(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 751 223**

(21) Número de solicitud: 201930685

(51) Int. CI.:

G02B 5/10 (2006.01)
G21K 1/06 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

24.07.2019

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

30.03.2020

(71) Solicitantes:

CONSORCI PER A LA CONSTRUCCIO, EQUIPAMENT I EXPLOTACIO DEL LABORATORI DE LLUM DE SINCROTRO (100.0%)
Carrer de la Llum, 2-26
08290 CERDANYOLA DEL VALLES (Barcelona) ES

(72) Inventor/es:

GONZALEZ MARTINEZ DE LAPERA, Nahikari;
BENCHOMO GONZALEZ FERNANDEZ, Joaquin;
NICOLAS ROMAN, Josep;
COLLDELRAM PEROLIU, Carles y
RUGET, Claude

(74) Agente/Representante:

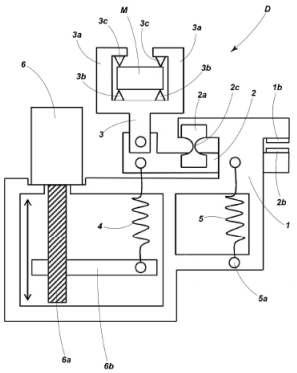
COCA TORRENS, Manuela

(54) Título: **DISPOSITIVO DE CORRECCIÓN DE CURVATURA DE ESPEJOS**

(57) Resumen:

Comprende medios (3, 3b, 3c) de contacto con un espejo (M), medios (6, 6a, 6b) de accionamiento para generar una fuerza aplicable en dichos medios (3, 3b, 3c) de contacto y un elemento oscilante (2) que oscila alrededor de una articulación (2a), estando asociado dicho elemento oscilante (2) a dichos medios (3, 3b, 3c) de contacto y a un muelle (4) de transmisión en estado estirado que conecta dicho elemento oscilante (2) y dichos medios (6, 6a, 6b) de accionamiento. Comprende un segundo muelle (5) en estado estirado que conecta el elemento oscilante (2) a un punto (5a) de soporte.

Fig. 3



ES 2 751 223 A1

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de corrección de curvatura de espejos.

Sector de la técnica.

La presente invención se refiere a un dispositivo de corrección de curvatura de espejos, especialmente espejos utilizados en aceleradores de partículas.

Estado de la técnica.

Algunos aceleradores de partículas suministran haces de fotones o de luz (normalmente, rayos X) a diversas estaciones experimentales (líneas de luz o 'beamlines', en inglés) que utilizan dichos haces de fotones para realizar investigaciones y ensayos en diversos campos, tales como biociencia, materia condensada o ciencia de materiales.

Cada línea de luz incluye una serie de elementos ópticos que convierten el haz de fotones emitido por la fuente de luz, que es divergente y de banda ancha, en un haz con las propiedades requeridas por la técnica experimental específica, que normalmente es monocromático y está enfocado.

Debido a que la reflexión mediante superficies curvadas es la manera más eficaz de enfocar estos haces de luz, se utilizan unos espejos curvados cóncavos especiales para llevar a cabo esta función.

Estos espejos se pulen en estado plano con un alto grado de precisión y, a continuación, el espejo se dispone en un dispositivo especial para curvar este tipo de espejos (conocido como 'bender', en inglés) que aplica un par en los extremos del espejo e introduce una deformación controlada en el espejo que permite conformarlo en la forma deseada (normalmente, elíptica) a partir de su forma plana original.

Una vez curvado, el espejo presenta una superficie cóncava en la que incide el haz de luz en un ángulo muy reducido y en la que el mismo es reflejado.

A pesar de ser fabricado con la mayor precisión posible, el espejo curvado presenta

desviaciones con respecto a su curvatura matemática ideal una vez ha sido curvado. Estas desviaciones provocan distorsiones en el frente de onda del haz de luz que es reflejado por el espejo, que pueden provocar una falta de homogeneidad del haz cuando el mismo llega a una muestra o un aumento del tamaño del haz en la ubicación enfocada.

