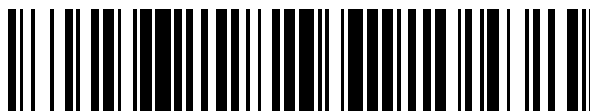


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 978**

51 Int. Cl.:

G01D 5/38 (2006.01)

G01D 5/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.10.2013** **PCT/GB2013/052684**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014** **WO14096764**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2013** **E 13780378 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019** **EP 2936073**

54 Título: **Elemento óptico**

30 Prioridad:

20.12.2012 EP 12250185
23.01.2013 GB 201301186

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.02.2020

73 Titular/es:

RENISHAW PLC (100.0%)
New Mills Wotton-Under-Edge
Gloucestershire GL12 8JR, GB

72 Inventor/es:

SLACK, JASON, KEMPTON

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 744 978 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

Elemento óptico

Esta invención se refiere a un elemento óptico, y en particular a un elemento óptico tal como una rejilla de difracción usada en un dispositivo de medición de posición.

- 5 Como se ilustra esquemáticamente en la Figura 1, un aparato 2 codificador se puede usar para determinar el movimiento entre dos partes relativamente móviles de un aparato, y típicamente comprende una escala 4 y una cabeza lectora 6 (una provista en una parte del aparato y la otra en la otra parte del aparato). La escala puede comprender una serie de características 8, 10 que la cabeza lectora puede leer para medir su posición a lo largo de la escala (las características de la escala, por ejemplo, podrían proporcionarse sobre un sustrato que se sujeta a la parte del aparato, o podrían formarse integralmente como parte del aparato). Un codificador puede funcionar, por ejemplo, esencialmente "contando" su posición a lo largo de la escala, por ejemplo, desde el inicio y/o desde un marcador o marcadores de referencia definido o definidos en la escala.

- 15 Como se entenderá, la forma en que se realiza el "recuento" de la posición de la cabeza lectora puede variar de un aparato codificador a otro. Por ejemplo, una forma es generar franjas de interferencia en un detector en la cabeza lectora. La Figura 2a es un diagrama de rayos esquemático que ilustra el concepto detrás de esto. La luz de una fuente (por ejemplo, dentro de la cabeza lectora) puede golpear la escala que difracta la luz en una serie de órdenes de difracción que a su vez golpean la rejilla de difracción en la cabeza lectora. La rejilla de difracción difracta la luz en otros órdenes de difracción que se recombinan en el detector (por ejemplo, una matriz de fotodiodos/sensores) para producir una franja de interferencia. A medida que la escala y la cabeza lectora se mueven entre sí, la franja de interferencia se mueve. La cabeza lectora puede registrar y/o informar el movimiento y la posición monitorizando el movimiento de la franja de interferencia a través del detector. Dicho aparato codificador se describe en el documento US5861953. Como se entenderá, se pueden proporcionar marcas de referencia, por ejemplo, incrustadas dentro de las características de difracción de la escala, para proporcionar posiciones de referencia definidas. Dicho aparato codificador se describe en el documento US7659992.

- 25 Como se entenderá, la Figura 2a es una ilustración muy simplificada de la situación óptica real encontrada en un aparato codificador. En particular, la situación se muestra para un solo rayo de luz de la fuente, mientras que, de hecho, la fuente ilumina un área de la escala. Por consiguiente, en realidad, la situación óptica mostrada en la Figura 2a se repite muchas veces a lo largo de la longitud de la escala (es decir, en el área que está iluminada por la fuente), lo que produce un largo patrón de interferencia en el detector, que se ilustra esquemáticamente en la Figura 2b. Asimismo, a efectos ilustrativos solo se muestran los órdenes ± 1 (por ejemplo, como se entenderá, la luz se difractará en múltiples órdenes, por ejemplo, ± 3 , ± 5 , etc., órdenes de difracción). Aún más, para simplificar la ilustración, los diagramas de rayos se muestran como diagramas de rayos transmisivos (es decir, la luz se muestra como transmitida a través de cada escala de escala y rejilla de difracción, mientras que en realidad al menos uno de ellos podría ser reflexivo).

- 35 Otro tipo de escala incremental se describe en el documento US4776701 que, en lugar de crear una franja de interferencia, describe la configuración de la escala y la rejilla o rejillas de difracción para producir (por ejemplo, mediante la recombinación de órdenes de difracción en el detector) un punto o puntos modulados que varían en intensidad a medida que la escala y la cabeza lectora se mueven en relación entre sí.

- 40 De cualquier manera, la salida del detector de la cabeza lectora se usa para monitorizar la posición relativa de la cabeza lectora y la escala.

Por consiguiente, tales codificadores pueden basarse en la recombinación de órdenes difractados para producir un campo resultante en el detector.

- 45 Tradicionalmente, las rejillas de difracción se configuran de tal manera que sus características de difracción están lo más equidistantemente espaciadas posible. Los documentos US5814812 y US5332896 describen una realización alternativa en la que se sugiere desplazar las características de difracción de modo que, en lugar de estar equidistantemente espaciadas, el espaciado entre ellas varíe predeciblemente, según un patrón definido, y en particular, periódicamente.

- 50 El documento US6094307 se refiere a un tipo diferente de codificador en el que la señal de desplazamiento es idealmente en forma de una señal de forma de onda triangular proporcional a la porción transparente aparente vista desde el lado de la fuente de luz, en donde la porción transparente aparente varía según el grado de superposición entre primeras y segundas rejillas. Este documento describe una rejilla de amplitud particular que tiene ranuras que están dispuestas en un patrón en el que los espaciados no son constantes, sino que varían en fase, para reducir diversas componentes de distorsión en la señal de desplazamiento causada por la difracción de la luz o similares.

- 55 El documento US6097490 describe una marca de referencia para un aparato codificador, que tiene una distribución irregular de regiones con dos propiedades ópticas diferentes.

La patente europea EP2199752, WO2012/136284 y EP2113748 describen codificadores de posición absoluta.

La presente invención se refiere a un elemento óptico mejorado que tiene características de difracción para crear órdenes de difracción usados en la generación del campo detectado por el detector. En particular, la invención se refiere a un elemento óptico en el que las características de difracción están dispuestas de tal manera que se han desplazado desde una disposición espaciada de otro modo nominalmente regular.

5 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato codificador para determinar el movimiento entre dos partes relativamente móviles de un aparato, comprendiendo el aparato codificador: un detector; y al menos un elemento óptico que comprende al menos una serie de características de difracción consecutivas para difractar radiación electromagnética de una fuente en órdenes de difracción y que son para contribuir a la producción en el detector de una franja de interferencia que varía con el movimiento entre las dos partes (por ejemplo, a través de la recombina-
10 ción de órdenes de difracción en el detector), caracterizado por que las características de difracción en dicha al menos una serie se desplazan de un espaciado nominalmente regular, y en que el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía selectivamente de manera irregular de un par de características de difracción adyacentes a las siguientes, reduciendo de esta manera los armónicos en la franja de interferencia en el detector.

15 Esta solicitud describe un aparato codificador para determinar el movimiento entre dos partes relativamente móviles de un aparato, a través de una cabeza lectora y una escala, comprendiendo el aparato codificador: un detector; y al menos un elemento óptico que comprende al menos una serie de características de difracción consecutivas para difractar radiación electromagnética ("RME") de una fuente a órdenes de difracción y que son para contribuir a la producción en el detector de una señal que varía con el movimiento entre las dos partes a través de la recombina-
20 ción de órdenes de difracción en el detector, caracterizado por que la serie de características de difracción consecutivas de al menos uno de al menos uno de los elementos ópticos comprende al menos un conjunto de características de difracción dentro de las cuales varía el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente.

25 Cada característica se puede desplazar en una cantidad predeterminada seleccionada para eliminar sustancialmente al menos un orden de difracción de orden n manteniendo la existencia del orden de difracción de orden 1 y al menos un seleccionado de orden m , tal que dichos órdenes de difracción de orden 1 y el seleccionado m contribuyen a la producción en el detector de la franja de interferencia.

Como se entenderá, y como se mencionó anteriormente, una escala/rejilla de difracción para un codificador están configuradas para difractar la RME recibida de una fuente de luz/la escala para generar un campo resultante, como una franja de interferencia o un punto o puntos modulados en un detector. Como se ilustra en relación con las Figuras 2a y 2b y se explica con más detalle a continuación, el campo resultante (RF), por ejemplo, la franja de interferencia o el punto o puntos modulados, se forma principalmente mediante la recombina-
30 ción de los ± 1 órdenes de difracción de la rejilla de difracción. Sin embargo, se ha encontrado que cuando se usan escalas y rejillas de difracción conocidas, los órdenes de difracción más altos (por ejemplo, al menos los ± 5 órdenes y superiores, e incluso los ± 3 órdenes y superiores) pueden interferir adversamente con la generación del campo resultante. Por ejemplo, como se ilustra en la Figura 3, se ha encontrado que los ± 5 órdenes pueden caer realmente en el detector para afectar adversamente a la generación de la franja de interferencia. Esto puede imponer un armónico no deseado en la franja de interferencia. Este es también el caso de otros tipos de aparatos codificadores, como por ejemplo aquellos que generan puntos modulados en lugar de franjas de interferencia.

35 Se ha encontrado que este efecto adverso de órdenes de difracción superiores en la generación de franjas de interferencia aumenta cuando se reduce el tamaño y/o el espaciado entre los componentes ópticos, como el detector y una rejilla de difracción en la cabeza lectora y/o la escala (por ejemplo, cuando se intenta reducir el tamaño de la cabeza lectora). Por ejemplo, esto puede ser particularmente un problema cuando la distancia entre la rejilla de difracción de la cabeza lectora y el detector (que se muestra como "v" en las Figuras 2 y 3) no es más de 10 mm, especialmente no más de 5 mm y, por ejemplo, no más de 2 mm, por ejemplo, 1,8 mm o menos. También se ha encontrado que este efecto adverso de órdenes de difracción superiores en la generación de franjas de interferencia aumenta con los aumentos en el período nominal de las características de difracción de la escala, por ejemplo, cuando el período nominal es de al menos 10 μm , por ejemplo al menos 20 μm , especialmente al menos 30 μm , por ejemplo, al menos 40 μm .

