

OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 256 098**

⑤① Int. Cl.:  
**G01B 11/24** (2006.01)  
**G01B 11/10** (2006.01)  
**G01B 11/255** (2006.01)  
**B21B 38/04** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **01105634 .8**  
⑧⑥ Fecha de presentación : **07.03.2001**  
⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **1154226**  
⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **14.11.2001**

⑤④ Título: **Dispositivo y procedimiento para la medición del espesor y la excentricidad de piezas de trabajo alargadas.**

③⑩ Prioridad: **11.05.2000 DE 100 23 172**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.07.2006**

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.07.2006**

⑦③ Titular/es: **LAP GmbH Laser Applikationen  
Zeppelinstrasse 23  
D-21337 Lüneburg, DE**

⑦② Inventor/es: **Hofmann, Karsten**

⑦④ Agente: **Carpintero López, Francisco**

ES 2 256 098 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

Dispositivo y procedimiento para la medición del espesor y la excentricidad de piezas de trabajo alargadas.

La invención se refiere a un dispositivo para la medición del diámetro y la excentricidad de piezas de trabajo alargadas, especialmente de productos circulares que se desplazan en su dirección longitudinal en trenes de laminado, así como a un procedimiento para la medición del diámetro y la excentricidad en tales piezas de trabajo.

En laminadoras para productos planos (chapa gruesa, fleje laminado en caliente) se sabe efectuar el ajuste de la separación de los rodillos mediante un sistema de regulación cerrado. Para este fin, detrás del último soporte del rodillo se dispone un sistema de medida que mide continuamente el espesor y dado el caso la planaridad del producto laminado y con ello proporciona al sistema de regulación el valor real, que mediante los activadores correspondientes fija después la altura de separación de los rodillos y la geometría de separación de los rodillos, según la precisión dimensional y la regularidad superficial del producto.

Se pretenden aplicar también sistemas de regulación cerrados en trenes de laminado para productos circulares. Por el documento EP 0 800 43 156 A 2 se ha dado a conocer el uso de un sistema de medida de sombras con tres sistemas de medida bajo diferentes ángulos. Los sistemas de medida oscilan en su posición para medir el diámetro en diferentes direcciones.

Por el documento GB 2 121 956 se saben medir tres diámetros a partir de direcciones desplazadas respectivamente 120°. Para una posición y forma conocida del objeto a medir, a partir del diámetro medido se puede calcular entonces el diámetro mayor y el menor.

El Patent Abstracts de Japón en JP 56 117107 describe un procedimiento de medida sin contacto, en el que se calcula la distancia entre un punto de contacto de una primera tangente y el punto de corte de una segunda y una tercera tangentes.

El dispositivo conocido y el procedimiento para la medición del diámetro y la excentricidad ofrecen valores de medida imprecisos cuando aparecen los llamados contornos "de cuerpo excéntrico". Los contornos "de cuerpo excéntrico" se caracterizan por la propiedad de que en una medición convencional del diámetro a partir de diferentes ángulos poseen los mismos o aproximadamente los mismos valores de diámetro. Por consiguiente, sus sombras poseen también la misma anchura. Esta diferencia que falta o a lo sumo pequeña diferencia entre el diámetro más grande y el más pequeño simula una excentricidad muy pequeña de la pieza de trabajo que se mide. Sin embargo, ésta se puede encontrar verdaderamente muy por fuera de las tolerancias permitidas y debe ser reconocida por un sistema de medida fiable.

La invención se basa en el objetivo de conseguir un dispositivo y un procedimiento para la medición del diámetro y la excentricidad, los cuáles permitan de forma sencilla una medición rápida y fiable en piezas de trabajo.

Según la invención, el objetivo se alcanza mediante un procedimiento con las características según la reivindicación 1 y mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 6.

