

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 460**

51 Int. Cl.:

**G01D 5/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2009 E 09009199 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.11.2014 EP 2275782**

54 Título: **Codificador giratorio absoluto de alta resolución**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.12.2014**

73 Titular/es:

**BAADER, THOMAS (100.0%)**  
**Zur Sternwarte 4a**  
**82291 Mammendorf, DE**

72 Inventor/es:

**ROWE, DAVID;**  
**RICCIO, FILIPPO y**  
**MARIOTTI, IVAN**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 525 460 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**

Codificador giratorio absoluto de alta resolución

**RESUMEN DE LA INVENCIÓN**

5 La invención se refiere a un dispositivo codificador óptico absoluto que puede medir su posición con alta resolución usando múltiples pistas en combinación con una disposición de sensores de imagen fotoeléctricos que permite la evaluación del patrón de imágenes bidimensionales. El codificador permite además corregir la excentricidad del disco de codificación y el desplazamiento del sensor de imágenes.

**TÉCNICA ANTERIOR**

10 Según la técnica anterior, las mediciones de posiciones absolutas se obtienen con una escala que cuenta con una pluralidad de pistas que portan un patrón binario o de código Gray. Por el contrario, la alta resolución se consigue normalmente mediante señales analógicas de seno-coseno que pueden obtenerse con patrones de difracción de fuentes de luz coherente.

15 La solicitud de patente europea EP-A-557 265 y la solicitud de patente japonesa JP-A-06347292 dan a conocer codificadores giratorios que presentan discos de codificación con múltiples secciones de código y sensores lineales de imágenes. La solicitud de patente japonesa JP-A-07027576 describe un codificador giratorio con un sensor lineal de imágenes que puede medir el ángulo de rotación de manera más precisa incluso cuando el sensor lineal tiene polvo.

La solicitud de patente japonesa JP2000121391 describe una escala lineal óptica en la que el movimiento lineal se mide evaluando franjas de Moiré en un elemento CCD de formación de imágenes.

20 La patente estadounidense 4.736.187 da a conocer un sistema de codificación óptico para determinar las posiciones absolutas e incrementales de un elemento móvil con respecto a un elemento estacionario. El sistema comprende una banda de codificación con pistas de temporización y de codificación incremental y una pista de datos que comprende una serie de etiquetas de posiciones absolutas. Un cabezal de lectura que tiene tres sensores ópticos para la pista de temporización, la pista de codificación y la pista de datos genera una señal analógica que se descodifica para determinar la posición incremental y la posición absoluta del elemento móvil con respecto al elemento estacionario.

25 La solicitud de patente estadounidense 2006/0284061 describe un dispositivo codificador óptico con un primer patrón codificado dispuesto en el primer lado, y un segundo patrón codificado dispuesto en el segundo lado, presentando ambos patrones codificados partes configuradas para reflejar luz. Información acerca del movimiento se obtiene mediante las señales de salida de un primer y un segundo codificador óptico dispuestos en el primer y en el segundo lado del medio de patrones.

30 Cuando se usa un codificador óptico lineal según el estado de la técnica descrito anteriormente, la corriente de las señales eléctricas fluctúa entre una "corriente oscura" y una "corriente luminosa". La corriente oscura corresponde a cuando una parte opaca de la pista en la escala está situada entre la fuente de luz y un fotodetector. La corriente luminosa corresponde a la corriente oscura más corriente generada por un fotodetector cuando una sección transparente de la pista en el disco de codificación está situada entre la fuente de luz y el fotodetector. De esta manera, la luz modulada hace que la señal eléctrica oscile continuamente desde la corriente oscura a la corriente luminosa y viceversa, generando así pulsos eléctricos que son evaluados para determinar la posición.

35 A diferencia de los codificadores giratorios de la técnica anterior mencionados anteriormente, el codificador según la presente invención proporciona una imagen del patrón específico del disco de codificación en una matriz de sensores de imágenes bidimensionales. Esta imagen en su conjunto puede procesarse y convertirse en datos posicionales, dando así como resultado valores de posición muy precisos, incluyendo correcciones de la excentricidad y la desalineación.

40 El tamaño real del chip CCD o CMOS no determina la funcionalidad del codificador descrito. Sin embargo, el codificador debe poder analizar el ancho total del patrón del disco de codificación en una o más ubicaciones a lo largo de la forma anular de los patrones para un análisis de posición simultáneo. Para ello es conveniente usar disposiciones CCD o CMOS en tamaños comprendidos entre 100 y 2000 píxeles en la dirección x y entre 100 y 2000 píxeles en la dirección y.

45 La cantidad real de píxeles no es crítica para el diseño, sino que depende del precio y de la capacidad de cálculo del hardware y el software del descodificador, ya sea mediante su análisis de manera integrada o a través de un PC aparte u otros dispositivos electrónicos usados habitualmente para realizar cálculos.

Disposiciones específicas CCD o CMOS disponibles comercialmente usadas en "Webcams" que tienen una resolución VGA de 640 x 480 píxeles o superior son adecuadas para esta invención.

