg en fibra FBG1, FBG2 está inscrita en una fibra de detección SF1, SF2 propia y está montada respectivamente previamente en un soporte T.

En la Figura 13a y la Figura 13c, las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 están fijadas en un ángulo de  $45^\circ$  respecto a la fibra neutra NF en el carril. La Figura 13b en cambio muestra una forma de realización en la que las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 están fijadas en un ángulo de  $-45^\circ$  respecto a la fibra neutra NF en el carril. En los tres conceptos aquí presentados son posibles las dos posibilidades de fijación. Las diferentes orientaciones de las rejillas de Bragg en fibra FBG1, FBG2 en la Figura 13a, c, por un lado, y la Figura 13b, por otro lado, hacen que las señales de esfuerzo de cizallamiento y también la señal diferencial se emitan con diferentes signos. Preferentemente se elegirá una orientación en la que el impulso de rueda se emite como mínimo. Preferentemente, las dos rejillas de Bragg en fibra están dispuestas a una distancia de aproximadamente 150 mm entre sí. Si los elementos de detección están dispuestos suficientemente cerca unos de otros (preferentemente, una cercanía

mayor de 150 mm), los dos experimentan también las mismas temperaturas, de modo que no se produce un comportamiento térmico diferente de las rejillas de Bragg en fibra. Además, de este modo pueden compensarse torsiones del carril por una aplicación de fuerza lateral a la cabeza del carril.

5 La Figura 14 muestra una sección transversal de un carril S, en el que está fijada una rejilla de Bragg en fibra según la Figuras 13a-c mediante un soporte T.

10 La Figura 15 muestra la estructura general de un dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la invención. El dispositivo de conteo de ejes mostrado comprende dos puntos de conteo ZP con respectivamente dos mitades de contacto de carril SK1, SK2, generando cada mitad de contacto de carril SK1, SK2 un impulso de rueda RI1, RI2, que se transmite en cada punto de conteo a una unidad de conteo. A partir del impulso de rueda RI1, RI2 puede determinarse en cada punto de conteo la dirección de marcha. Las informaciones determinadas (impulsos de rueda RI1, RI2, dirección de marcha) se transmiten a una unidad de evaluación ACE.

15 Lista de signos de referencia

	ACE	Unidad de evaluación
	F	Filtro de longitud de onda
	FBG1, FBG2	Rejillas de Bragg en fibra
20	FK	Acoplador de fibra
	FW	Divisor de frecuencia
	FWHM	Semianchura
	G	Valor límite
	K, K1, K2	Bordes de filtro
25	L	Fuente luminosa
	MC	Microcontrolador
	NF	Fibra neutra
	OEC	Componente optoelectrónico
	P1, P2	Picos de reflexión
30	PD1, PD1, PD2	Fotodiodos
	RI1, RI2	Impulso de rueda
	SK1, SK2	Mitades de contacto de carril
	S	Carril
	SF	Fibra de detección
35	SS1, SS2	Puntos de detección
	ST	Divisor de haz
	SV	Unidad de procesamiento de señales
	S <sub>D</sub>	Señal diferencial
	S <sub>R</sub> , S <sub>R1</sub> , S <sub>R2</sub>	Señal de referencia
40	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub>	Señales de esfuerzo de cizallamiento
	T	Soporte
	V, V1, V2	Amplificadores de transimpedancia
	ZP	Punto de conteo
45	λ1, λ2	Longitudes de onda de Bragg

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de conteo de ejes para vehículos sobre carriles con las siguientes etapas de procedimiento:

- 5 • acoplamiento de luz a al menos una fibra de detección (SF, SF1, SF2), comprendiendo la fibra de detección (SF, SF1, SF2) al menos una rejilla de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) montada en un carril (T), presentando cada rejilla de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) un espectro de reflexión con un pico de reflexión (P1, P2) en una longitud de onda de Bragg ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ) con una semianchura (FWHM),
- 10 • detección de la luz reflejada por dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) dispuestas a distancia entre sí, por lo que se obtiene respectivamente una señal de esfuerzo de cizallamiento del carril (T);
- generación de una señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento a partir de las dos señales de esfuerzo de cizallamiento recibidas;
- 15 • generación de una señal de rueda en una unidad de procesamiento de señales cuando la señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento queda por encima de un valor límite superior definido (G) o por debajo de un valor límite inferior definido (G).