El dispositivo según la invención presenta tres o más escáneres láser. Cada escáner láser posee un sensor sensible a la luz con un láser que está dirigido al sensor, para la iluminación de una zona de éste. Los rayos láser del escáner láser se disponen en un triángulo o un polígono alrededor de la pieza de trabajo para un contacto tangencial de la pieza de trabajo. Por ejemplo, si el dispositivo posee tres escáneres láser, sus rayos láser forman un triángulo, que se dispone alrededor de la pieza de trabajo. Así, el triángulo está dimensionado de manera que la pieza de trabajo cubre parcialmente las zonas iluminadas de los sensores. Por consiguiente un borde exterior de la pieza de trabajo proyecta una sombra sobre el sensor, permitiendo la sombra determinar el borde exterior saliente más alejado en el rayo láser. Es ventajoso en esta invención que la posición de la pieza de trabajo puede ser cualquiera. Mientras la pieza de trabajo se disponga dentro del triángulo y se proyecte una sombra sobre todos los sensores, la posición del centro de la pieza de trabajo puede ser cualquiera. De forma alternativa, la pieza de trabajo también puede ser iluminada por el rayo láser del escáner láser de manera que la pieza de trabajo proyecta una sombra que se encuentra completamente dentro de la zona iluminada del sensor. En comparación con el dispositivo descrito arriba, aquí con cada escáner láser se determinan dos rectas paralelas, que reproducen la distancia máxima entre dos bordes exteriores de la pieza de trabajo sobre lados opuestos. Con las disposición de tres o más escáneres láser a separaciones angulares aproximadamente iguales, o sea 120°, 90°, 72°, etc, aparecen tres o más pares de rectas paralelas, que tocan la pieza de trabajo. Estas rectas permiten una determinación del diámetro y la excentricidad de la pieza de trabajo independientemente de la posición de su centro. Un desplazamiento del centro se puede calcular a partir de los datos medidos por formación de diferencias.

En una variante ventajosa del dispositivo, éste está dispuesto de forma giratoria en el plano tendido por los rayos láser.

En otra variante ventajosa del dispositivo están dispuestos tres escáneres láser de manera que forman un triángulo equilátero alrededor de la pieza de trabajo. También aquí el uso de tres escáneres permite reconocer de forma rápida y fiable bordes "de cuerpo excéntrico" con pocos valores de medida.

El procedimiento de medida según la invención se realiza mediante el uso de 3 o más escáneres láser, en el que en un primer paso del procedimiento a partir de la sombra de la pieza de trabajo, para cada escáner láser se determinan una o dos rectas adyacentes al borde exterior, las cuáles transcurren paralelas al rayo láser, es decir, en la dirección del rayo láser. La aparición de uno o dos bordes de sombra de la pieza de trabajo sobre el sensor depende de si el escáner láser ilumina la pieza de trabajo solamente de forma tangencial o ilumina el sensor completamente en una anchura tal, que la pieza de trabajo proyecta una sombra completamente dentro de la zona del sensor iluminada. En un segundo paso del procedimiento, a partir de cada tres rectas determinadas una instalación de evaluación calcula un círculo, que es tangente a las rectas. En los pasos del procedimiento incluidos aquí se repite varias veces el proceso de medida para el cálculo del círculo y a partir de los diámetros del círculo medidos se determina el diámetro y la excentricidad de la pieza de trabajo.

En una variante ventajosa del procedimiento, los escáneres láser se hacen girar alrededor de la pieza de trabajo para la repetición de la medida. De esta manera es posible una mejor determinación de la excentricidad en una orientación desconocida de la pieza de trabajo.

Es preferible realizar la medición del escáner láser sincronizada con una señal activadora. Con la medición síncrona se asegura que un movimiento radial de la pieza de trabajo durante la medición no conducirá a un falseamiento de los resultados de la medida.

En otra variante del procedimiento según la invención los escáneres láser miden la pieza de trabajo a diferentes instantes de tiempo, y la instalación de evaluación determina, a partir de los instantes de tiempo y los correspondientes valores de medida, un vector de movimiento para la pieza de trabajo. Como la instalación de evaluación puede tener en cuenta tanto los valores de medida como su tiempo, es posible reconocer y compensar un movimiento de la pieza de trabajo entre los procesos de medida.