50 **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La Fig. 1 es un dibujo esquemático del codificador que comprende un disco de codificación (1) que comprende secciones de bandas radiales (3) y montado en un eje (2), un dispositivo de emisión de luz (4), un sensor fotoeléctrico de formación de imágenes (5) y un dispositivo informático (6).

5 La Fig. 2 (2/1 a 2/12) muestra varias realizaciones del disco de codificación con diferentes números de secciones concéntricas con o sin líneas divisoras.

La Fig. 3 muestra el aspecto de un disco de codificación representado por el sensor, con marcas que delimitan las zonas correspondientes a las diferentes secciones del patrón.

La Fig. 4 muestra una señal usada para determinar la posición radial de las líneas divisoras.

La Fig. 5 ilustra una muestra de señales obtenidas de diferentes zonas del sensor de imágenes.

10 La Fig. 6 muestra la equivalencia del desplazamiento tangencial y la rotación del sensor de imágenes con respecto al patrón del disco de codificación.

La Fig. 7 ilustra una técnica para acotar la estimación del ángulo de rotación.

#### DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES PREFERIDAS

15 Con referencia a la Fig. 1, un disco de codificación (1) que presenta un patrón específico de bandas radiales (3) como se describe posteriormente en detalle, en combinación con una fuente de luz (4), proporciona una imagen de dicho patrón a una disposición de sensores de imágenes (5). Dicha imagen puede procesarse por un dispositivo informático (6) que ejecuta un programa de software que puede calcular el ángulo del disco de codificación a partir de los datos de imagen, por ejemplo usando un algoritmo como el descrito posteriormente. El ángulo puede ser usado por el mismo dispositivo informático para realizar un procesamiento adicional o puede proporcionarse a otro dispositivo a través de una conexión externa.

20 Evaluando la imagen proporcionada a la disposición de sensores de imágenes puede corregirse además la excentricidad del disco de codificación y el desplazamiento de la disposición de sensores de imágenes.

25 El disco de codificación (1), del cual se muestran algunos ejemplos de varias realizaciones posibles en la Fig. 2/1 a 2/12, contiene al menos tres secciones concéntricas. Cada sección está formada por bandas radiales transparentes y opacas alternas. Es esencial para la presente invención que al menos dos de las tres o más secciones concéntricas contengan el mismo número de bandas radiales, y que la al menos una o más secciones concéntricas restantes contengan un número de bandas que sea diferente del número de bandas en las al menos dos secciones concéntricas mencionadas anteriormente que tienen el mismo número de bandas.

30 El disco de codificación puede contener más de tres secciones concéntricas con bandas radiales, por ejemplo cuatro, cinco, seis o más de dichas secciones concéntricas. Tales secciones concéntricas adicionales contienen preferentemente un número diferente de bandas radiales, aumentando así la precisión y la robustez de la determinación del ángulo.

35 El disco de codificación puede estar formado por un disco portador de vidrio o de polímero transparente sobre el que está impreso o grabado un patrón de bandas. Como alternativa, el disco de codificación puede estar hecho de materiales opacos tales como discos metálicos, polímeros opacos, vidrio o polímeros metalizados o similares, en los que se realizan o practican hendiduras o aberturas.

40 Opcional y preferentemente, las secciones concéntricas de las bandas radiales están separadas de secciones concéntricas vecinas mediante líneas divisoras opacas o transparentes. Estas líneas divisoras ayudan a encontrar los contornos y los límites de las secciones individuales en el patrón de imagen y, por tanto, ayudan a evaluar la imagen con respecto a la excentricidad y el desplazamiento radial del sensor de imágenes. No se necesitan separaciones si el software evaluador usa contornos o áreas fijos o predeterminados en las zonas de imagen y/o no se implementan correcciones de excentricidad.

45 Haciendo de nuevo referencia a la Fig. 1, el dispositivo de emisión de luz (4) puede seleccionarse entre bombillas o diodos de emisión de luz (LED). El dispositivo de emisión de luz puede emitir luz policromática o monocromática. Puede lucir de manera continua, en particular si se requieren bajas velocidades de rotación o si se usan obturadores mecánicos o electrónicos con el sensor de imágenes. En realizaciones específicas, puede ser ventajoso que el dispositivo de emisión de luz emita destellos o se active durante una cantidad de tiempo apropiada en sincronismo con la adquisición de imágenes por parte del sensor de imágenes con el fin de minimizar las imágenes borrosas por movimiento a la velocidad de rotación esperada. Como alternativa, las imágenes borrosas por movimiento también pueden controlarse usando un obturador mecánico o electrónico en el sensor de imágenes.