40 En particular, se ha encontrado que el efecto adverso de órdenes de difracción superiores en la generación de franjas de interferencia es particularmente problemático cuando el número de Talbot del sistema de codificador cae por debajo de 7,25, más particularmente por debajo de 5, especialmente por debajo de 2 (por ejemplo, 1,75 o menos), y por ejemplo debajo de 1 (por ejemplo 0,75 o menos). Como se entenderá, el número de Talbot (T) proporciona una medición/definición sin dimensiones de un sistema de codificador y se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$55 \quad T = \frac{\lambda u_0}{p_1 p_2}$$

Donde λ es la longitud de onda de la iluminación, u_0 es la distancia entre la primera rejilla y la segunda rejilla (por ejemplo, u en las Figuras 2a, 2b y 3), p_1 es el período de la primera rejilla (por ejemplo, el período de la escala 4 en las Figuras 2a, 2b y 3) y p_2 es el período de la segunda rejilla (por ejemplo, el período de la rejilla 14 de difracción en

las Figuras 2a, 2b y 3).

Los inventores han descubierto que se pueden diseñar rejillas de difracción y/o escalas que minimizan el impacto adverso de los órdenes superiores en el campo resultante.

En particular, los inventores han identificado que, en lugar de hacer constante el espaciado entre las características de difracción adyacentes, o incluso variar de una manera regular o predecible (por ejemplo, periódica), como es el caso de las rejillas de difracción conocidas, tienen la libertad de desplazarlas desde un espaciado nominalmente regular, de tal manera que el espaciado entre ellas (por ejemplo, el espaciado entre sus centros (por ejemplo, su centro de masas) tomado a lo largo de la dirección de medición de la escala) puede variar selectivamente, por ejemplo, según la invención, de manera irregular, puede permitir que los órdenes de difracción seleccionados se controlen para minimizarlas e incluso eliminarlas sustancialmente, mientras se mantienen sustancialmente otras. Como se entenderá, la forma exacta en que variará el espaciado entre las características adyacentes puede depender de muchos factores, como el tipo y la configuración del aparato codificador en su conjunto, así como de qué órdenes deben controlarse selectivamente.

Por consiguiente, las características de difracción pueden desplazarse de un espaciado nominalmente regular, desplazándose cada característica en una cantidad predeterminada seleccionada para minimizar/eliminar sustancialmente al menos un (por ejemplo, orden n) orden de difracción (por ejemplo, un orden de difracción de número impar) mientras se mantiene la existencia del orden 1 y al menos otro seleccionado (por ejemplo, m) orden de difracción (por ejemplo, un orden de difracción de número impar), tal que dicho orden 1 y al menos otro seleccionado (por ejemplo, m) de los órdenes de difracción contribuyen a la producción en el detector de una señal que varía con el movimiento entre las dos partes relativamente móviles de un aparato.

En particular, se ha encontrado que la intensidad de los órdenes de difracción seleccionados puede controlarse desplazando las características de la rejilla de difracción y/o de la escala de una disposición espaciada nominalmente regular a una en la que el espaciado entre las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características al siguiente. Se ha encontrado que reducir los armónicos en el campo resultante en el detector (en comparación con un aparato codificador en el que una rejilla de difracción con un espaciado constante entre las características de la difracción), da como resultado una salida de señal superior por parte del detector.

Como se entenderá, el análisis de la salida del detector para determinar o monitorizar la posición podría realizarse dentro de la propia cabeza lectora. Opcionalmente, la salida sin procesar (o condicionada) del detector podría enviarse desde la cabeza lectora a un dispositivo procesador externo que analiza la señal para determinar o monitorizar la posición relativa de la cabeza lectora y la escala.

Como se entenderá, una serie de características de difracción puede ser una serie de características sobre/en el sustrato del elemento óptico que juntas difractan la RME entrante en una serie de órdenes de difracción. Por ejemplo, las características de difracción podrían ser marcas hechas en la superficie del sustrato del elemento óptico. Opcionalmente, la composición del sustrato del elemento óptico podría manipularse para formar las características. Además, opcionalmente, la forma del sustrato del elemento óptico podría configurarse para formar las características de difracción.

La forma, tamaño y/o disposición de las características de difracción puede variar dependiendo de la implementación en particular. Sin embargo, las características de difracción pueden ser generalmente de forma alargada, por ejemplo, sustancialmente elípticas o rectangulares, con su longitud que se extiende sustancialmente perpendicular a la dirección de medición del aparato codificador. Las características de difracción podrían estar en forma de características de difracción de amplitud o características de difracción de fase. Es decir, por ejemplo, el elemento óptico puede ser un elemento óptico de amplitud o un elemento óptico de fase, por ejemplo, una escala de amplitud o una escala de fase, o una rejilla de índice de difracción o una rejilla de índice de fase. Como se entenderá, las características de difracción de los elementos ópticos de amplitud (por ejemplo, como las escalas de amplitud) están configuradas de tal manera que controlan la amplitud de la RME (por ejemplo, por atenuación, dispersión, redirección o similares) dejando el elemento óptico hacia el detector, para producir órdenes de difracción. Como también se entenderá, las características de difracción de los elementos ópticos de fase (por ejemplo, tales como escalas de fase) se configuran de tal manera que controlan la fase de la RME (por ejemplo, en virtud del elemento óptico que tiene características con espesor, profundidad, densidad, tipo de material o similares para controlar la fase de la luz) dejando el elemento óptico hacia el detector, para producir órdenes de difracción. Otra forma de ver esto es que las características de difracción de fase modulan la fase de la luz que pasa a través/que se refleja en el elemento óptico para producir órdenes de difracción de producto. Como entenderá un experto en la técnica, podría usarse una combinación de características de fase y amplitud.

La escala del aparato codificador puede ser un elemento óptico en el que su serie de características de difracción consecutivas comprende al menos un conjunto de características de difracción dentro de las cuales el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente. La escala puede comprender una marca de referencia entre dos series de características de difracción consecutivas. Por consiguiente, una serie de características de difracción consecutivas se pueden delinear con una marca de referencia. Como se entenderá, una marca de referencia puede ser una

característica que puede distinguirse de las características de difracción. Una marca de referencia puede leerse mediante una disposición de lectura de marca de referencia. Las marcas de referencia se utilizan normalmente para identificar ubicaciones "conocidas" o "de referencia" a lo largo de la longitud de la escala. Tal disposición de lectura de marca de referencia podría comprender un sensor de marca de referencia que está separado del detector mencionado anteriormente. La escala puede comprender más de una marca de referencia. Además de estar incrustado dentro de las características de difracción de la escala (por ejemplo, como se describe en el documento WO2005/124282, en cuyo caso se pueden proporcionar marcas de referencia por la omisión de las características de difracción), adicionalmente y/o como alternativa, se puede proporcionar una marca de referencia adyacente a las características de difracción de la escala como se conoce comúnmente. Del mismo modo, en los casos en que el elemento óptico es una rejilla de difracción, puede haber una característica óptica entre dos series de características de difracción consecutivas, como una placa de zona de Fresnel, elemento de lectura de marca de referencia (por ejemplo, lente), ranura, región transparente u otro elemento óptico.

La cabeza lectora puede comprender el detector. La cabeza lectora puede comprender una rejilla de difracción. La rejilla de difracción puede interactuar con la radiación electromagnética (por ejemplo, desde la escala) para producir la señal en el detector (por ejemplo, efectuando la recombinación de órdenes de difracción en el detector).

La rejilla de difracción de la cabeza lectora puede ser un elemento óptico en el que su serie de características de difracción consecutivas comprende al menos un conjunto de características de difracción dentro de las cuales el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente.

La escala y la rejilla de difracción pueden ambas comprender dicho al menos un elemento óptico. Es decir, la escala y la rejilla de difracción pueden ser elementos ópticos en los que su serie de características de difracción consecutivas comprende al menos un conjunto de características de difracción dentro de las cuales el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente.

En otras palabras, en línea con lo anterior, la escala puede ser el al menos un elemento óptico mencionado anteriormente, una rejilla de difracción puede ser el al menos un elemento óptico mencionado anteriormente, o la escala y una rejilla de difracción pueden ser el al menos un elemento óptico mencionado anteriormente.

En el caso de que el elemento óptico sea una rejilla de difracción de una cabeza lectora, entonces el rango de variación en el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes en dicho al menos un conjunto de características de difracción no puede ser inferior a una $1/200^a$ parte del espaciado promedio entre los centros de las características de difracción adyacentes, por ejemplo, no menos de una $1/100^a$ del espaciado promedio.

Como se entenderá, el intervalo en términos absolutos dependerá del sistema utilizado, pero puede ser, por ejemplo, al menos 5 μm (micrómetros), por ejemplo al menos 10 μm (micrómetros), opcionalmente al menos 15 μm (micrómetros), para por ejemplo, 17 μm (micrómetros) o más, y opcionalmente no más de 30 μm (micrómetros), por ejemplo, no más de 20 μm (micrómetros).

En el caso de que el elemento óptico sea una escala, entonces el intervalo de la variación en el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes en dicho al menos un conjunto de características de difracción no puede ser inferior a una $1/20^a$ parte del espaciado promedio entre los centros de las características de difracción adyacentes, por ejemplo, no menos de una $1/10^a$ parte del espaciado promedio, y opcionalmente no más de $1/2$ del espaciado promedio, por ejemplo, no más de $1/4$ del espaciado promedio.