Por lo tanto, es deseable corregir en la medida de lo posible estas desviaciones dimensionales del espejo para mejorar la calidad del haz de luz reflejado.

En la publicación de patente española ES 2 552 225 A1, de titularidad común con la presente solicitud de patente, y que se incorpora en su totalidad en la presente memoria a efectos de referencia, se da a conocer un dispositivo para curvar espejos que permite corregir las desviaciones dimensionales descritas anteriormente. El dispositivo de ES 2 552 225 A1 comprende dos soportes laterales en los que se apoyan los extremos de un espejo y unos empujadores correspondientes para curvar el espejo contra los soportes. El dispositivo también comprende al menos un dispositivo corrector desplazable entre los dos soportes laterales y que comprende medios de unión al espejo y medios de accionamiento para transmitir una fuerza a dichos medios de unión, comprendiendo dichos medios de accionamiento un mecanismo de accionamiento desplazable con respecto a dichos medios de unión y un muelle que conecta el mecanismo de accionamiento a dichos medios de unión, de modo que el muelle transmite una fuerza ejercida por el mecanismo de accionamiento a los medios de unión para deformar el espejo y corregir su curvatura y, de este modo, sus desviaciones dimensionales. El muelle está en estado estirado en cualquier posición operativa del mecanismo de accionamiento con respecto a los medios de unión.

El dispositivo de ES 2 552 225 A1 presenta la ventaja de que utiliza un muelle en estado estirado para transmitir la fuerza ejercida por un mecanismo de accionamiento al espejo para deformarlo y corregir su curvatura. Tal como se explica en ES 2 552 225 A1, las soluciones de la técnica anterior utilizaban muelles en estado comprimido para transmitir la fuerza ejercida por un mecanismo de accionamiento al espejo, a efectos de mejorar la resolución de la fuerza que era posible aplicar en el espejo para corregir su curvatura. Un muelle estirado o que trabaja a tracción es intrínsecamente más estable que un muelle en estado comprimido, que puede sufrir un efecto de pandeo, de modo que es posible aplicar fuerzas en el espejo con una resolución superior a la obtenida con los muelles de compresión y obtener una mayor repetibilidad de los valores de fuerza aplicados por el

muelle al utilizarlo para realizar mediciones en distintos espejos o en distintas ubicaciones.

No obstante, el dispositivo corrector descrito en ES 2 552 225 A1 presenta el inconveniente de que, a efectos de ejercer mediante el mismo una fuerza en direcciones opuestas sobre una zona del espejo, es decir, para deformarlo y corregir su curvatura en una u otra dirección, es necesario cambiar la posición del muelle S entre una primera posición y una segunda posición (ver Figs. 6a y 6b en ES 2 552 225 A1, respectivamente). Esto requiere la intervención de un operario, que debe actuar directamente sobre el dispositivo para disponer el muelle en una u otra posición. Teniendo en cuenta que el dispositivo estará casi siempre instalado durante su uso en entornos aislados de vacío o ultra-alto vacío, la intervención de un operario para modificar la dirección de la fuerza aplicada en el espejo supondrá desmontar parte del dispositivo del espejo, extraer esta parte del dispositivo del entorno de vacío o ultra-alto vacío, realizar las modificaciones necesarias y volver a introducirla en el entorno de vacío o ultra-alto vacío y montarla en el espejo.

Esto supone invertir una gran cantidad de tiempo en las operaciones de montaje y desmontaje del dispositivo, en la manipulación del muelle y en el ajuste del dispositivo cada vez que se monta de nuevo en un espejo.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, sería deseable un dispositivo de corrección de curvatura de espejos del tipo descrito en ES 2 552 225 A1, pero que permita ejercer sobre una zona determinada del espejo fuerzas en direcciones opuestas sin tener que desmontarlo del espejo y sin tener que disponer el muelle en una de las dos posiciones funcionales.