50 El dispositivo de emisión de luz está orientado hacia el sensor de imágenes (5) con el patrón del disco de codificación

entre los mismos. La distancia desde el sensor de imágenes al disco de codificación y al dispositivo de emisión de luz se elige de modo que una imagen ligeramente desenfocada del patrón pueda adquirirse con el sensor. Sistemas ópticos adicionales tales como lentes de enfoque, colimadores, etc., pueden utilizarse entre la fuente de luz y el sensor de imágenes para mejorar la imagen en el sensor de imágenes. Como alternativa, el dispositivo de emisión de luz puede montarse cerca o en el mismo soporte de montaje que el sensor, y la luz emitida a través del disco de codificación puede ser dirigida por un espejo o sistemas de espejos hacia el sensor de imágenes. Otra alternativa es montar el dispositivo de emisión de luz en cualquier posición disponible y dirigir la luz hacia el sensor de imágenes usando sistemas ópticos tales como fibras ópticas.

Cualquier sensor de imágenes capaz de registrar imágenes bidimensionales es adecuado en la presente invención, por ejemplo una matriz de fotodetectores. Fotocélulas individuales o un único CCD lineal no serían adecuados como sensores de imágenes en la presente invención ya que tales fotodetectores no pueden registrar un patrón bidimensional sino solamente una distribución de brillo lineal. Sensores de imágenes adecuados en la presente invención son, por ejemplo, disposiciones CCD o CMOS. Como alternativa, pueden usarse múltiples sensores fotoeléctricos lineales, siempre que cada sección pertinente del disco de codificación se represente con imágenes mediante al menos un sensor orientado de manera perpendicular a las bandas radiales y, si se implementan líneas divisoras, siempre que al menos un sensor adicional orientado de manera perpendicular a las líneas divisoras se use para medir la posición de las líneas divisoras.

Si se usa un sensor de imágenes matricial, el sensor de imágenes se alinea de manera ideal de modo que las bandas radiales están en la dirección de las líneas del sensor, mientras que las líneas divisoras opacas o transparentes, si las hubiera, están en la dirección de las columnas del sensor.

Cualquier error en el posicionamiento del sensor que se produzca durante el proceso de fabricación o en fases posteriores se manifestará como una rotación del sensor con respecto al patrón del disco de codificación más un desplazamiento radial, como se muestra en la FIG. 6.

La medición del ángulo de rotación absoluto del disco de codificación se obtiene realizando mediciones en señales como las mostradas en la FIG. 4 y en la FIG. 5.

La señal de la FIG. 4, usada solamente cuando se implementan líneas divisoras, puede obtenerse mediante un procesamiento de imágenes, por ejemplo calculando el promedio de todas las líneas del sensor de imágenes matricial o, si se usan múltiples sensores fotoeléctricos lineales, directamente a partir de uno o más de los sensores dedicados a esta tarea. Esta señal se procesa adicionalmente para obtener la posición de las líneas divisoras con respecto al sensor de modo que el desplazamiento radial del sensor y la excentricidad del disco de codificación puedan evaluarse y corregirse. Esta señal puede usarse además para definir adicionalmente la posición de las zonas del sensor de imágenes donde se forma la imagen de las secciones pertinentes del disco de codificación.

Las señales de la FIG. 5 se obtienen para cada sección del disco de codificación, por ejemplo mediante un procesamiento de imágenes, calculando el promedio de todas las columnas en cada zona pertinente del sensor de imágenes o, si se usan múltiples sensores fotoeléctricos lineales, directamente a partir de los dedicados a esta tarea. Estas señales se procesan adicionalmente para obtener, para cada sección de disco de codificación, la posición del patrón de bandas con respecto al sensor. Estas posiciones crean una combinación única que depende del ángulo de rotación del disco de codificación, proporcionando una medición de ángulo absoluta. En una realización preferida se evalúan las diferencias entre diferentes pares de estas posiciones y cada par proporciona un conjunto de valores de ángulo posibles, tales como los mostrados en las FIG. 7/1 a 7/3; estos valores de ángulo posibles se combinan después para acotar el posible ángulo en un pequeño intervalo, como se muestra en la FIG. 7/4. Además, las posiciones medidas obtenidas a partir de las secciones mencionadas anteriormente que tienen el mismo número de bandas se comparan para evaluar la rotación del sensor con respecto al patrón del disco de codificación, de modo que los errores en las posiciones medidas correspondientes a las otras secciones pueden corregirse, corrigiendo de manera eficaz cualquier error que pueda producirse a partir del desplazamiento rotativo del sensor.

Si se implementan las líneas divisoras, la excentricidad del patrón del disco de codificación se evalúa midiendo la posición de las líneas divisoras en diferentes ángulos de rotación del disco de codificación, de modo que puede llevarse a cabo una corrección mediante software.

Con el fin de llevar a cabo el procesamiento de imágenes y el análisis de datos, los datos de imagen proporcionados por el sensor de imágenes pueden transferirse a un dispositivo informático externo (6) donde el patrón se evalúa para determinar el estado rotativo y, opcionalmente, la excentricidad y la desalineación. En una realización preferida, el dispositivo informático está integrado en el codificador, por ejemplo en una placa de circuito electrónico, y lleva a cabo las tareas mencionadas anteriormente.

El dispositivo informático procesa la imagen adquirida, ejecutando un programa de software que puede calcular el ángulo del disco de codificación a partir de los datos de imagen, usando algoritmos adecuados. Este ángulo puede ser usado por el mismo dispositivo informático para llevar a cabo un procesamiento adicional o puede proporcionarse a otro dispositivo

o a un ordenador a través de una conexión externa.