El espaciado promedio entre los centros de características de difracción adyacentes en dicha serie de características de difracción consecutivas puede ser, por ejemplo, no más de 2 mm, más preferiblemente no más de 1 mm, especialmente preferiblemente no más de 0,5 mm, y por ejemplo puede ser no menos de 500 nm, por ejemplo, no menos de 1 μm (micrómetros).

Las características de difracción pueden estar dispuestas de tal manera que la intensidad de al menos el orden ± 5 y/o 7 (y/o órdenes impares más altos) del orden de difracción resultante del elemento óptico se atenúa en comparación con una escala que tiene características de difracción espaciadas de manera igual, o incluso predecible o periódicamente variable. Las características de difracción pueden estar dispuestas de tal manera que la intensidad de al menos el orden ± 5 y/o 7 (y/o órdenes impares superiores) del orden de difracción resultante del elemento óptico se elimine sustancialmente. En particular, las características de difracción pueden estar dispuestas de tal manera que la intensidad de al menos el orden ± 5 del orden de difracción que resulta del elemento óptico no es mayor que el 0,75%, por ejemplo, no mayor que el 0,5% de la intensidad de la luz incidente en el elemento óptico, y posiblemente incluso menos, como no más del 0,05% de la intensidad de la luz incidente en el elemento óptico. Por ejemplo, las características de difracción pueden estar dispuestas de tal manera que la intensidad de al menos el orden ± 7 del orden de difracción que resulta del elemento óptico no es mayor que el 0,25%, por ejemplo, no mayor que el 0,1% de la intensidad de la luz incidente en el elemento óptico, y posiblemente incluso menor, tal como no mayor que el 0,05% (y por ejemplo 0,02%, o incluso 0,015% o menor) de la intensidad de la luz incidente en el elemento óptico.

Además, las características de difracción pueden estar dispuestas de tal manera que la intensidad de al menos el

orden $\pm 1^\circ$ del orden de difracción resultante del elemento óptico es de al menos el 20%, opcionalmente al menos el 30%, por ejemplo, el 36% o más de la intensidad de la luz incidente en el elemento óptico.

Aún más, las características de difracción pueden estar dispuestas de tal manera que la intensidad de al menos el orden ± 3 del orden de difracción resultante del elemento óptico sea al menos el 1%, opcionalmente al menos el 1,5%, por ejemplo el 1,9% o más de la intensidad de la luz incidente sobre el elemento óptico. Sin embargo, como se entenderá, este no es el caso y, por ejemplo, las características de difracción pueden estar dispuestas de tal manera que la intensidad de al menos el orden ± 3 del orden de difracción resultante del elemento óptico no sea superior al 1%.

Las características de difracción pueden estar dispuestas de tal manera que la relación de la intensidad del orden 1 al orden 5 (o incluso cualquier orden de difracción impar mayor que el orden 5 de difracción) es al menos 100:1, opcionalmente al menos 200:1, por ejemplo, al menos 300:1, y posiblemente incluso más, tal como al menos 700:1. Las características de difracción pueden estar dispuestas de tal manera que la relación de la intensidad del orden 1 al orden 7 (o, de hecho, cualquier orden de difracción impar superior) es al menos 150:1, opcionalmente al menos 300:1, por ejemplo al menos 500:1, y posiblemente incluso más, tal como al menos 1500:1, o superior aún tal como al menos 3000:1.

La distancia entre el detector y la rejilla de difracción puede ser, por ejemplo, no más de 50 mm, preferiblemente no más de 10 mm, especialmente preferiblemente no más de 5 mm, por ejemplo no más de 2 mm, por ejemplo 1,8 mm o menos.

La cabeza lectora puede comprender una fuente de RME (por ejemplo, una fuente de luz). La RME de la fuente de RME (por ejemplo, la luz de la fuente de luz) puede interactuar primero con la escala para producir órdenes de difracción antes de interactuar con la rejilla de difracción para producir más órdenes de difracción. Sin embargo, como se entenderá, son posibles otras disposiciones. Por ejemplo, la RME de la fuente de RME puede interactuar con una rejilla de difracción antes de la escala (y opcionalmente también con la misma o una rejilla de difracción diferente después de la escala).

La rejilla de difracción puede configurarse para interactuar con la RME (por ejemplo, la luz) (por ejemplo, desde la escala) para producir un campo de franja de interferencia en el detector que cambia a medida que ocurre el movimiento entre la escala y la cabeza lectora. Por consiguiente, el detector puede configurarse para emitir una señal en respuesta al campo cambiante.

El espaciado entre las características de difracción adyacentes puede variar irregularmente de un par de características adyacentes al siguiente, de modo que la señal emitida por el detector está sustancialmente libre de armónicos.

El elemento óptico puede comprender al menos una serie consecutiva de características de difracción en las que el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes no varía irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente. Opcionalmente, todas las características de difracción del elemento óptico están dispuestas de tal manera que el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente. Por consiguiente, el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes puede variar irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente a lo largo de toda la longitud del elemento óptico. El al menos un conjunto de características de difracción (dentro del cual el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par al siguiente) se puede repetir al menos una vez a lo largo de la longitud del elemento óptico (es decir, de modo que haya al menos dos instancias de la misma disposición de características de difracción). Opcionalmente, puede repetirse al menos una vez dentro de dicha serie de características de difracción consecutivas.

La anchura de las características de difracción en el conjunto de características de difracción no puede ser mayor que el espaciado promedio entre los centros de las características de difracción adyacentes.

La anchura ancho de las características de difracción en dicha serie de características de difracción consecutivas puede ser el mismo. Como se entenderá, las anchuras del espaciado entre las características de difracción variarán debido a la variación en el espaciado entre ellas.

El conjunto de características de difracción puede comprender al menos cinco características de difracción, más preferiblemente al menos 10 características, por ejemplo al menos 20 características, por ejemplo 30 características (pero como se entenderá, dependiendo de la realización particular podría ser mucho más). En el caso de que el elemento óptico sea una escala, entonces un conjunto de características de difracción puede comprender muchas más características de difracción, tal como al menos 100 características (pero como se entenderá, dependiendo de la realización particular podría ser mucho más, por ejemplo, muchas miles de características).

También se describe en esta solicitud un elemento óptico para generar órdenes de difracción que comprenden al menos una serie de características de difracción consecutivas para difractar la radiación electromagnética de una fuente en órdenes de difracción, caracterizado por que las características de difracción en dicha al menos una serie

se desplazan de un espaciado nominalmente regular, desplazándose cada característica en una cantidad predeterminada seleccionada para eliminar sustancialmente al menos un orden de difracción de orden n manteniendo la existencia del orden 1 y al menos uno m seleccionado de los órdenes de difracción.

Esta solicitud también describe un elemento óptico para generar órdenes de difracción (por ejemplo, para un aparato codificador), que comprende: una serie de características de difracción dispuestas de tal manera que el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características adyacentes al siguiente. En el que el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características adyacentes al siguiente, de modo que la relación de la intensidad de orden 1 del orden de difracción al orden 5 del orden de difracción es de al menos 100:1, y/o la intensidad de orden 1 del orden de difracción al orden 7 del orden de difracción es de al menos 150:1.

En línea con lo anterior, el elemento óptico puede ser una rejilla de difracción para una cabeza lectora de codificador. El elemento óptico puede ser una escala.

Esta solicitud también describe una cabeza lectora para un aparato codificador que comprende un detector y una rejilla de difracción, en la cual el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes en la rejilla de difracción varía irregularmente de un par de características adyacentes al siguiente. En particular, según otro aspecto de la invención, se proporciona una cabeza lectora para un aparato codificador que comprende un detector y una rejilla de difracción que comprende al menos una serie de características de difracción consecutivas para difractar radiación electromagnética de una fuente en órdenes de difracción y que son para contribuir a la producción en el detector de una franja de interferencia que varía con el movimiento entre las dos partes, caracterizada por que las características de difracción en dicha al menos una serie se desplazan desde un espaciado nominalmente regular, y en que el espaciado entre los centros de características de difracción adyacentes varía selectivamente de manera irregular de un par de características de difracción adyacentes al siguiente, reduciendo de esta manera los armónicos en la franja de interferencia en el detector.

También se describe un método para fabricar una rejilla de difracción para un aparato codificador que comprende determinar una disposición de selección de características de difracción de tal manera que el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características adyacentes al siguiente, de tal manera que la intensidad de los órdenes de difracción cumple con los criterios predeterminados y forma características de difracción en un sustrato según dicha disposición de selección. Los ejemplos de criterios predeterminados para la intensidad de los órdenes de difracción se han proporcionado anteriormente y a continuación en relación con los otros aspectos de la invención (por ejemplo las relaciones de la intensidad de los órdenes de orden 1:n). En particular, se describe en la presente memoria un método para fabricar una rejilla de difracción para un aparato codificador que comprende determinar una disposición de selección de características de difracción de tal manera que el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varíe de manera que al menos se elimina sustancialmente un orden de difracción de orden n mientras que la existencia del orden de difracción de orden 1 y al menos uno m seleccionado se mantiene a un nivel tal que dichos órdenes de difracción de orden 1 y m seleccionado pueden contribuir a la producción de una señal de interferencia en un detector de un aparato codificador, y formar características de difracción en un sustrato según dicha disposición de selección.

Esta solicitud también describe un elemento óptico para generar órdenes de difracción para un aparato codificador, que comprende: un conjunto de características de difracción configuradas de tal manera que la relación de la intensidad del orden de difracción de orden 1 al orden de difracción de orden 5 creados por el conjunto de características de difracción es al menos 100:1. El conjunto de características de difracción se puede configurar de modo que el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes se elige para cada par de características de difracción adyacentes, de tal manera que la relación de la intensidad del orden de difracción de orden 1 al orden de difracción de orden 5 creados por la serie de características de difracción es al menos 100:1.

Esta solicitud también describe un aparato codificador que comprende: una escala que tiene una serie de características; una cabeza lectora, que comprende un detector y una rejilla de difracción que comprende una serie de características de difracción dispuestas de manera tal que el espaciado entre las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características adyacentes al siguiente.