En una configuración conveniente del procedimiento, si se determinan más de tres rectas no paralelas, se usan todos los tripletes de rectas para el cálculo del círculo. Para un número suficiente de rectas también es posible, con ayuda de un ordenador, reconstruir un corte del borde superficial, de manera que sea posible localmente una determinación precisa de la excentricidad.

A continuación se explican más detalladamente según las siguientes figuras tres ejemplos de realización preferibles de los dispositivos según la invención.

Fig. 1 muestra la comparación entre un cuerpo excéntrico de tercer orden con un círculo, que presenta el mismo diámetro,

Fig. 2 muestra la medición de un cuerpo excéntrico con tres sensores de triangulación,

Fig. 3 muestra la medición con sensores de triangulación en un objeto descentrado,

Fig. 4 muestra la medición del cuerpo excéntrico con lados cóncavos mediante medición por triangulación,

Fig. 5 muestra la medición de un cuerpo excéntrico con micrómetros de escáner láser para el contacto con tres tangentes,

Fig. 6 muestra la medición de un cuerpo excéntrico convexo con micrómetros de escáner láser para el contacto con seis tangentes y

Fig. 7 muestra el dispositivo de la Fig. 6 para una pieza de trabajo descentrada.

Los procedimientos de medida por triangulación según las figuras 2 a 4 no corresponden a la invención.

En la Fig. 1 se representa un cuerpo excéntrico de tercer orden. A partir de la comparación con el círculo 10 es evidente que el mismo espesor 12 posee en cada punto un diámetro que corresponde al diámetro del círculo. Sin embargo, el cuerpo excéntrico 12 presenta una excentricidad que se puede encontrar fuera de las tolerancias de fabricación permitidas en una línea de producción. Teóricamente, pueden aparecer espesores iguales de orden  $2n + 1$  con  $n = 0, 1, 2, \dots$  En los procedimientos de fabricación utilizados hasta el momento, por el uso de 3 rodillos pueden aparecer espesores iguales predominantemente de tercer orden, cuya medición se explica a continuación.

El dispositivo representado esquemáticamente en

la Fig. 2 para la medición del mismo espesor 12, presenta tres sensores de triangulación 14. Los sensores están dispuestos alrededor del mismo espesor 12 y se ajustan de manera que sus rayos láser 16 forman un ángulo de  $120^\circ$ . Los rayos láser 16 se cortan en un punto 18, que al mismo tiempo forma el centro del cuerpo excéntrico 12. En la posición representada en la Fig. 2 del cuerpo excéntrico 12, la medición de la distancia del centro 18 a la superficie del cuerpo excéntrico 12 da como resultado el mismo valor. Con este valor como radio se puede determinar el círculo 20 del mismo espesor.

En la posición marcada con rayas de los sensores de triangulación 14', éstos miden el radio mínimo del mismo espesor, que conduce a la determinación del círculo 22 inscrito. Si los sensores de triangulación 14 se giran a la posición señalada con 14' disminuye continuamente el radio del círculo medido.

Si la posición angular máxima y/o mínima del cuerpo excéntrico 12 no se conoce, para alcanzar una precisión suficiente en la determinación de la excentricidad se dispone al menos de 4 mediciones de tres puntos distribuidas regularmente a lo largo del perímetro. A partir de este número de mediciones se pueden determinar de forma fiable el diámetro menor y el mayor.