Campos de aplicación

- posicionamiento preciso, movimiento y seguimiento a alta velocidad de telescopios astronómicos;
- control preciso de máquinas / robots de producción industrial y control del movimiento en la industria de la automoción.

5

**REIVINDICACIONES**

1.- Un codificador óptico giratorio, que comprende:

- un dispositivo de emisión de luz (4),
- un disco de codificación (1),

5 en el que el disco de codificación comprende al menos tres secciones concéntricas (3) de bandas radiales transparentes y opacas alternas, en el que al menos dos de las secciones concéntricas contienen el mismo número de bandas radiales y el número de bandas radiales en al menos una sección concéntrica adicional es diferente del número de bandas radiales en las dos secciones concéntricas mencionadas anteriormente;

10 en el que las secciones concéntricas están separadas opcionalmente por líneas divisoras opacas o transparentes;

- un sensor fotoeléctrico matricial de formación de imágenes (5),

caracterizado porque

15 el sensor fotoeléctrico matricial de formación de imágenes (5) puede reconocer patrones bidimensionales y está alineado de modo que las bandas radiales están orientadas esencialmente en la dirección de las líneas del sensor y de modo que las líneas divisoras, si las hubiera, están en la dirección de las columnas del sensor; o como alternativa, está alineado de modo que las bandas radiales están en la dirección de las columnas del sensor, mientras que las líneas divisoras opacas o transparentes, si las hubiera, están en la dirección de las líneas del sensor.

20 2.- El codificador giratorio según la reivindicación 1, que comprende además un dispositivo informático para el procesamiento de imágenes.

3.- El codificador giratorio según la reivindicación 2, en el que el dispositivo informático está integrado en la placa de circuito de los componentes electrónicos del sensor.

4.- El codificador giratorio según la reivindicación 2, en el que el dispositivo informático no está integrado en la placa de circuito de los componentes electrónicos del sensor.

5.- El codificador giratorio según cualquier reivindicación anterior, en el que el sensor fotoeléctrico de imágenes es una disposición CCD o una disposición CMOS.

6.- El codificador giratorio según cualquier reivindicación anterior, en el que el sensor fotoeléctrico de imágenes es sustituido por múltiples sensores fotoeléctricos lineales.

30 7.- El codificador giratorio según cualquier reivindicación anterior, que comprende un sistema óptico adicional para la adquisición de imágenes.

8.- El codificador giratorio según cualquier reivindicación anterior, en el que las secciones concéntricas están separadas por líneas divisoras opacas o transparentes.

9.- El codificador giratorio según cualquier reivindicación anterior, que comprende un obturador mecánico o electrónico, o medios para hacer que el dispositivo de emisión de luz emita destellos o funcione de manera estroboscópica para controlar las imágenes borrosas por movimiento.

10.- El codificador giratorio según las reivindicaciones 2 a 9, en el que el dispositivo informático comprende medios para corregir la excentricidad del disco de codificación y/o el desplazamiento del sensor de imágenes.

40 11.- El codificador giratorio según la reivindicación 10, en el que la corrección de la excentricidad y/o del desplazamiento del sensor se implementa corrigiendo los valores medidos usando una estimación previa del ángulo de rotación, obtenida a partir de una imagen anterior o de un cálculo anterior en la misma imagen sin tener en cuenta la corrección de excentricidad o de desplazamiento propiamente dicha.

45 12.- El codificador giratorio según cualquier reivindicación anterior, en el que una realización imperfecta del patrón del disco de codificación se corrige correlacionando el ángulo de rotación medido con otro ángulo, medido anteriormente con otro procedimiento y almacenado en una memoria no volátil.

13.- Un procedimiento para medir el ángulo de rotación de un dispositivo giratorio, que comprende las siguientes etapas:

- proporcionar en una disposición de sensor de imágenes bidimensionales una imagen de un disco de codificación que comprende al menos tres secciones concéntricas de bandas radiales transparentes y opacas alternas, donde al menos dos de las secciones concéntricas contienen el mismo número de bandas radiales, y el número de bandas

radiales en al menos una sección concéntrica adicional es diferente del número de bandas radiales en las dos secciones concéntricas mencionadas anteriormente;