Las realizaciones de la invención se describirán ahora, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista esquemática de un aparato codificador que comprende una cabeza lectora y una escala;

Las Figuras 2a y 2b son diagramas de rayos esquemáticos para un aparato codificador;

La Figura 3 es otro diagrama de rayos para un aparato codificador que ilustra los órdenes de difracción de orden ± 5 ;

La Figura 4 es una ilustración esquemática de algunos de los componentes de la cabeza lectora mostrada en la figura 1;

La Figura 5 es una ilustración esquemática de las características de difracción en una rejilla de difracción convencional;

La Figura 6 es una ilustración esquemática de las características de difracción en una rejilla de difracción según la invención;

La Figura 7 es un gráfico que ilustra la variación en la separación entre características de difracción adyacentes en una rejilla de difracción de ejemplo según la invención;

- 5 La Figura 8 es un gráfico que ilustra la intensidad de los órdenes creados por las rejillas de difracción mostradas en las figuras 5 y 6;

La Figura 9 es una ilustración esquemática de las características de difracción en una escala, con un conjunto de características repetitivas, según la invención; y

- 10 La Figura 10 es un dibujo esquemático de un tipo de detector adecuado para su uso en la cabeza lectora de la Figura 1.

Con referencia a la Figura 1, y como se describió brevemente anteriormente, el aparato codificador generalmente designado por el número de referencia 2 comprende una escala 4 y una cabeza lectora 6. La cabeza lectora 6 se puede mover en relación con la escala 4 (aunque podría ser al revés, o incluso ambas podrían ser móviles). Por ejemplo, la escala 4 podría montarse en una parte estacionaria de una máquina y la cabeza lectora 6 montarse en una parte móvil de una máquina. La escala 4 podría tomar muchas formas diferentes, incluyendo, por ejemplo, la escala lineal, como se ilustra, o escala giratoria (por ejemplo, provista en un anillo, ya sea en su borde circunferencial o en su cara plana).

En la realización descrita, la escala 4 es una escala de amplitud (ya que controla la amplitud de la luz que sale de la escala hacia la cabeza lectora) y comprende un sustrato que tiene características 10 periódicas en forma de líneas 10 oscuras/relativamente no reflectantes hechas en un sustrato de otra manera relativamente reflexivo de modo que entre las características 10 periódicas la escala sea relativamente reflectante 8. Por supuesto, las características periódicas de la escala podrían realizarse de otras maneras, como por ejemplo formando líneas relativamente reflectantes en un sustrato de otra manera relativamente no reflectante, o incluso formando líneas relativamente reflectantes y no reflectantes en un sustrato. Como también se entenderá, las marcas periódicas 10 podrían proporcionarse de otras maneras, por ejemplo, las características o marcas de la escala podrían proporcionarse en forma de aspectos o líneas que reflejen la luz hacia y desde la cabeza lectora. Además, la escala 4 podría ser una escala de fase, en la que los picos y hoyos en la escala modulan la fase de la luz que sale de la escala hacia la cabeza lectora. En la realización descrita, el sustrato de la escala es de metal, aunque, como se entenderá, podrían utilizarse otros materiales como el vidrio, por ejemplo. Las marcas periódicas 10 forman la escala incremental que facilita la medición a lo largo del eje X (la "dimensión de medición"). Como se entenderá, se puede proporcionar una marca de referencia al lado o incrustada dentro de las marcas periódicas que forman la escala incremental. Los detalles de dichas marcas de referencia son bien conocidos y, por ejemplo, se describen en el documento US7659992, cuyo contenido se incorpora a esta especificación mediante esta referencia.

Como se muestra en la Figura 4, la cabeza lectora 6 comprende una fuente de radiación electromagnética ("RME"), en particular una fuente 12 de luz, por ejemplo un diodo emisor de luz ("LED"), una rejilla 14 de difracción y un detector 16. Como se entenderá, otros componentes pueden estar presentes en la cabeza lectora, dependiendo de la implementación en particular. Por ejemplo, una lente podría estar presente, por ejemplo, para colimar la luz/RME de la fuente. Si la cabeza lectora 6 se usa con una escala que comprende una marca de referencia, entonces la cabeza lectora 6 también podría comprender componentes para detectar la marca o marcas de referencia, como una lente y otro detector. De nuevo, tal configuración se describe en el documento US7659992.

Con referencia a las Figuras 2a, 2b y 4, la luz de la fuente 12 de luz se emite desde la cabeza lectora 6 hacia la escala 4 a través de una ventana 18 en la carcasa 11 de la cabeza lectora. En la realización actual, la luz tiene una longitud de onda en la región de 850 nm, pero, por supuesto, esto podría variar dependiendo de la implementación específica y no necesariamente tiene que ser luz visible, sino que podría ser una RME que tenga una longitud de onda de 300 nm a 2000 nm, para ejemplo. Como se comprenderá, la elección de una longitud de onda adecuada para la fuente puede depender de muchos factores, incluyendo la disponibilidad de rejillas y detectores adecuados que funcionan en la longitud de onda de la RME. La luz se difracta y refleja por la escala 4, de vuelta a través de la ventana 18 hacia la rejilla 14 de difracción, donde la luz se vuelve a difractar antes de formar un campo 40 resultante (véase la Figura 2b) (según la invención, una franja de interferencia, pero no según la invención, por ejemplo, punto o puntos modulados en el detector 16).

Como se entenderá, otras variaciones son posibles, y por ejemplo, una ventana 18 separada podría no ser necesaria, pero en cambio la cabeza lectora podría configurarse de manera tal que la rejilla 14 de difracción se proporcione en la superficie más externa de la cabeza lectora y sea el componente a través del cual la luz entra en la cabeza lectora.

El detector 16 detecta el campo resultante (por ejemplo, las franjas de interferencia) para producir una señal que se emite por la cabeza lectora a través de la interfaz 20 y el cable 22 a un dispositivo externo. En particular, el movimiento relativo de la cabeza lectora 6 y la escala 4 causa un cambio en el campo resultante (por ejemplo, el movimiento de las franjas de interferencia con respecto al detector 16 o un cambio en la intensidad del punto o puntos modulados) en el detector 16, la salida de la cual se puede procesar para proporcionar un recuento ascendente/descendente

incremental que permite una medición incremental del desplazamiento. Como se muestra en la Figura 2b, el campo 40 resultante se produce por la recombinación de los órdenes de luz difractados de la rejilla 14 de difracción y la escala 4.

El detector 16 puede comprender una pluralidad de fotodiodos, por ejemplo. En particular, como se entenderá, en realizaciones en las que se produce una franja 17 de interferencia en el detector 16, el detector 16 puede estar en forma de electro-rejilla, que en otras palabras es una matriz de sensores fotográficos que puede comprender, por ejemplo, dos o más conjuntos de sensores fotosensibles intercalados/entrelazados, cada uno de los cuales detecta una fase diferente de la franja 17 de interferencia en el detector 16. Un ejemplo se ilustra en la Figura 10, en la que se muestra una parte de un detector 16, y en la que los fotodiodos de cuatro conjuntos de fotodiodos A, B, C y D están intercalados, y las salidas de cada fotodiodo en un conjunto se combinan para proporcionar una salida única, A', B', C' y D'. Como se ilustra, en cualquier instante en el tiempo, todos los fotodiodos en cualquier conjunto detectan la intensidad de la misma fase de la franja de interferencia (si el período de franja y el período del sensor son los mismos). Esta disposición tiene la ventaja de que debido a un efecto de filtrado de la óptica, la cabeza lectora 6 es en gran medida inmune a la presencia o ausencia de cualquiera de las líneas 8 reflectantes o no reflectantes 10 de la escala. Por lo tanto, la presencia de contaminación y/o cualquier marca de referencia no afecta significativamente la franja de interferencia detectada por el detector 16. Más detalles de una escala y cabeza lectora de este tipo se describen en el documento US5861953, cuyo contenido completo se incorpora a esta memoria descriptiva mediante esta referencia. Como se entenderá, la matriz de electrorejilla/foto-sensor puede tomar otras formas, tales como comprender solo tres conjuntos de fotodiodos que están intercalados, y se pueden usar diferentes diseños.

La figura 5 es una ilustración en planta esquemática de una rejilla 114 de difracción conocida. Como se entenderá, la rejilla 114 de difracción comprende una serie 150 de características 130 de difracción consecutivas dispuestas periódicamente de tal manera que cuando la luz pasa a través de la rejilla 114 de difracción (o se refleja en la rejilla de difracción), la luz se difracta/divide en múltiples órdenes. Como se muestra en la Figura 5, las características 130 de difracción se organizan periódicamente, es decir, ocurren en un período "p", de tal manera que la distancia entre los centros de pares adyacentes del mismo tipo de característica es constante a lo largo de la longitud de difracción (es decir, siempre es "s").

Como se entenderá, la rejilla 114 de difracción no se muestra a escala y es simplemente esquemática para ayudar a ilustrar la invención. En la realización descrita, la rejilla de difracción es una rejilla de fase. Esto significa que las características 130 de difracción manipulan (en otras palabras, modulan) la fase de la luz que pasa a través/se refleja en la red de difracción para crear los órdenes de difracción. Esto podría lograrse, por ejemplo, si la profundidad de la rejilla es diferente en las características de difracción (por ejemplo, la profundidad del sustrato de la rejilla de difracción en las características ilustradas por las barras 130 oscuras podría ser menor que la de las características ilustradas por las barras 132 claras). Por consiguiente, las barras 130 oscuras y 132 claras en la Figura 2 simplemente representan regiones que afectan la fase de la luz que pasa a través de ellas en un grado diferente, por ejemplo, las barras 130 oscuras y 132 claras representan diferentes profundidades del sustrato de la rejilla 114 de difracción. Bien podría ser, y por ejemplo podría ser preferible, que la opacidad/reflectividad de las características 130 de difracción sean las mismas que las otras regiones 132 de la rejilla 114 de difracción. Como se entenderá, otros tipos de rejillas de difracción incluyen rejillas de amplitud en las que las características manipulan/modulan la amplitud de la luz que pasa a través/se refleja de la rejilla de difracción para crear los órdenes de difracción.