Un ajuste inicial de los sensores de triangulación asegura que los tres rayos láser 16 se cortan en el punto medio. Además, con el uso de cilindros de precisión para el ajuste, se asegura que este punto medio es el punto cero común para los tres sensores. El objeto a examinar se debe encontrar en el punto cero de esta disposición radial. Cada uno de los sensores participantes mide ahora el radio y lo transmite a un ordenador de evaluación, que calcula el círculo correspondiente. Mediante el giro del objeto en el dispositivo de medida o mediante el giro del dispositivo de medida alrededor del objeto se determinan entonces otros diámetros parciales. Tras un giro de  $120^\circ$  acaba la medición y el ordenador de evaluación determina ahora tanto el diámetro más pequeño como el más grande y la excentricidad como diferencia de ellos.

Para limitar el ángulo de giro necesario y con ello la duración de la medida, el dispositivo de medida se puede ampliar con otras cabezas triples de medida desplazadas respectivamente  $120^\circ$  entre sí, de manera que en conjunto reproducen regularmente el ángulo de desplazamiento de todos los sensores entre sí.

Los valores de medida que aparecen en un desplazamiento del mismo espesor 12 frente al centro 18 se representan esquemáticamente en la Fig. 3. La unidad de evaluación añadida al dispositivo de medida, para el mismo espesor representado puede reconocer la aparición de un fallo de medida en que no aparecen radios conjuntos para las mediciones de los sensores de triangulación. Este fallo de medida se reconoce preferiblemente en un dispositivo de medida giratorio.

La Fig. 4 muestra la medición de un mismo espesor de tercer orden 24 con lados cóncavos. La medición de lados cóncavos se realiza con los sensores de triangulación 14 de forma fiable, ya que sus rayos láser 16 se dirigen al centro del mismo espesor 24. Por consiguiente, el círculo interior 26 así determinado se corresponde con el radio interior presente realmente.

La Fig. 5 muestra un dispositivo consistente en tres escáneres láser 28, 30, que están dispuestos en un triángulo alrededor del cuerpo excéntrico 12. En la forma de realización representada el láser 28 está

configurado como un láser lineal y proyecta una línea al sensor 30 añadido. Los escáneres láser se disponen alrededor del cuerpo excéntrico 12 de manera que éste tapa parcialmente los rayos láser, para proyectar una borde de sombra 32 sobre los sensores. Cada uno de los tres sensores 30 mide ahora la distancia 34 del borde exterior del objeto desde el punto cero 36. Un ordenador de evaluación conjunto lee estos tres valores de medida. Sin embargo, a causa de la iluminación tangencial del objeto, en contraposición con el uso de sensores de triangulación no se encuentra información acerca del lugar de contacto a lo largo del rayo láser respectivo. El círculo correspondiente se calcula como el círculo que se adapta tangencialmente a las rectas 38 que transcurren paralelas al rayo láser. Como se conocen los ángulos de las rectas 38 entre sí, a partir de estos datos se pueden determinar claramente las tres tangentes del círculo.

En una posición angular desconocida del cuerpo excéntrico que se tiene que medir, los escáneres láser

pueden girar alrededor de esta posición.

El dispositivo representado en las Fig. 6 y 7 consta de tres escáneres láser 40, 42, que están dispuestos a una separación angular regular alrededor del cuerpo excéntrico. Los escáneres láser poseen un láser 40, cuyo rayo láser en sucesión rápida se desplaza paralelamente a través del campo de medida y así ilumina una zona extensa del sensor 42. El cuerpo excéntrico 12 proyecta dos bordes de sombra 44 sobre el sensor 42. Como es especialmente evidente en la Fig. 7, en el dispositivo aparecen en total seis bordes de sombra con las respectivas rectas, que se encuentran en el cuerpo excéntrico 12 que se tiene que medir. No es necesario un ajuste del escáner láser en relación a la pieza de trabajo que se tiene que medir mientras la pieza de trabajo se encuentre completamente dentro del campo de luz de cada escáner láser. Sin embargo, en este procedimiento no es posible determinar correctamente el radio mínimo para un cuerpo excéntrico con lados cóncavos curvados hacia dentro.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la medición del diámetro y la excentricidad de productos circulares que se desplazan en su dirección longitudinal en trenes de laminado, con una instalación de medida de tres o más escáneres láser, que presentan cada uno un sensor (42) sensible a la luz y un láser (40), que está dirigido a una zona del sensor para la iluminación de ésta, proyectando la pieza de trabajo una sombra que se encuentra completamente dentro de la zona iluminada del sensor, que presenta los siguientes pasos del procedimiento:

- a partir de un borde de sombra (38, 44) que proyecta el producto circular sobre el sensor del escáner láser se calcula una recta situada en el borde exterior del producto circular, que transcurre paralela al rayo láser,

**caracterizado** porque

- cada tres rectas determinadas, una instalación de evaluación calcula un círculo en el que las rectas se encuentran como tangentes,
- el cálculo de un círculo se repite varias veces y
- a partir de los diámetros de círculo calculados se determina el diámetro y la excentricidad del producto circular, determinándose la excentricidad como diferencia del diámetro menor y el mayor.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la instalación de medida se hace girar alrededor del producto circular para la repetición de la medición.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque la medición del escáner láser de la instalación de medida se sigue de forma sincronizada con una señal activadora.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque la instalación de medida del escáner láser mide en diferentes instantes de tiempo y la instalación de evaluación determina un vector de movimiento del producto circular a partir

de varias mediciones.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque cuando se miden más de tres rectas no paralelas se usan tripletes completos de rectas para el cálculo de tangentes.

6. Dispositivo para la medición del diámetro y la excentricidad de productos circulares que se desplazan en su dirección longitudinal en trenes de laminado, con una instalación de evaluación con tres o más escáneres láser,

- que presentan cada uno un sensor (42) sensible a la luz y un láser (40), que está dirigido a una zona del sensor para la iluminación de ésta, proyectando la pieza de trabajo una sombra,
- que esencialmente están dispuestos entre sí a las mismas separaciones angulares,
- y cuyos rayos láser iluminan el producto circular (12) de manera que el producto circular, formando respectivamente mediante la formación de dos bordes de sombra, proyecta una sombra (44) completamente dentro de la zona iluminada del sensor (42) o el producto circular tapa parcialmente las zonas iluminadas de los sensores formando respectivamente un borde de sombra,

**caracterizado** porque

- la instalación de evaluación calcula un círculo para cada tres rectas determinadas, en el que las rectas se encuentran como tangentes,
- el cálculo de un círculo se repite varias veces y
- a partir de los diámetros de círculo calculados se determina el diámetro y la excentricidad del producto circular, determinándose la excentricidad como diferencia del diámetro menor y el mayor.

7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado** porque los escáneres láser se pueden girar en el plano que se extiende a través de sus rayos láser.