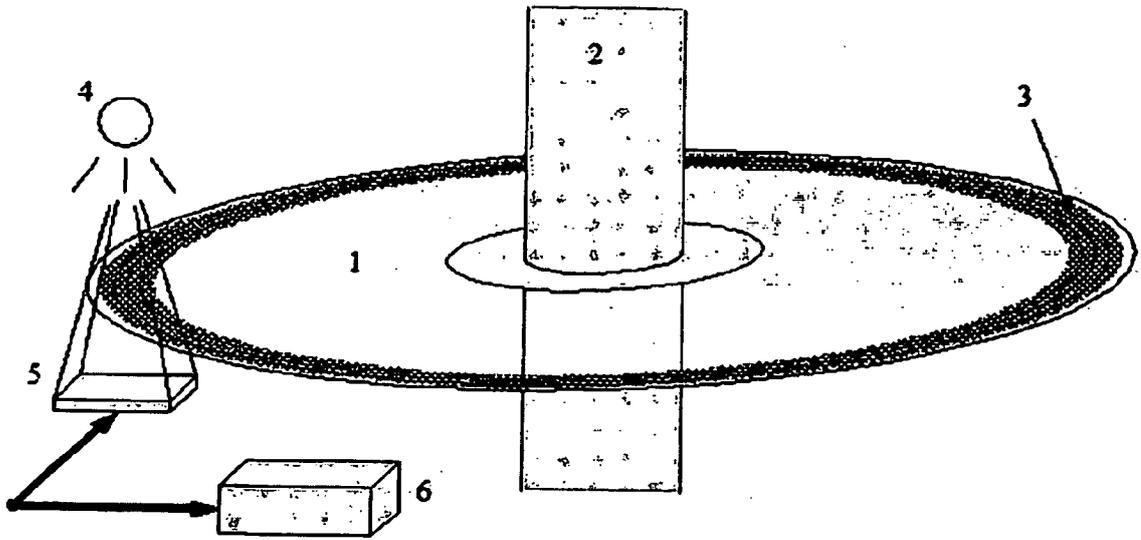
- usar las zonas en la imagen de las secciones concéntricas que tienen el mismo número de bandas radiales como marcas de referencia;
- 5
- calcular el ángulo de rotación a partir del patrón en las zonas de la imagen de las secciones concéntricas adicionales que tienen un número diferente de bandas radiales en relación con las marcas de referencia mencionadas anteriormente.

14.- El procedimiento según la reivindicación 13, que comprende además el cálculo y la corrección de la excentricidad del disco de codificación y el desplazamiento del sensor de imágenes con respecto al patrón de imagen.

- 10
- 15.- Una montura de telescopio que comprende el codificador según las reivindicaciones 1 a 12, en la que los codificadores descritos en el presente documento pueden usarse para controlar la posición giratoria axial del eje acimutal o de ascensión recta y/o del eje de declinación o de elevación, y en la que preferentemente ambos ejes están equipados con este codificador y son controlados electrónicamente de manera simultánea.

16.- Uso de un codificador según las reivindicaciones 1 a 12 para controlar la posición de una montura de telescopio.