La figura 6 es una ilustración en planta esquemática de una rejilla 14 de difracción según la presente invención. De nuevo, la rejilla 14 de difracción comprende una serie 50 de características 30 de difracción consecutivas dispuestas y configuradas de tal manera que cuando la luz pasa a través de la rejilla 14 de difracción, la luz se difracta/divide en múltiples órdenes. Sin embargo, las características 30 de difracción se han cambiado de manera deliberada y selectiva desde su posición nominalmente periódica "p", de modo que el espaciado "s_n" entre las características 30 de difracción adyacentes varía de un par de características de difracción al siguiente. Por ejemplo, la distancia entre el primer par de características 30 de difracción representadas por las líneas oscuras es s₁, mientras que la distancia entre el siguiente par es s₂. En la realización según la invención, el espaciado s_n entre tales pares adyacentes de características 30 de difracción varía irregularmente a lo largo de la longitud de la escala. Es decir, la variación en el espaciado s_n no cambia periódicamente ni según ningún tipo de patrón reconocible.

En el ejemplo descrito, la anchura "w" de la característica 30 de difracción de la rejilla 14 de difracción (es decir, su tamaño tomado en una dimensión paralela a la extensión de la serie de características de difracción) es constante para todas las características 30 de difracción. Sin embargo, esto no necesariamente tiene que ser el caso y sus anchos podrían variar.

En la realización descrita anteriormente en relación con la Figura 6, las barras 30 oscuras se seleccionan/describen como las características de difracción. Sin embargo, como se entenderá, la invención es igualmente aplicable si la parte de la rejilla 14 de difracción representada por las barras de luz 32 se selecciona/describe como las características de difracción. Esto se debe a que, como puede verse, el espaciado entre los centros de las barras de luz 32 también varía irregularmente de un par a otro. En línea con el párrafo anterior, esto también ilustra que las anchuras de las características de difracción pueden variar.

En la realización descrita anteriormente en relación con la Figura 6, la serie 50 de características de difracción

consecutivas comprende solo un conjunto de características de difracción dentro de las cuales el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente. Esa es la longitud del conjunto que es la misma que la longitud de la serie 50, que también es la longitud de la rejilla 14 de difracción. Sin embargo, este no necesariamente tiene que ser el caso y, por ejemplo, la serie 50 de características de difracción consecutivas podría comprender uno o más conjuntos repetidos de características de difracción dentro de los cuales el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente. Esto se describe con más detalle a continuación en relación con la realización de la Figura 9.

La Figura 7 es un gráfico que ilustra la variación en el espaciado entre pares adyacentes de las características 30 de difracción de la rejilla 14 de difracción que se muestra en la Figura 6 (que tiene un espaciado de características promedio de aproximadamente 43 μm). Como puede verse, la variación en el espaciado no es constante, no aumenta o disminuye constantemente, y no varía según alguna función periódica. Más bien, la variación es irregular sin un patrón reconocible. Como se explica a continuación, esto se debe a que el desplazamiento de posición de cada característica desde su posición nominalmente periódica se elige de manera independiente para que manipulen los órdenes de difracción según sea necesario (por ejemplo, para minimizar la intensidad del orden de orden ± 5), en lugar de según alguna función predeterminada. En la Figura 7 también se ilustra el intervalo "I" de la variación en el espaciado entre las características de difracción adyacentes, que en este caso es de 17 μm (micrómetros) (en el ejemplo ilustrado, la mayor separación es de 51 μm (micrómetros) y la menor separación es de 34 μm (micrómetros)).

La siguiente tabla muestra un ejemplo de otra realización para una rejilla de difracción de fase según la invención. En este caso, la tabla representa el desplazamiento de cada característica de un espaciado nominal de características de 46,67 μm (micrómetros) (y, por lo tanto, una anchura de 23,34 μm (micrómetros)) que sería adecuado para su uso en un codificador que tenga una escala de amplitud de 40 μm (micrómetros).

Número de característica	Desplazamiento desde el espaciado de característica nominal (μm (micrómetros))
1	-3,49
2	-6,98
3	-6,98
4	-4,36
5	-6,11
6	-3,49
7	-4,36
8	-3,49
9	-6,11
10	-6,98
11	-6,11
12	-3,49
13	-3,49
14	-4,36
15	-3,49
16	-0,87
17	-2,62
18	-1,75
19	0,00
20	0,00
21	-2,62
22	-0,87
23	0,00
24	0,00

En las realizaciones anteriores, el espaciado entre pares adyacentes de características de difracción varía porque la rejilla de difracción se ha generado según un proceso en el cual las características de difracción se han desplazado deliberada/intencionalmente desde su posición nominal periódica/regular en una cantidad seleccionada para controlar los órdenes de difracción producidos por la rejilla de difracción. El proceso mediante el cual se puede determinar el desplazamiento de cada característica desde su posición nominalmente periódica/regular podría involucrar, por ejemplo, un algoritmo iterativo, como por ejemplo una Búsqueda Binaria Directa. Un proceso de este tipo puede implicar modelar el comportamiento del sistema de codificador y pasar por múltiples configuraciones para llegar a una solución óptima mediante un proceso de minimización.

Como se entenderá, la disposición particular de las características 30 de difracción en la rejilla 14 de difracción dependerá de muchos factores, incluido el tipo de codificador en el que se utilizará la rejilla de difracción y/o cuáles y/o cómo han de controlarse los órdenes de difracción. Por ejemplo, en algunas circunstancias podría ser conveniente atenuar el orden de difracción de orden ± 3 , mientras que en otras circunstancias podría ser conveniente intensificar el orden de difracción de orden ± 5 . Por consiguiente, la disposición particular de los órdenes de difracción necesarios para proporcionar estos escenarios diferentes será diferente.

Como se comprenderá, la magnitud del cambio se ve muy exagerada en la Figura 6 para ayudar a ilustrar la invención. Por ejemplo, el espaciado periódico nominal "p" de las características de difracción podría ser de 20 μm (micrómetros), y el desplazamiento de las características de difracción desde su posición periódica nominal podría ser de hasta $\pm p/2$, por ejemplo, en el ejemplo dado $\pm 10 \mu\text{m}$ (micrómetros), por ejemplo. Una rejilla de difracción típica para una cabeza lectora de codificador puede tener una longitud de 2 o 3 mm, por lo que las características de difracción de números típicos pueden ser del orden de 100-150. En realizaciones particularmente preferidas, especialmente cuando la cabeza lectora está diseñada para ser lo más pequeña posible, la rejilla de difracción podría ser incluso más pequeña, y por ejemplo entre 1 mm y 2 mm de largo, como por ejemplo entre 1,4 mm y 1,5 mm de largo. En este caso, el número de características de difracción puede ser incluso más pequeño, como en algún lugar entre 25 y 35, por ejemplo, 30.

Como se mencionó anteriormente, se ha encontrado que proporcionar tal variación irregular en el espaciado entre las características de difracción adyacentes significa que la ubicación de tales características de difracción se puede seleccionar para controlar los órdenes de difracción creados por la rejilla de difracción. Por consiguiente, por ejemplo, como se describió anteriormente, se puede preferir que la intensidad del orden de difracción de orden ± 5 se minimice para mejorar la calidad del campo resultante producido en el detector 16, por ejemplo, para eliminar los armónicos en la señal producida por el detector 16. Se ha encontrado que se puede usar una rejilla de difracción según la presente invención para lograr esto. Por ejemplo, la Figura 8 muestra un gráfico de barras que ilustra la intensidad de diferentes órdenes (como un porcentaje de la luz incidente) producida a partir de una rejilla de difracción convencional en la que el espaciado entre pares adyacentes de características de difracción es constante a lo largo de la escala, y también la intensidad de diferentes órdenes producidos a partir de una rejilla de difracción según la invención. Como se puede observar, la intensidad de los órdenes de orden ± 5 y superiores se ha reducido significativamente en comparación con la rejilla convencional. En la realización descrita, la rejilla 14 de difracción ha sido diseñada de tal manera que todavía hay algún orden de orden ± 3 significativo así como orden de orden ± 1 porque se ha encontrado que en algunas circunstancias el orden de orden ± 3 puede contribuir positivamente a la formación de la franja de interferencia en el detector 16. Sin embargo, como se entenderá, este no necesariamente tiene que ser el caso y, por ejemplo, la rejilla 14 de difracción podría diseñarse de manera tal que el orden de orden ± 3 también se elimine sustancialmente. El gráfico de barras de la Figura 8 está marcado con valores realmente medidos a partir de una rejilla de difracción según la invención, y valores medidos realmente a partir de una rejilla de difracción convencional. La rejilla de difracción convencional es "convencional" porque es la misma que la rejilla de difracción según la invención (es decir, el mismo material, el mismo tamaño de característica, el mismo tipo (por ejemplo, ambas rejillas de fase), el mismo período de característica nominal, etc.) excepto que en lugar del espaciado entre las características de difracción adyacentes que varían irregularmente de un par al siguiente (como en la rejilla de difracción de la invención), las características de difracción están espaciadas regularmente. Las intensidades de los órdenes y la luz incidente se miden colocando la rejilla de difracción en una plantilla de sujeción. La luz láser (en este caso, 850 nm (nanómetros)) está dispuesta para incidir en la rejilla, lo que produce un conjunto de órdenes de difracción a cierta distancia. Los órdenes de difracción se miden utilizando un medidor de potencia conectado a una plataforma giratoria. Cuando la plataforma se mueve, se toma una medida del medidor de potencia y se registra en una computadora. La plataforma toma una medida cada 0,003 grados. Esto produce un gran conjunto de mediciones de potencia en un intervalo de ángulo dado. Para ayudar a reducir el ruido en las mediciones, se puede utilizar un promedio localizado de los datos. Por ejemplo, se toma un promedio de 10 puntos sobre 0,03 grados. Además, la intensidad de la luz incidente se mide con el medidor de potencia repitiendo lo anterior, pero cuando la luz láser está dispuesta para pasar la luz a través de una región en blanco de la rejilla que no tiene características de difracción. Como se entenderá, se podrían usar otras configuraciones para medir las intensidades. Por ejemplo, la rejilla/plantilla podría moverse en lugar de/así como el medidor de potencia. Opcionalmente, se podrían usar múltiples medidores de potencia (por ejemplo, uno para cada orden de difracción para evitar tener que proporcionar movimiento). Opcionalmente, múltiples órdenes de difracción podrían caer simultáneamente en un solo CCD (por ejemplo, para que puedan medirse simultáneamente).