2. Procedimiento de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que las fibras de detección (SF) se usan con respectivamente dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) dispuestas en serie, con diferentes longitudes de onda de Bragg ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ), en dos puntos de detección (SS1, SS2) dispuestos a distancia entre sí en la dirección del carril, y por que la generación de la señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento se realiza ópticamente mediante un componente optoelectrónico (OEC) en una unidad de procesamiento de señales (SV), de tal modo que se filtra el desarrollo de la intensidad en el tiempo de la potencia luminosa reflejada en la fibra de detección (SF) mediante el componente optoelectrónico (OEC) en dos bordes de filtro (K1, K2) de un filtro de longitud de onda del componente optoelectrónico (OEC), encontrándose los bordes de filtro (K1, K2) respectivamente en la región de una de las longitudes de onda de Bragg ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ) de las rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) y presentando pendientes con signos diferentes, por que el desarrollo filtrado de la intensidad se detecta como señal diferencial y por que mediante el procesamiento de la señal diferencial en la unidad de procesamiento de señales se generan señal de ruedas.

3. Procedimiento de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que las semianchuras de los picos de reflexión (P1, P2) de las dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) difieren menos de 0,5 nm y sus reflectividades (R) menos del 20 %.

4. Procedimiento de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que se detecta una señal de referencia a partir del desarrollo de la intensidad en el tiempo de la potencia luminosa reflejada en la fibra de detección (SF) mediante el componente optoelectrónico (OEC) de forma no filtrada y se compara la señal diferencial con la señal de referencia.

5. Procedimiento de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que se usan fibras de detección (SF) con dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) dispuestas en serie con longitudes de onda de Bragg ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ) diferentes en dos puntos de detección (SS1, SS2) dispuestos a distancia entre sí, por que la generación de la señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento se realiza ópticamente mediante un solapado espectral de los picos de reflexión (P1, P2) de las dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) durante la transición de un estado no cargado a un estado cargado.

6. Procedimiento de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que el solapado de los picos de reflexión se realiza en el estado cargado.

7. Procedimiento de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que se usan dos fibras de detección (SF1, SF2) con respectivamente una rejilla de Bragg en fibra (FBG1, FBG2), estando dispuestas las rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) de diferentes fibras de detección (SF1, SF2) en puntos de detección (SS1, SS2) dispuestos a distancia entre sí en la dirección del carril y por que para cada fibra de detección (SF1, SF2) se genera como señal de esfuerzo de cizallamiento una señal filtrada del desarrollo de la intensidad en el tiempo de la potencia luminosa reflejada en la fibra de detección (SF1, SF2) por la rejilla de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) mediante filtración en respectivamente un borde de filtro (K1, K2) de un filtro de longitud de onda de un componente optoelectrónico (OEC) en una unidad de procesamiento de señales (SV), y por que la generación de la señal diferencial de esfuerzo de cizallamiento de las dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) se realiza de forma electrónica mediante un microcontrolador (MC).

8. Procedimiento de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que se detecta una señal de referencia a partir del desarrollo de la intensidad en el tiempo de la potencia luminosa reflejada en la fibra de detección (SF) mediante el componente optoelectrónico (OEC) de forma no filtrada y por que se determina la señal de esfuerzo de cizallamiento a partir de la relación entre la señal filtrada y la señal de referencia.

9. Procedimiento de conteo de ejes de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se detecta un error cuando la señal de referencia queda por debajo de un tercer valor límite predeterminado.