15



*Fig. 1: Dibujo esquemático del aparato*

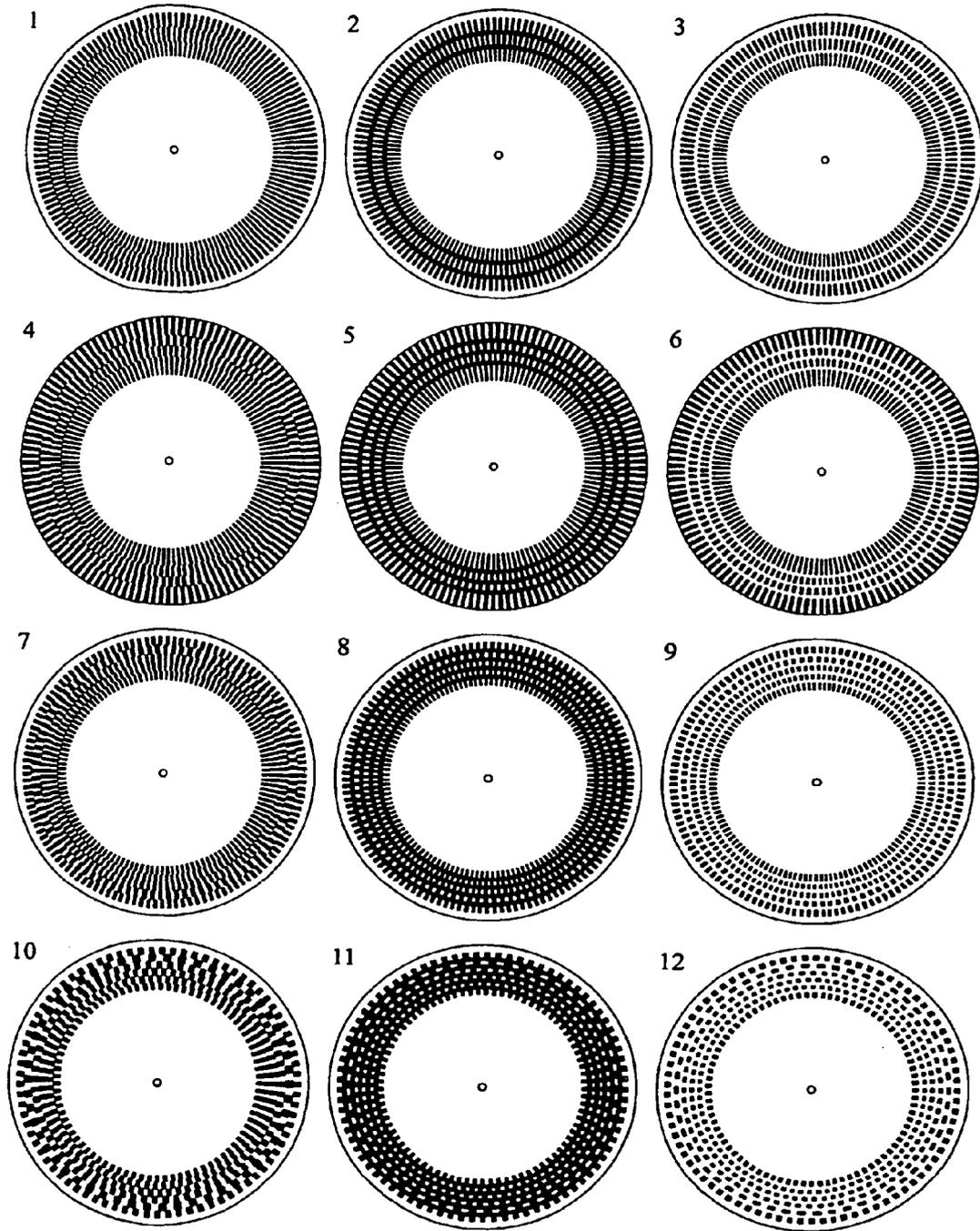
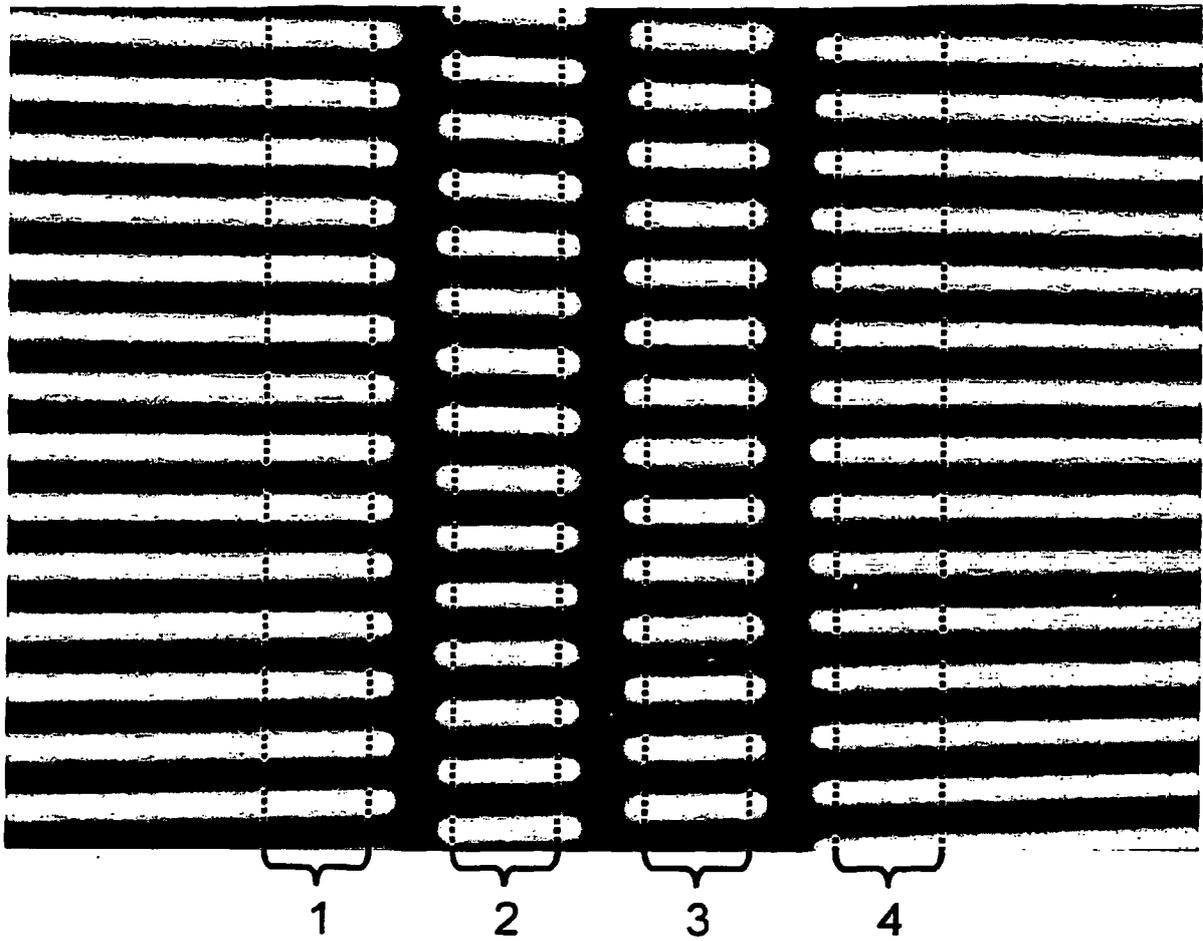


Fig. 2: Ejemplos de posibles realizaciones del patrón del disco de codificación. Tres secciones: 1 - con líneas divisoras opacas; 2 - sin líneas divisoras; 3 - con líneas divisoras transparentes. Cuatro secciones: 4 - con líneas divisoras opacas; 5 - sin líneas divisoras opacas; 6 - con líneas divisoras transparentes. Cinco secciones: 7 - con líneas divisoras opacas; 8 - sin líneas divisoras opacas; 9 - con líneas divisoras transparentes. Seis secciones: 10 - con líneas divisoras opacas; 11 - sin líneas divisoras; 12 - con líneas divisoras transparentes. El número de bandas en cada patrón solo se ha elegido con fines ilustrativos.