Como se puede ver, en este caso, la rejilla de difracción según la invención proporciona una relación medida de la intensidad de orden 1 al orden 5 que está por encima de 800:1, y proporciona una relación medida de la intensidad de orden 1 al orden 7 que está por encima de 3000:1:

En las realizaciones descritas anteriormente, son las características de difracción de la rejilla de difracción las que se han dispuesto de tal manera que su espaciado varía irregularmente para mejorar la señal de salida del detector. Sin embargo, esto no necesariamente tiene que ser el caso, y otros elementos ópticos, como por ejemplo las características de difracción de la escala 10 (u 8) podrían configurarse en su lugar, o además, de manera tal que su espaciado varíe irregularmente para controlar los órdenes de difracción creados por la rejilla de difracción para mejorar la calidad del campo resultante producido en el detector 16, por ejemplo, para eliminar los armónicos en la señal producida por el detector 16. Nuevamente, esto podría lograrse utilizando un proceso iterativo como se describió anteriormente para determinar el espaciado de las características.

Por consiguiente, la disposición mostrada en la Figura 6 podría ser la escala 4 en lugar de la rejilla 14 de difracción. Sin embargo, las escalas 4 típicamente son mucho más largas que la rejilla de difracción (es decir, aunque pueden ser tan pequeñas como unos pocos milímetros de largo, pueden ser tan grandes como muchos metros, incluso decenas de metros de longitud) y, por lo tanto, necesita determinarse la posición de un mayor número de características. Esta carga podría reducirse determinando la posición de un número establecido de características de difracción a lo largo de una longitud establecida del elemento óptico (por ejemplo, la escala 4) usando el proceso iterativo descrito anteriormente, y usando a continuación los resultados de ese proceso varias veces a lo largo de la longitud del elemento óptico (por ejemplo, la escala 4), p ej., como se ilustra en la Figura 9. En particular, como se muestra en la Figura 9, la escala 4 comprende una serie 100 de características de difracción consecutivas que, como se muestra, están delineadas por las marcas de referencia 102, 103. Dentro de la serie 100 de características de difracción consecutivas hay un conjunto 104 de características de difracción dentro del cual el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente. Como se muestra, este mismo conjunto 104 se repite dos veces más dentro de la serie 100 de características de difracción consecutivas. Como se muestra, el mismo conjunto 104 también se usa en una serie diferente de características de difracción consecutivas (después de la segunda marca de referencia 103 mostrada). Como se entenderá, este no necesariamente tiene que ser el caso y se pueden usar diferentes conjuntos de características de difracción, dentro de cada uno de los cuales el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente. Además, aunque el mismo conjunto 104 se usa tres veces en la serie 100 de características de difracción consecutivas, se podrían usar diferentes conjuntos. Por ejemplo, el conjunto 104 de características de difracción podría usarse dos veces en la serie 100 de características de difracción consecutivas, y estos dos conjuntos idénticos podrían estar separados por un conjunto diferente de características de difracción.

En las realizaciones descritas anteriormente, el aparato codificador comprende una rejilla de difracción en la cabeza lectora, pero este no necesariamente tiene que ser el caso. De hecho, es posible que no se necesite ninguna rejilla de difracción. En este caso, el único elemento óptico según la invención es la escala. Dicho codificador se describe, por ejemplo, en el documento US2003/0010906.

Además, en la realización descrita anteriormente, la luz de la fuente interactúa con la escala antes de la rejilla de difracción en la cabeza lectora, pero como se entenderá, esto no necesariamente tiene que ser el caso. Por ejemplo, el aparato codificador podría configurarse de tal manera que la luz de la fuente interactúe con una rejilla de difracción (por ejemplo, en la cabeza lectora) antes de que interactúe con una escala (y opcionalmente también interactúe con otra rejilla de difracción o la misma) (por ejemplo, en la cabeza lectora) después de la escala).

En las realizaciones descritas anteriormente, todas las características de difracción de la rejilla de difracción y/o todas las características de difracción de la escala están dispuestas de tal manera que su espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía irregularmente de un par de características de difracción adyacentes al siguiente. Esto no necesariamente tiene que ser el caso. Por ejemplo, solo algunos de ellos deben organizarse de esta manera, mientras que los otros se organizan con espaciado no irregular, por ejemplo, están espaciados constantemente.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (2) codificador para determinar el movimiento entre dos partes relativamente móviles de un aparato, comprendiendo el aparato codificador:

un detector (16); y

5 al menos un elemento (4, 14) óptico que comprende al menos una serie de características (10, 30, 32) de difracción consecutivas para difractar radiación electromagnética de una fuente en órdenes de difracción y que son para contribuir a la producción en el detector de una franja (40) de interferencia que varía con el movimiento entre las dos partes,

10 caracterizado por que las características de difracción en dicha al menos una serie se desplazan de un espaciado nominalmente regular, y por que el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía selectivamente de manera irregular de un par de características de difracción adyacentes al siguiente, reduciendo de esta manera los armónicos en la franja de interferencia en el detector.

2. Un aparato codificador según la reivindicación 1, en el que cada característica se desplaza una cantidad predeterminada seleccionada para eliminar sustancialmente al menos un orden de difracción de orden n mientras se mantiene la existencia del orden de difracción de orden 1 y al menos uno m seleccionado, de manera que dichos órdenes de difracción de orden 1 y m seleccionado contribuyen a la producción en el detector de la franja de interferencia.

3. Un aparato codificador según la reivindicación 1 o 2, en el que el aparato codificador comprende una cabeza lectora (6) que comprende el detector y una rejilla de difracción (14), y opcionalmente en el que el aparato codificador comprende una escala (4) y la rejilla de difracción está configurada para interactuar con la radiación electromagnética de la escala para efectuar la recombinación de órdenes de difracción en el detector.

4. Un aparato codificador según la reivindicación 3, en el que la rejilla de difracción del cabezal de lectura comprende dicho al menos un elemento óptico.

5. Un aparato codificador según cualquier reivindicación precedente, en el que el intervalo de variación en el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes en dicho al menos un conjunto de características de difracción no es menor que $1/200$ partes del período promedio de las características de la rejilla de difracción.

6. Un aparato codificador según cualquier reivindicación precedente, en el que las características de difracción están dispuestas de tal manera que la relación de la intensidad del orden 1 al orden 5 es de al menos 100:1, y/o la relación de la intensidad del orden 1 al orden 7 es de al menos 150:1.

7. Un aparato codificador según cualquier reivindicación precedente, en el que la señal emitida por el detector está sustancialmente libre de armónicos.

8. Un aparato codificador según cualquier reivindicación precedente, en el que dicho conjunto de características de difracción se repite al menos una vez a lo largo de la longitud del elemento óptico, y opcionalmente se repite al menos una vez dentro de dicha serie de características de difracción consecutivas.

9. Una cabeza lectora (6) para un aparato codificador que comprende un detector (16) y una rejilla (14) de difracción que comprende al menos una serie de características (30, 32) de difracción consecutivas para difractar radiación electromagnética de una fuente (12) en órdenes de difracción y que son para contribuir a la producción en el detector de una franja (40) de interferencia, caracterizada por que las características de difracción en dicha al menos una serie se desplazan de un espaciado nominalmente regular, y por que el espaciado entre los centros de las características de difracción adyacentes varía selectivamente de manera irregular de un par de características de difracción adyacentes al siguiente, reduciendo de esta manera los armónicos en la franja de interferencia en el detector.