Explicación de la invención

El objetivo de la presente invención consiste en solventar los inconvenientes que presentan los dispositivos conocidos en la técnica, dando a conocer un dispositivo de corrección de curvatura de espejos, que comprende medios de contacto con un espejo, medios de accionamiento para generar una fuerza aplicable en dichos medios de contacto y un elemento oscilante que oscila alrededor de una articulación, estando asociado dicho elemento oscilante a dichos medios de contacto y a un muelle de transmisión en estado estirado que conecta dicho elemento oscilante y dichos medios de accionamiento,

caracterizado por el hecho de que comprende un segundo muelle en estado estirado que conecta el elemento oscilante a un punto de soporte.

Preferiblemente, los muelles son muelles de tipo helicoidal. También preferiblemente, la constante elástica del muelle de transmisión y la constante elástica del segundo muelle son sustancialmente iguales.

Ventajosamente, el elemento oscilante está asociado, en una primera parte del mismo dispuesta a un lado de la articulación, a uno de los muelles y a los medios de contacto y, en una segunda parte del mismo dispuesta al lado opuesto de la articulación, al otro muelle.

Preferiblemente, el muelle de transmisión comprende un primer extremo asociado a la primera parte del elemento oscilante y un segundo extremo asociado a los medios de accionamiento, comprendiendo dichos medios de accionamiento un mecanismo que permite desplazar dicho segundo extremo del muelle de transmisión.

También preferiblemente, el segundo muelle comprende un primer extremo asociado a la segunda parte del elemento oscilante y un segundo extremo asociado a un punto de soporte asociado al dispositivo.

Gracias a esta configuración, la aplicación de fuerza sobre el espejo se lleva a cabo combinando la acción de dos muelles que están siempre en estado estirado y que ejercen cada uno una fuerza correspondiente en sentido opuesto sobre el espejo, tal como se explicará de forma más detallada más adelante.

De esta manera, el dispositivo de la presente invención permite ejercer fuerzas de magnitud variable y en direcciones opuestas sobre un espejo para deformarlo y corregir localmente su curvatura sin que sea necesario cambiar la posición de un muelle dependiendo de si se desea aplicar una fuerza en el espejo en una u otra dirección y, de este modo, sin que sea necesario desmontar y extraer el dispositivo de un entorno de vacío o ultra-alto para llevar a cabo esta operación, tal como sucedía en el dispositivo descrito en ES 2 552 225 A1.

Ventajosamente, la articulación comprende una pieza que incluye una zona deformable

elásticamente cuya deformación permite la oscilación del elemento oscilante alrededor de dicha zona deformable elásticamente.

Este tipo de articulación permite obtener una ausencia de juegos y una resistencia mínima al movimiento de giro del elemento oscilante alrededor de la misma, mejorando por lo tanto la precisión del dispositivo.

También ventajosamente, el dispositivo comprende al menos un primer elemento magnético asociado al elemento oscilante y al menos un segundo elemento magnético asociado a una parte fija del dispositivo, estando dispuestos dichos elementos magnéticos para interactuar entre sí.

La presencia de dichos elementos magnéticos tiene la doble función de compensar las fuerzas de resistencia a la flexión de la articulación, de modo que dicha articulación sea una articulación que presenta una resistencia prácticamente nula al giro dentro de un intervalo angular, y de eliminar las variaciones en la aplicación de fuerza por parte de los muelles debidas a cambios en la posición del punto de contacto entre los medios de contacto con el espejo y el espejo, tal como se explicará de forma más detallada más adelante.

Preferiblemente, los medios de contacto comprenden medios de apoyo para contactar con una de las caras del espejo y medios de apoyo para contactar con la cara opuesta del espejo. También preferiblemente, los medios de apoyo comprenden al menos un rodamiento para contactar con el espejo.