*Fig. 3: Aspecto del disco de codificación representado con imágenes mediante el sensor, mostrado para el caso de cuatro secciones, donde las zonas corresponden a las diferentes secciones del patrón marcadas de 1 a 4.*

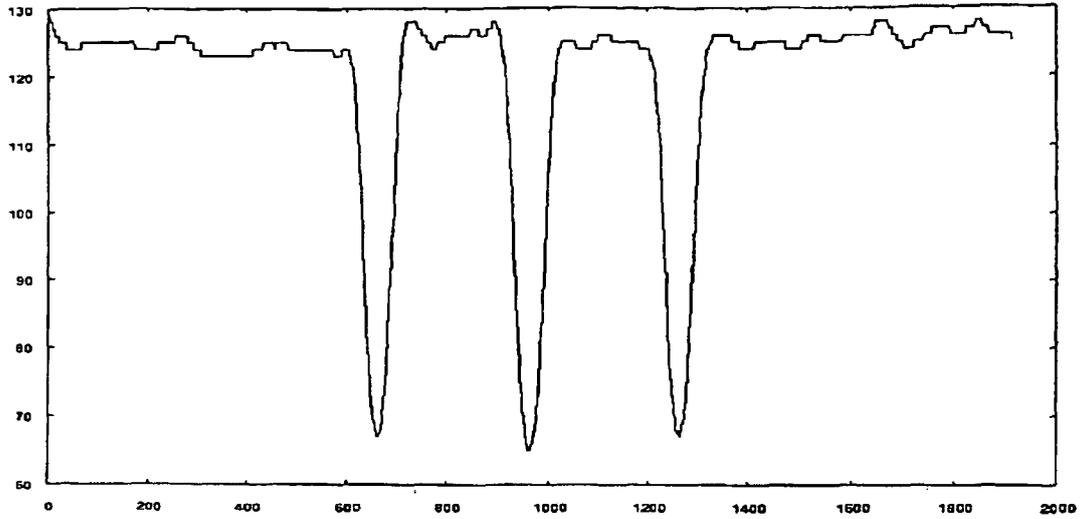


Fig. 4: una muestra del promedio de todas las líneas de la imagen, mostrado para el caso de cuatro secciones.

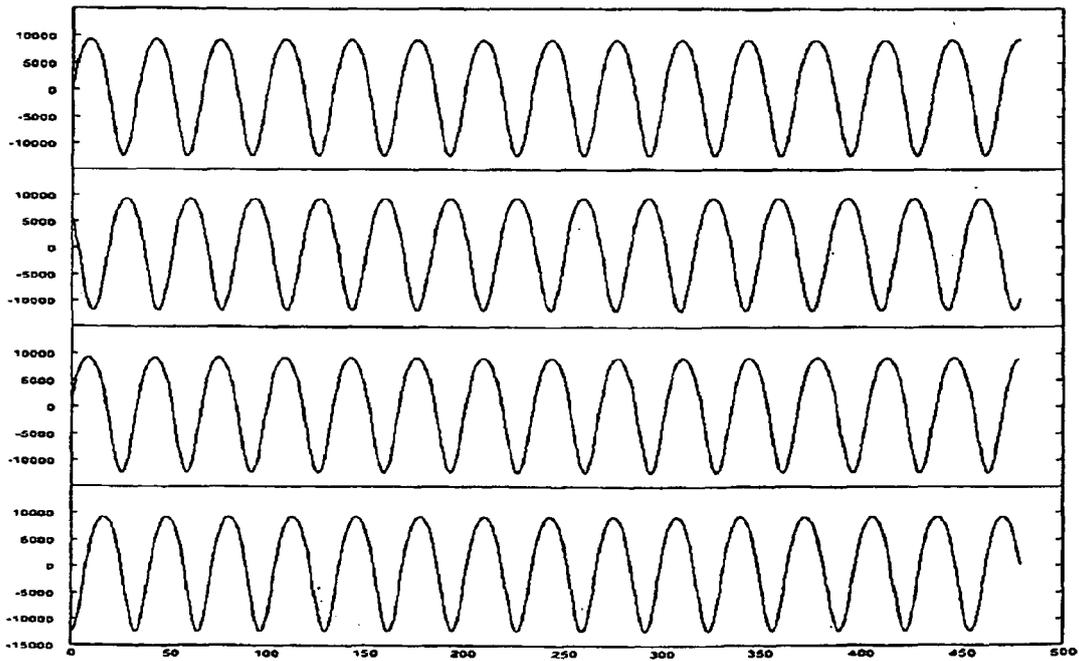


Fig. 5: una muestra de las señales obtenidas de las diferentes zonas de la imagen correspondiente a diferentes secciones del disco de codificación, mostradas para el caso de cuatro secciones.