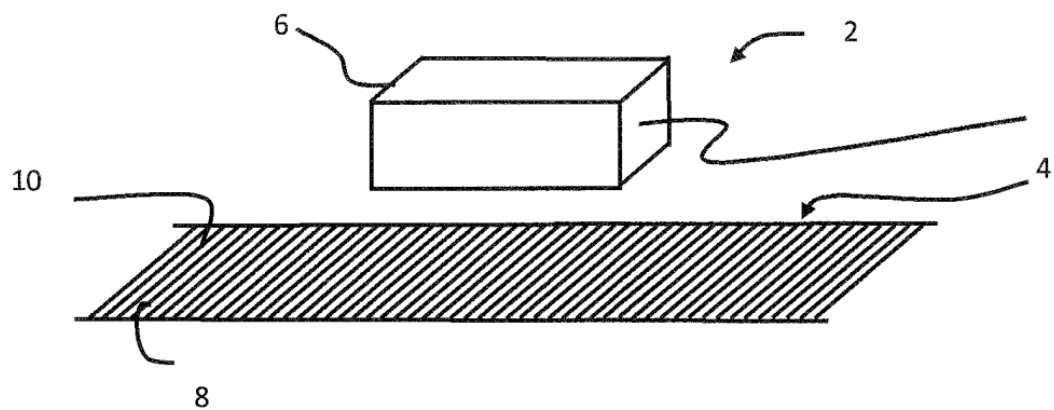


Fig 1

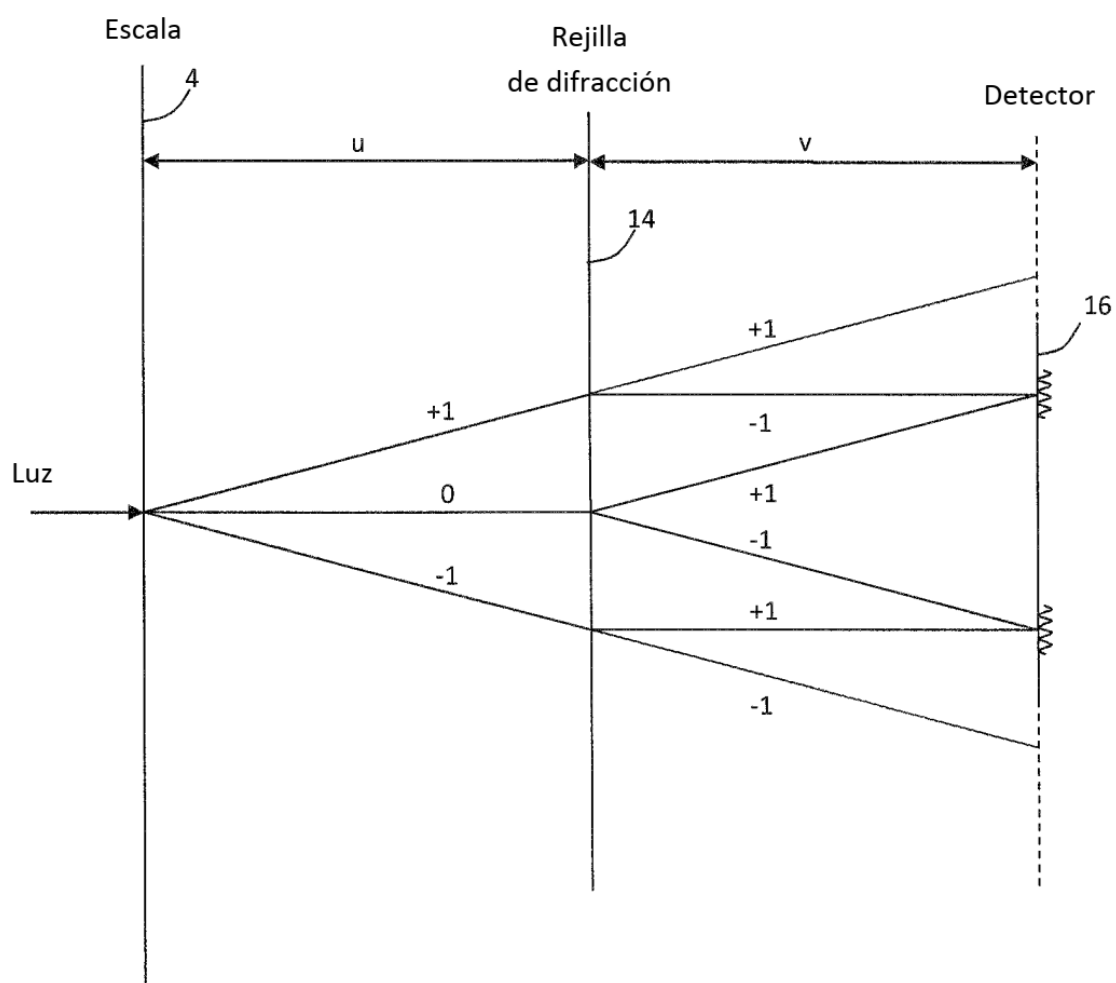
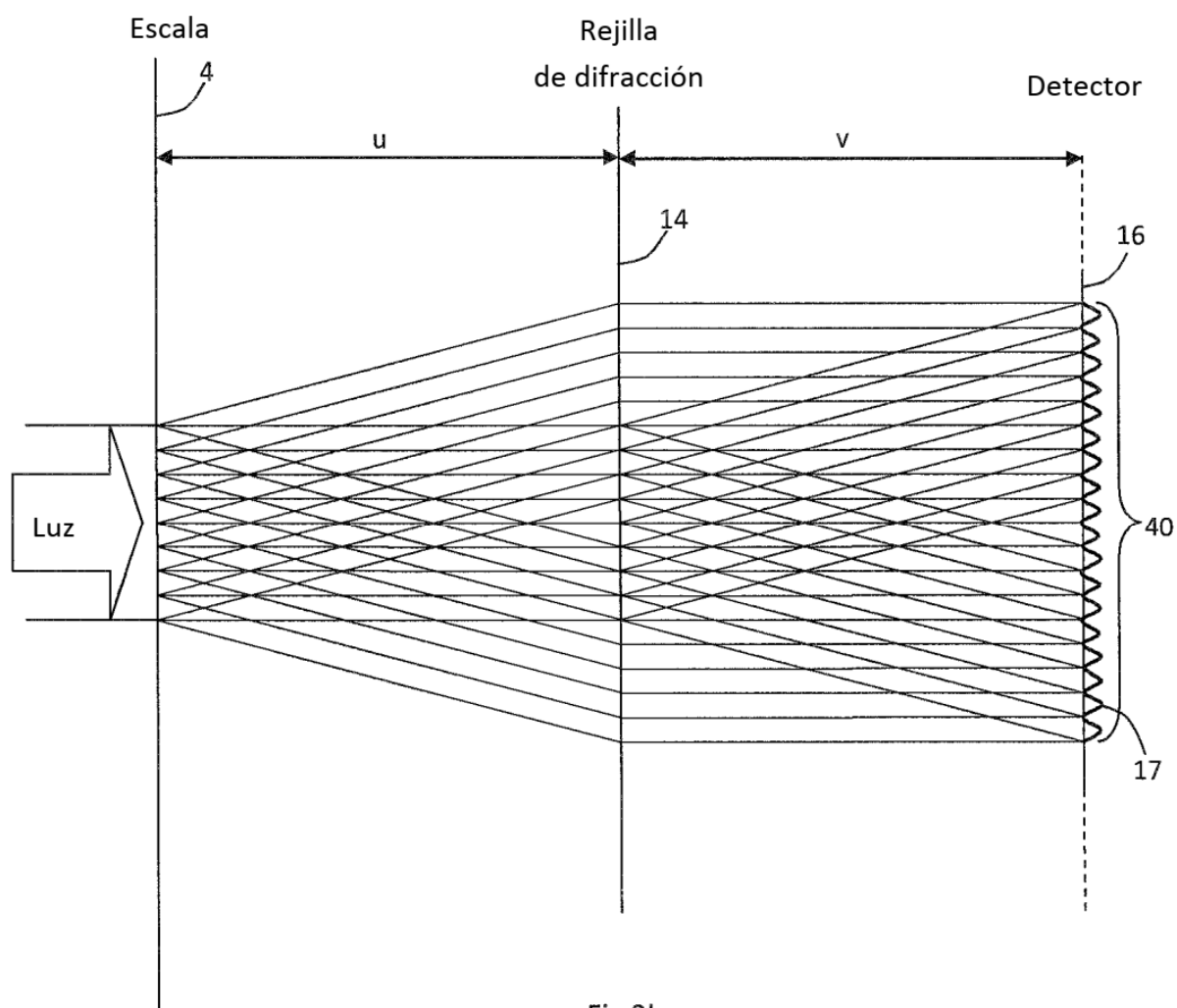
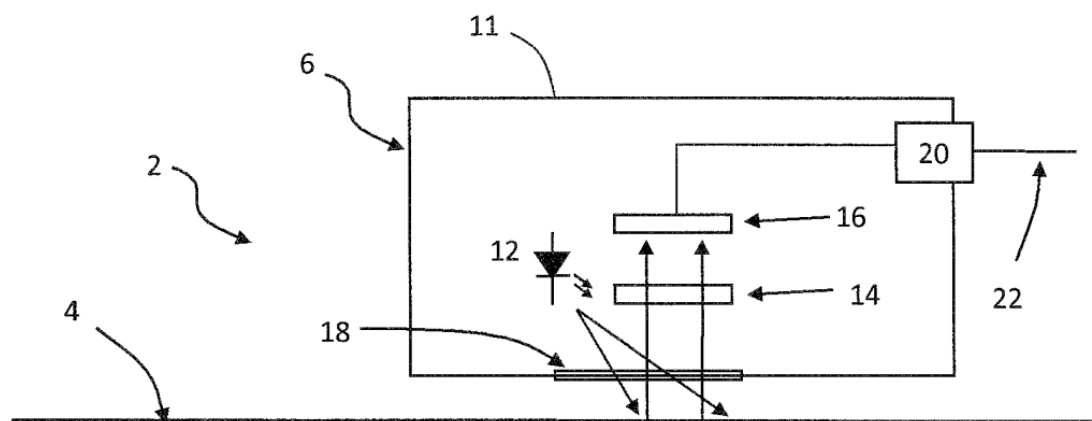
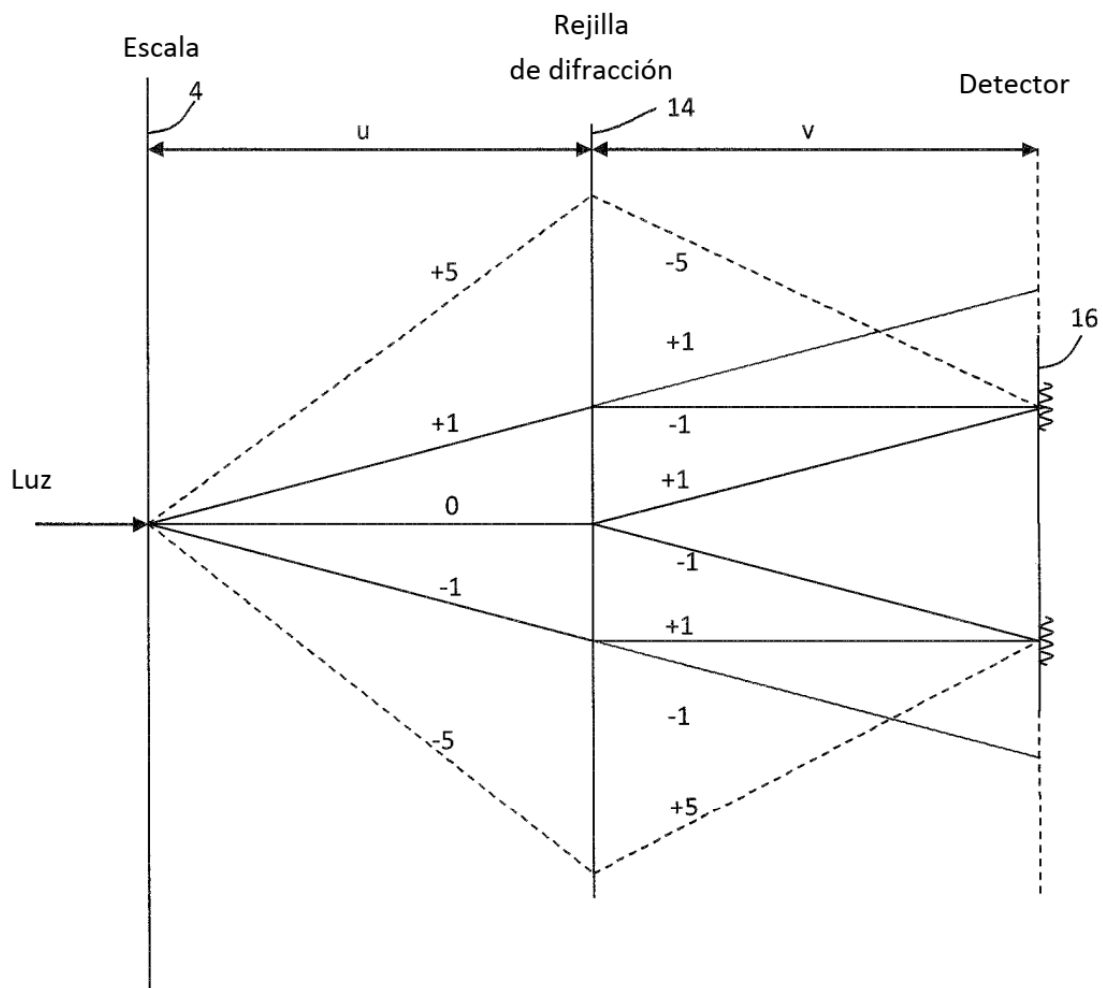