10. Dispositivo de conteo de ejes para la realización del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, con una fuente luminosa (L)

al menos un punto de conteo (ZP), comprendiendo cada punto de conteo (ZP) dos mitades de contacto de carril (SK1, SK2) para el montaje en un carril (T), comprendiendo cada mitad de contacto de carril (SK1, SK2):

- una fibra de detección (SF) con una primera rejilla de Bragg en fibra (FBG1) con una primera longitud de onda de Bragg ( $\lambda_1$ ) y una segunda rejilla de Bragg en fibra (FBG2) con una segunda longitud de onda de Bragg ( $\lambda_2$ ), estando realizadas las rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) para un montaje oblicuo respecto a la fibra neutra (NF) en el carril (T),

- una unidad de procesamiento de señales (SV) con un componente optoelectrónico (OEC) para la realización de una sustracción óptica de la potencia luminosa reflejada por las dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) de una fibra de detección (SF), comprendiendo el componente optoelectrónico (OEC) un filtro que depende de la longitud de onda (F) con dos bordes de filtro (K1, K2), encontrándose los bordes de filtro (K1, K2) respectivamente en la región de una de las longitudes de onda de Bragg ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ) de las rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) y presentando pendientes con diferentes signos.

11. Dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que las pendientes de los bordes de filtro (K1, K2) son iguales en cuanto al valor.

12. Dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que las rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) de las dos mitades de contacto de carril (SK1, SK2) de un punto de conteo (ZP) están dispuestas en una fibra de detección (SF) común.

13. Dispositivo de conteo de ejes para la realización del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 con una fuente luminosa (L)

al menos un punto de conteo (ZP), comprendiendo cada punto de conteo (ZP) dos mitades de contacto de carril (SK1, SK2) para el montaje en un carril (T), comprendiendo cada mitad de contacto de carril (SK1, SK2):

• una fibra de detección (SF) con dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) dispuestas en serie en dos puntos de detección (SS1, SS2) dispuestos a distancia entre sí,

estando realizadas las rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) para el montaje oblicuo respecto a la fibra neutra (NF) en el carril (T) y habiéndose elegido las longitudes de onda de Bragg ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ) de las dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) y la distancia entre los dos puntos de detección (SS1, SS2) de tal modo que en caso de una carga predeterminada del carril (T) entre los dos puntos de detección (SS1, SS2) se solapan los picos de reflexión (P1, P2) de las dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2),

• una unidad de procesamiento de señales (SV) para la detección y el procesamiento posterior de la luz reflejada por la rejilla de Bragg en fibra.

14. Dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado por que las semianchuras (FWHM) de los picos de reflexión (P1, P2) de las dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) difieren 1 o 2 órdenes de magnitud.

15. Dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, caracterizado por que las longitudes de onda de Bragg ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ) de las dos rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) no difieren más de 5 nm y por que la semianchura (FWHM) de una rejilla de Bragg en fibra (FBG1) es al menos de 0,05 nm y la semianchura de la otra rejilla de Bragg en fibra es como máximo de 5 nm.

16. Dispositivo de conteo de ejes para la realización del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7 con una fuente luminosa (L)

comprendiendo cada punto de conteo (ZP) dos mitades de contacto de carril (SK1, SK2) para el montaje en un carril (T), comprendiendo cada mitad de contacto de carril (SK1, SK2):

- una fibra de detección (SF1, SF2) con una rejilla de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) con una longitud de onda de Bragg ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ), estando realizada la rejilla de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) para un montaje oblicuo respecto a la fibra neutra (NF) en el carril (T),

- una unidad de procesamiento de señales (SV) para la generación de señales de esfuerzo de cizallamiento, comprendiendo la unidad de procesamiento de señales (SV) un componente optoelectrónico (OEC) con un borde de filtro (K) y

con un microcontrolador (MC) para la generación de una señal diferencial a partir de las señales de esfuerzo de cizallamiento emitidas por las unidades de procesamiento de señales (SV).