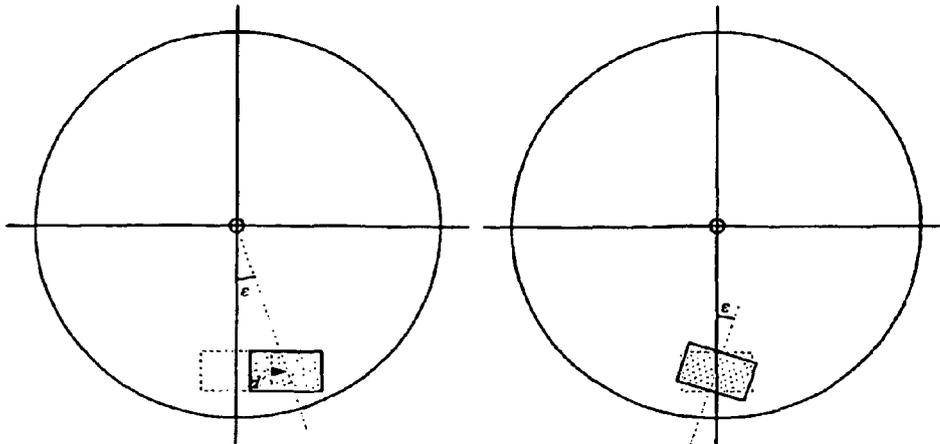


Fig. 6: errores de posición de sensor que muestran que el desplazamiento tangencial (izquierda) es equivalente a una rotación (derecha) más un pequeño desplazamiento radial después de una rotación de todo el aparato.

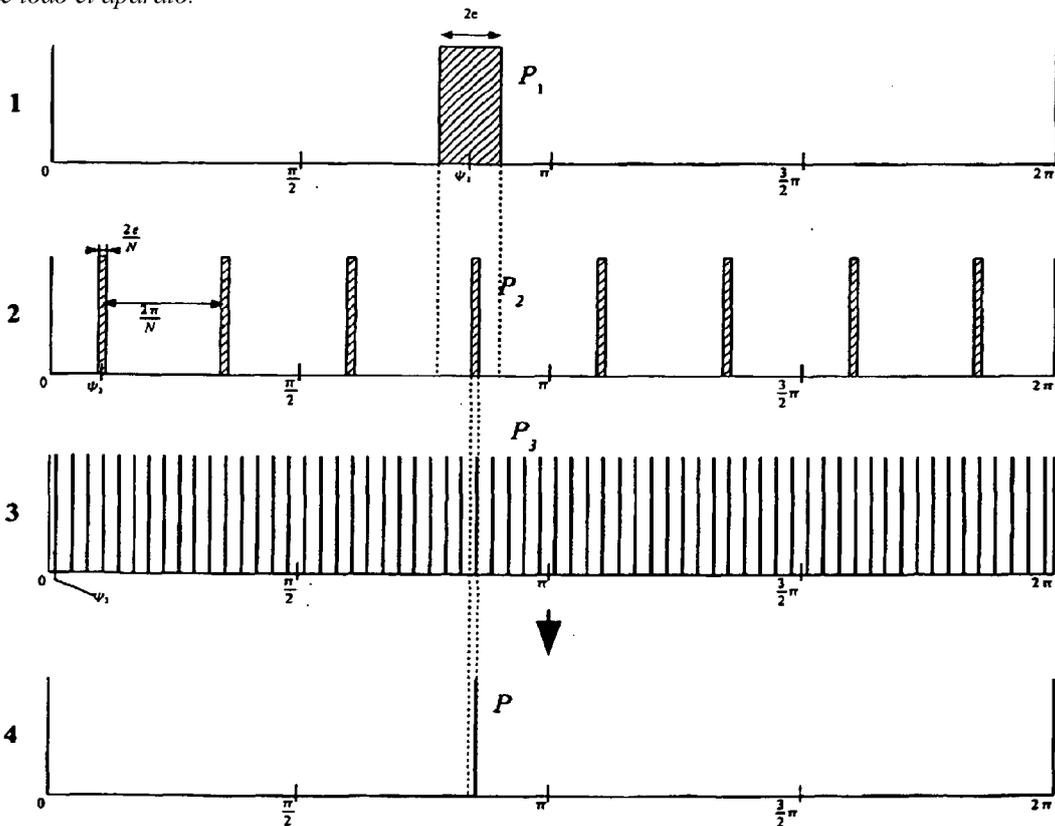


Fig. 7: Ilustración de la técnica para acotar la estimación del ángulo de rotación. Las posiciones del patrón de bandas de diferentes secciones con respecto al sensor de imágenes se usan y combinan para obtener diferentes estimaciones posibles del ángulo de rotación, representadas mediante las zonas sombreadas mostradas en 1 a 3. Combinando las diferentes estimaciones se obtiene una posición absoluta precisa, como la mostrada en 4.