Fig 2a





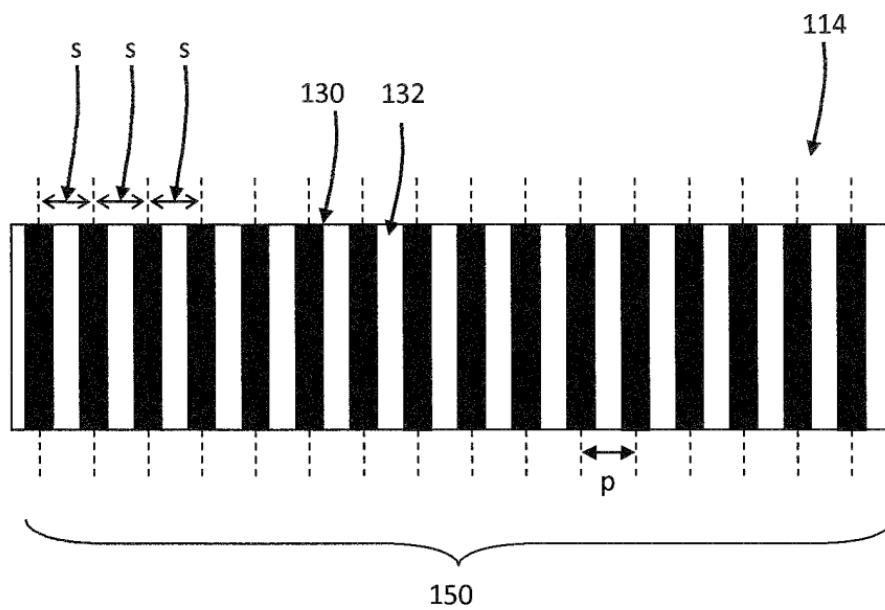


Fig 5

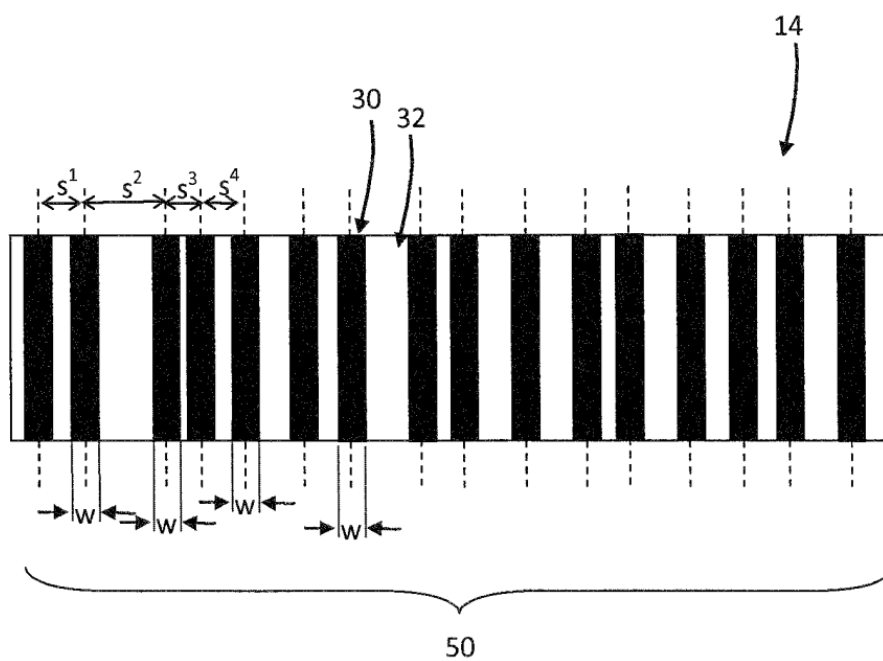


Fig 6

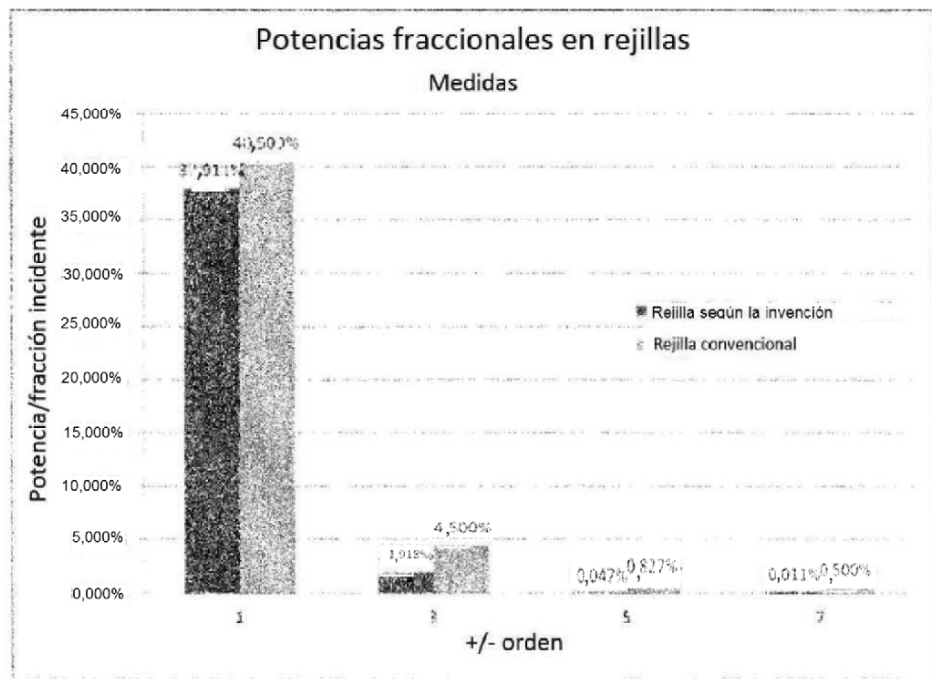
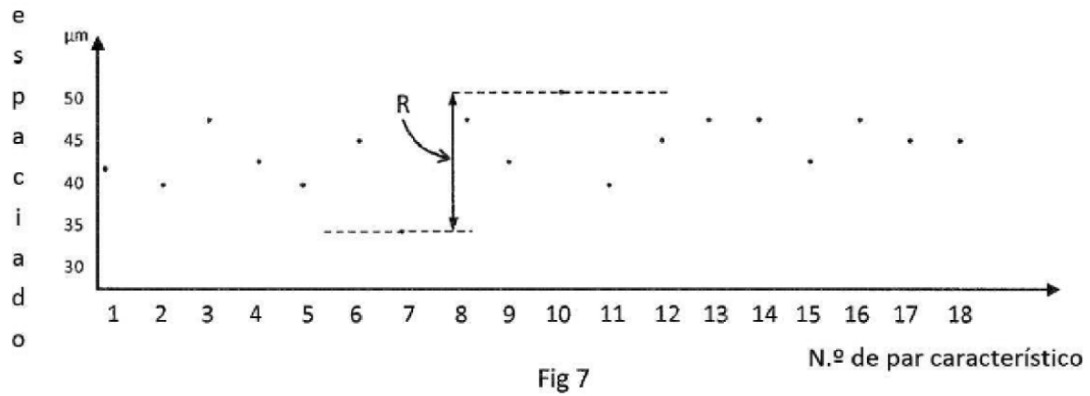


Fig 8