El uso de rodamientos elimina la introducción de cualquier fuerza en el espejo que no sea perpendicular con respecto al plano definido por las dos caras principales del espejo y que podría deformar de manera no deseada el espejo y afectar a la precisión de la corrección del espejo.

Breve descripción del contenido de los dibujos.

Con el fin de facilitar la descripción de cuanto se ha expuesto anteriormente se adjuntan unos dibujos en los que, esquemáticamente y tan sólo a título de ejemplo no limitativo, se representa un caso práctico de realización del dispositivo de corrección de curvatura de

espejos de la invención, en los cuales:

la Fig. 1 es una vista en perspectiva de un dispositivo para curvar espejos que incluye tres dispositivos de corrección de curvatura de espejos según la presente invención;

la Fig. 2 es una vista en perspectiva de un dispositivo de corrección de curvatura de espejos según la presente invención; y

la Fig. 3 es una vista esquemática simplificada del dispositivo mostrado en la Fig. 2.

Exposición detallada de modos de realización de la invención.

En la Fig. 1 se muestra un dispositivo para curvar espejos, indicado como B, que soporta un espejo M que presenta una forma estrecha y alargada y que está apoyado por sus dos extremos libres en unos soportes laterales S del dispositivo B. El dispositivo B permite doblar el espejo M mediante unos empujadores P correspondientes situados junto a los soportes laterales S, sobre el espejo M, situados más hacia el centro del dispositivo B que los soportes laterales S. Estos empujadores P aplican una fuerza dirigida hacia abajo, de modo que el espejo M, apoyado en los soportes laterales S, se curva o flexiona hacia abajo, adquiriendo una configuración más o menos cóncava dependiendo de la fuerza aplicada por los empujadores P.

Las características y el funcionamiento del dispositivo B solamente se describirán de forma somera en la presente memoria, ya que no es necesaria una descripción detallada del mismo a efectos del objeto de la invención. Se hace referencia nuevamente al documento ES 2 552 225, en el que puede encontrarse una descripción más detallada de este tipo de dispositivo.

Tal como puede observarse, el dispositivo B comprende en el ejemplo mostrado en la Fig. 1 tres dispositivos D de corrección de curvatura de espejos según la presente invención. La función de estos dispositivos D consiste en corregir las posibles desviaciones dimensionales del espejo M con respecto a su forma matemática ideal una vez ha sido curvado mediante el dispositivo B.

Cada dispositivo D puede disponerse en una posición fija con respecto al dispositivo B a

lo largo del mismo y del espejo M para deformar el espejo M en una zona deseada del mismo. La fijación del dispositivo D con respecto al dispositivo B se lleva a cabo mediante tornillos que unen uno de los laterales del dispositivo D (oculto en las figuras) a una de las paredes laterales B1 del dispositivo B a través de unos orificios correspondientes. El número y la posición longitudinal de los dispositivos D pueden ser distintos a lo mostrado en la Fig. 1.

Haciendo referencia también de forma específica a las Figs. 2 y 3, a continuación se describirá de forma detallada el dispositivo D de corrección de curvatura de espejos de la presente invención.

El dispositivo D comprende un bastidor 1 que, tal como se ha mencionado anteriormente, puede fijarse en cualquier posición fija con respecto al dispositivo B a lo largo del mismo.