Fig. 1

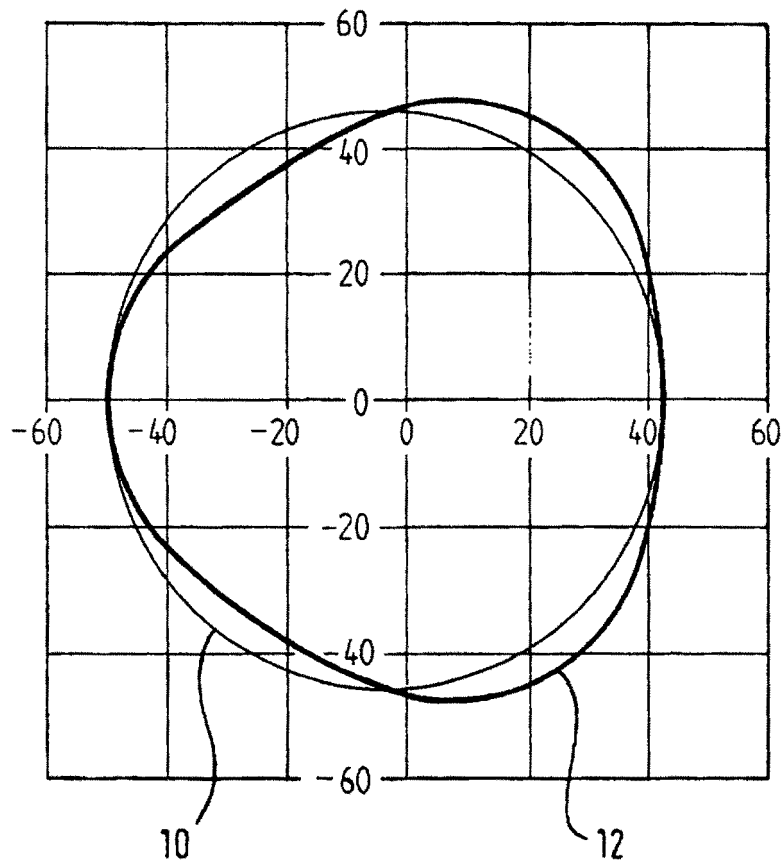


Fig. 2

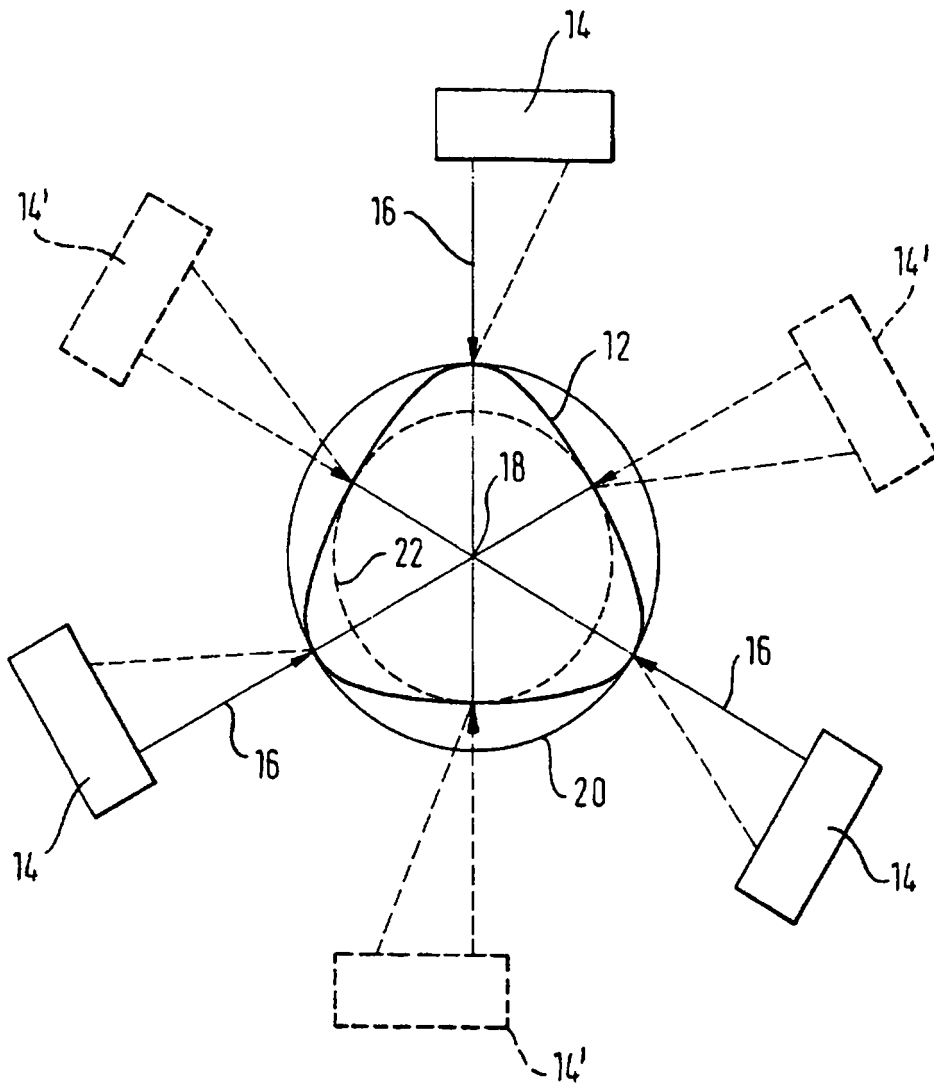