17. Dispositivo de conteo de ejes para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 16, caracterizado por que las rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) se fijan una en paralelo a la otra con un ángulo de  $\pm 30^\circ$  a  $\pm 60^\circ$ , en particular de  $\pm 45^\circ$  respecto a la fibra neutra (NF) en el carril (T).
- 5 18. Dispositivo de conteo de ejes para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 17, caracterizado por que las rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) cruzan la fibra neutra (NF) del carril (T).
19. Dispositivo de conteo de ejes para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 18, caracterizado por que las rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) están provistas de una estructura de convertidor para la compensación de una dilatación térmica del carril (T).
- 10
20. Dispositivo de conteo de ejes para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 19, caracterizado por que las rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) están fijadas bajo una tensión previa en el carril (T).
- 15
21. Dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizado por que está previsto un dispositivo de corrección de asiento para el ajuste de la tensión previa con la que se montan las rejillas de Bragg en fibra (FBG1, FBG2) en el carril (T).
- 20 22. Dispositivo de conteo de ejes de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 21, caracterizado por que la unidad de procesamiento de señales comprende un divisor de haz (ST) fibroóptico.

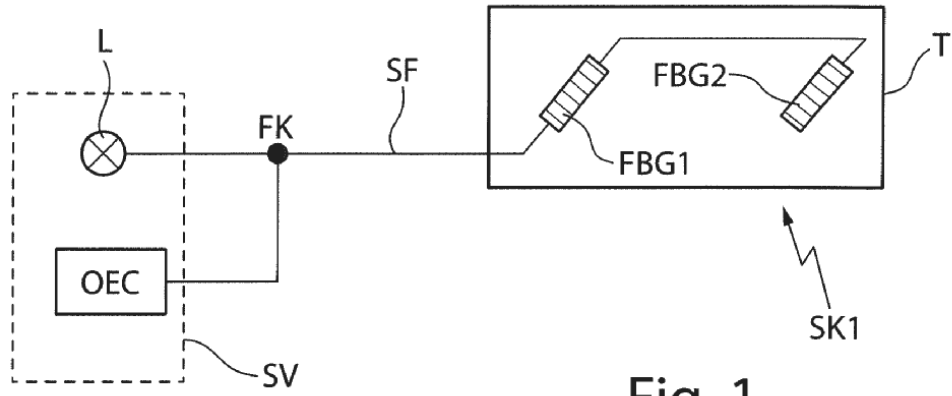


Fig. 1

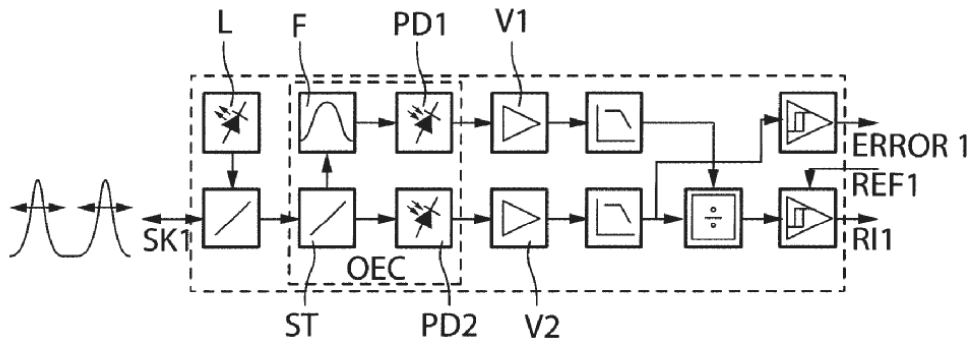


Fig. 2

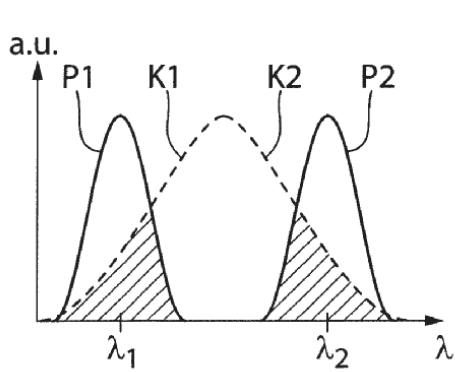


Fig. 3

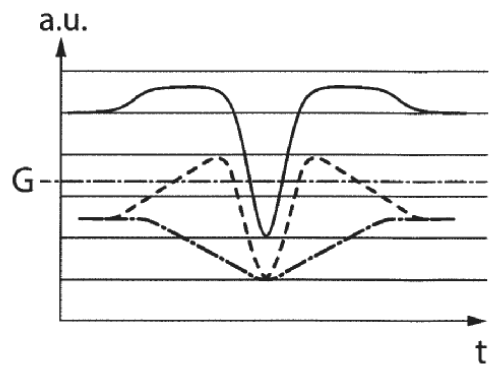
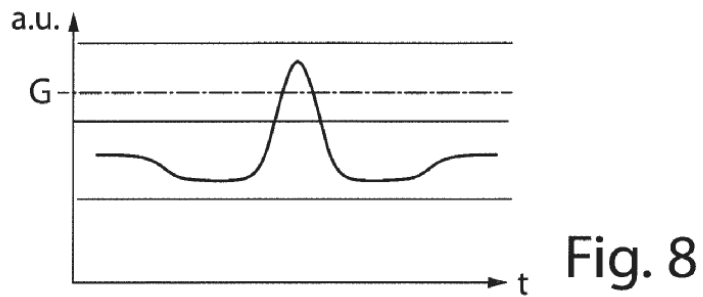
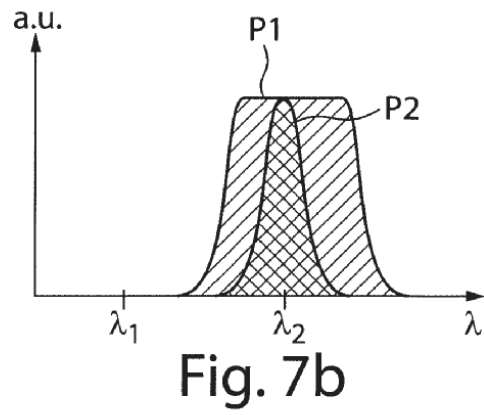
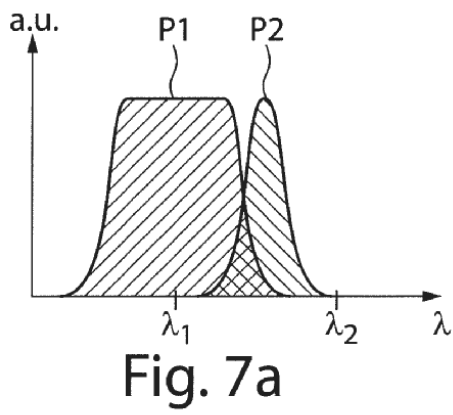
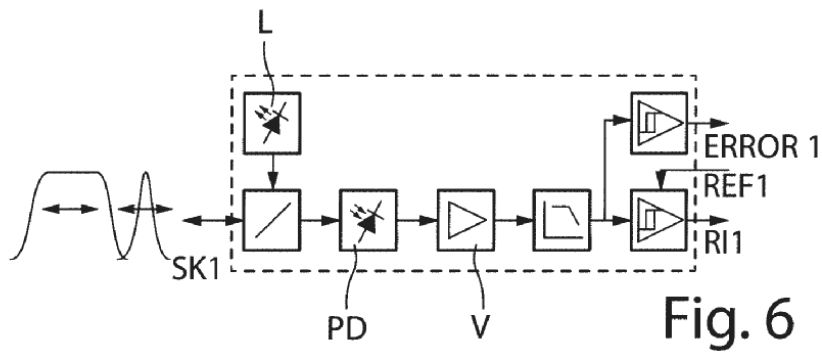
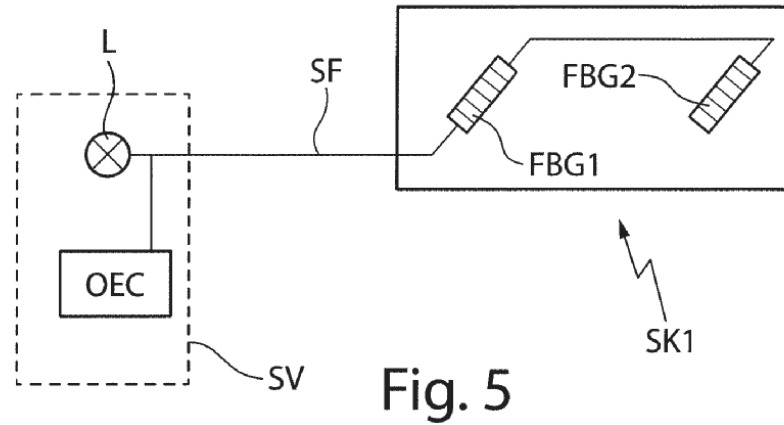
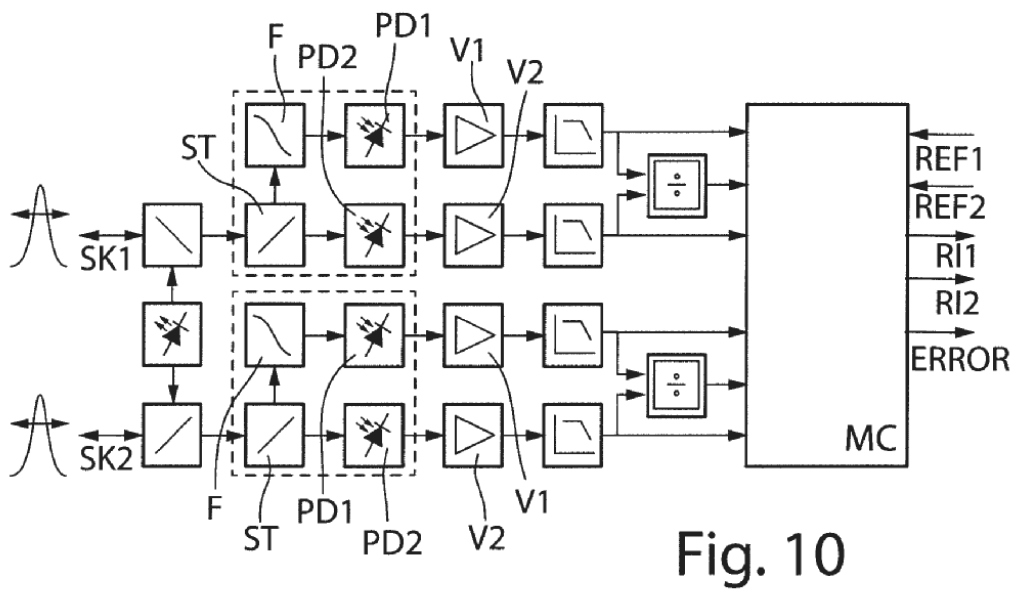
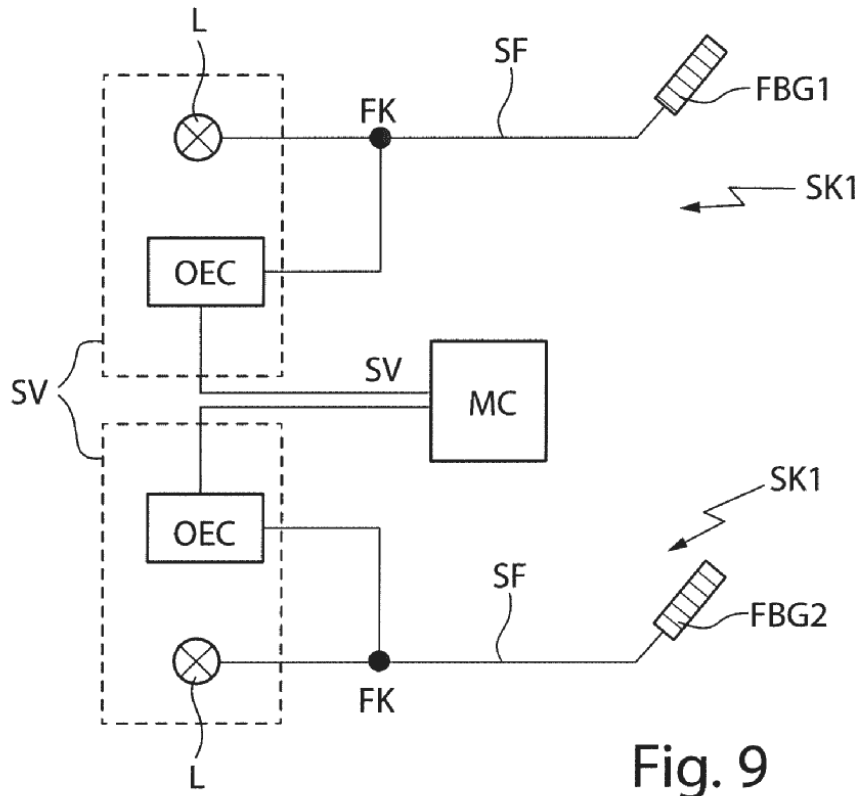


Fig. 4







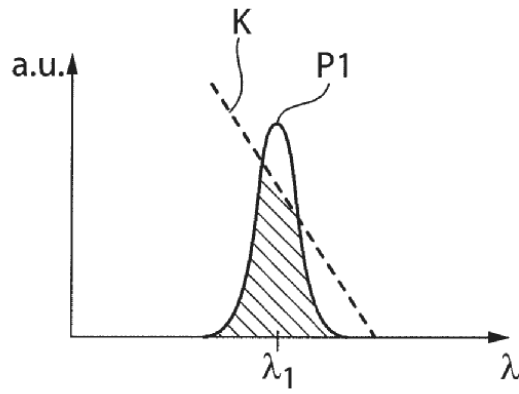


Fig. 11

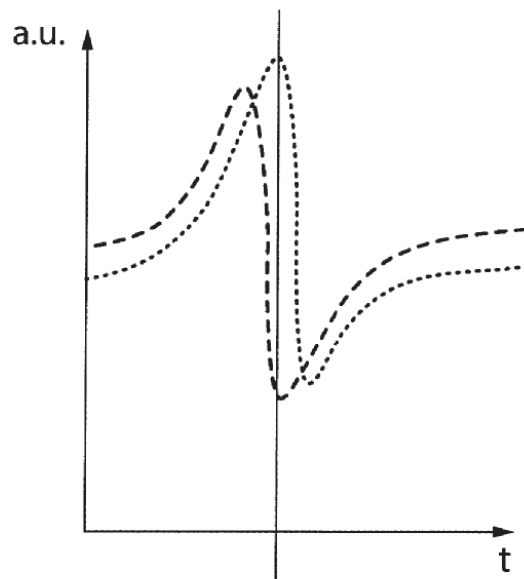


Fig. 12a