Fig. 3

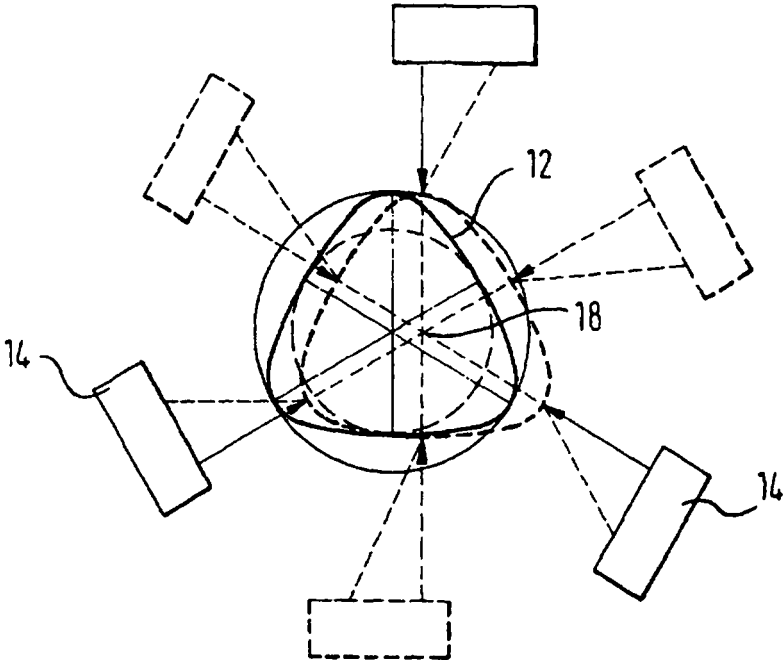


Fig. 4

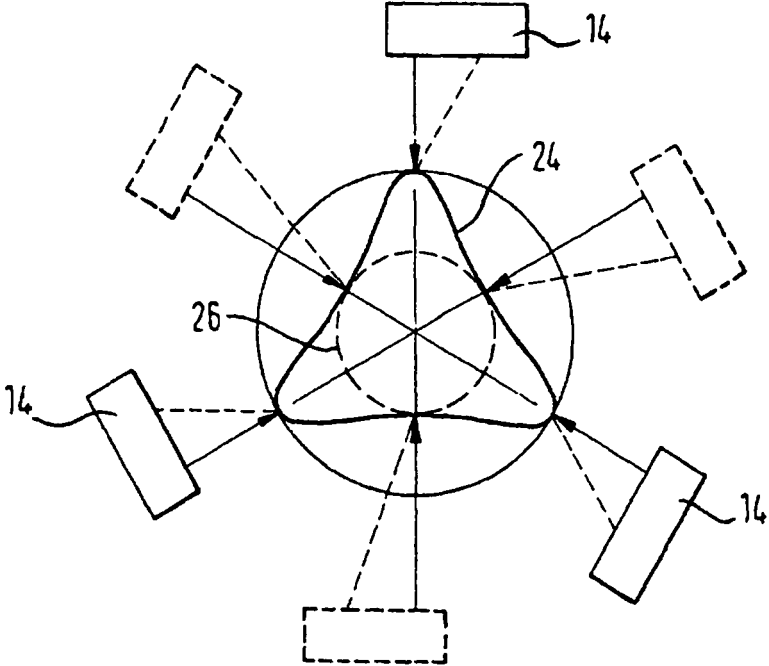




Fig. 5