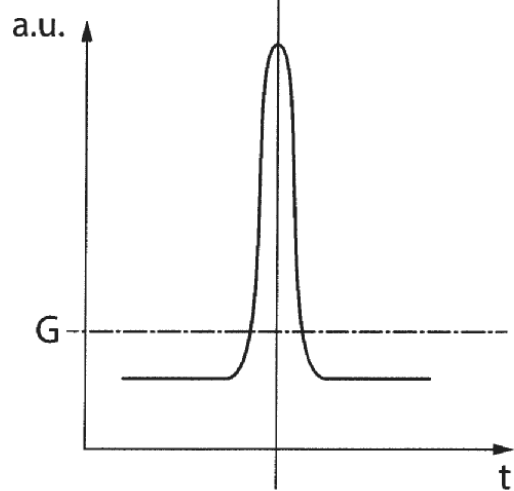


Fig. 12b

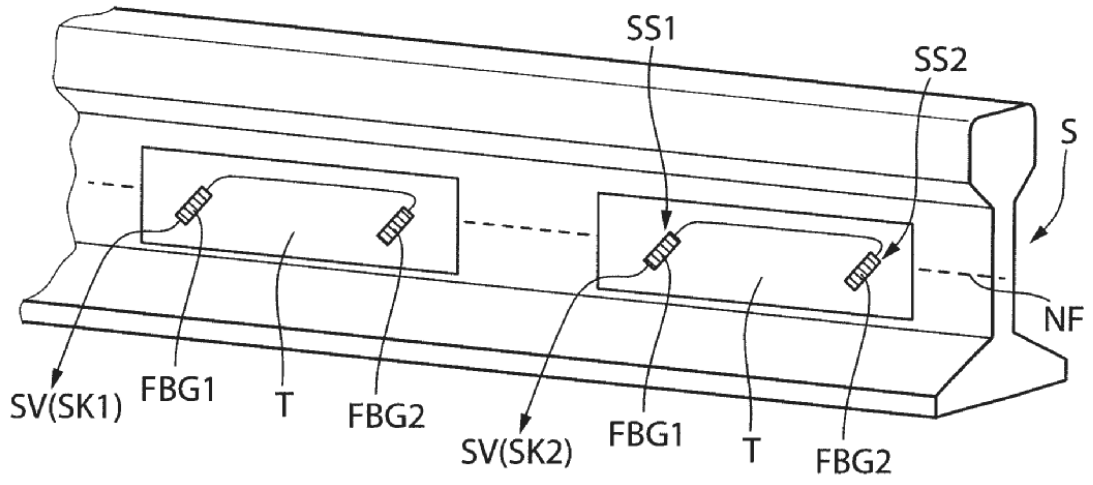


Fig. 13a

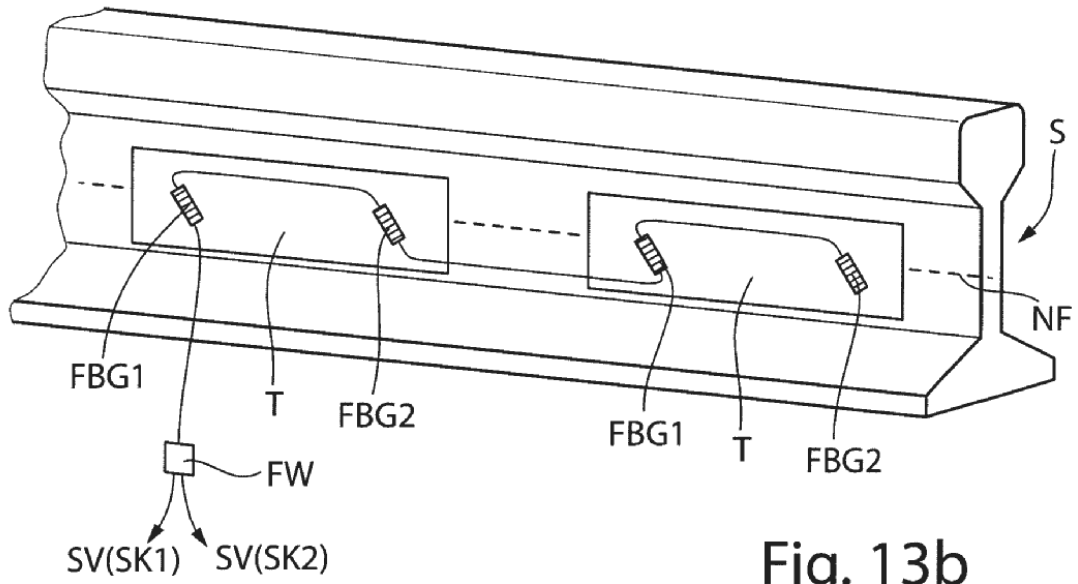


Fig. 13b