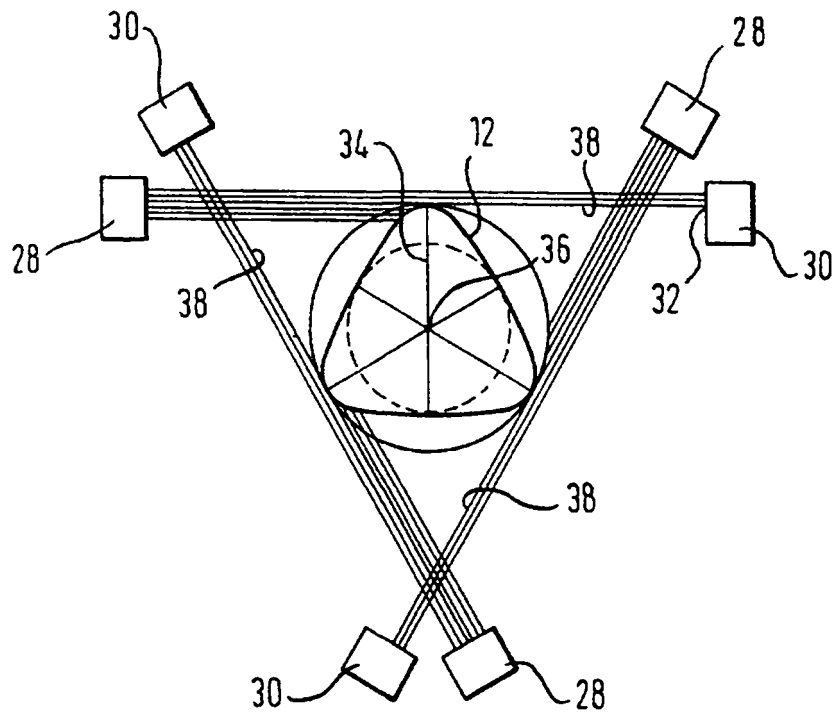


Fig. 6

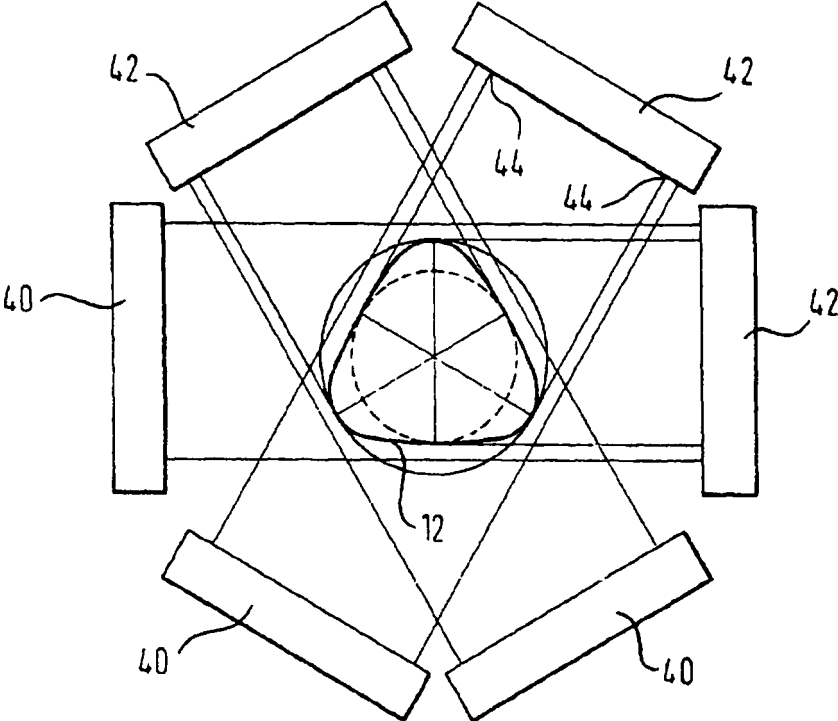


Fig. 7