El dispositivo D también comprende una barra oscilante 2 horizontal articulada con respecto al bastidor 1 mediante una articulación 2a. La barra oscilante 2 está articulada (por ejemplo, mediante un rodamiento) por un extremo libre dispuesto a un lado de la articulación 2a (lado izquierdo en las Figs. 2 y 3) a una horquilla 3 que se extiende verticalmente hacia arriba y al extremo superior de un muelle 4 de transmisión helicoidal que se extiende verticalmente hacia abajo. Los puntos de conexión de la horquilla 3 y del muelle 4 de transmisión a la barra oscilante 2 están dispuestos sustancialmente alineados entre sí verticalmente. La barra oscilante 2 también está conectada en un punto dispuesto a un lado opuesto de la articulación 2a (lado derecho en las Figs. 2 y 3) al extremo superior de un segundo muelle helicoidal 5. La barra oscilante 2 comprende en su otro extremo libre (lado derecho), en la superficie superior de la barra 2, un elemento magnético 2b dispuesto para interactuar con otro elemento magnético 1b unido a una parte en voladizo del bastidor 1 y dispuesto enfrentado a dicho elemento magnético 2b a cierta distancia del mismo.

Haciendo referencia nuevamente a la articulación 2a, puede observarse que la misma comprende una pieza en forma de placa con un estrechamiento central 2c. El estrechamiento 2c divide la articulación 2a en dos mitades, estando asociada una de las mitades a la barra oscilante 2 y estando asociada la otra mitad al bastidor 1. Dicho estrechamiento 2c es deformable elásticamente a flexión, y funciona como punto o eje de articulación de la articulación 2a y, por lo tanto, de la barra oscilante 2, a modo de bisagra

elástica. Este tipo de articulación 2 permite obtener una rigidez total en todas las dimensiones menos en el eje de articulación, así como una resistencia mínima al giro de los elementos articulados.

La horquilla 3 comprende una parte inferior conectada de forma articulada al extremo libre de la barra oscilante 2 y una parte superior que comprende dos brazos 3a que se extienden junto a las partes laterales del espejo M. Cada brazo 3a comprende un apoyo 3b que contacta con la cara inferior del espejo M y otro apoyo 3c que contacta con la cara superior del espejo M, de modo que dos apoyos 3b están en contacto con la cara inferior del espejo M y otros dos apoyos 3c están en contacto con la cara superior del espejo M. Tal como puede observarse en la Fig. 2 (en la que no se ha representado el espejo a efectos de claridad), dichos apoyos 3b, 3c son rodamientos, lo que permite aplicar una fuerza puramente perpendicular con respecto al plano definido por las dos caras principales del espejo y evitar la presencia de fuerzas laterales que podrían deformar el espejo M de forma no deseada. La horquilla 3 puede comprender un sistema que permite modificar la distancia entre los apoyos 3c y los apoyos 3b para adaptarlos a espejos con distintos espesores (o distancias entre sus caras superior e inferior).

El dispositivo D también comprende un mecanismo de accionamiento que comprende un motor eléctrico 6 fijado al bastidor 1 que hace girar un husillo 6a que se extiende en dirección vertical y en paralelo con respecto al muelle 4 de transmisión. Un elemento 6b de tuerca está enroscado al husillo 6a sin capacidad de giro, de modo que, cuando el motor eléctrico 6 hace girar el husillo 6a en un sentido o en un sentido contrario, el elemento 6b de tuerca se desplaza hacia arriba o hacia abajo, tal como indican las flechas de dirección en la Fig. 3. El muelle 4 de transmisión está conectado por su extremo inferior al elemento 6b de tuerca.

El segundo muelle 5 está conectado por su extremo inferior a un punto 5a de soporte asociado al bastidor 1. El punto 5a de soporte es fijo con respecto al bastidor 1 durante el funcionamiento del dispositivo D, aunque es posible modificar previamente su posición vertical mediante un mecanismo 5b de tornillo (ver Fig. 2), a efectos de regular y ajustar el grado de estiramiento del segundo muelle 5.

Ambos muelles 4 y 5 están en un estado estirado en todo momento, de modo que el muelle 4 de transmisión ejerce una fuerza dirigida hacia abajo sobre el extremo libre de la

barra oscilante 2 dispuesto al lado izquierdo de la articulación 2a y, por lo tanto, sobre la horquilla 3, de modo que los apoyos 3c también ejercen una fuerza dirigida hacia abajo sobre la cara superior del espejo M, y el segundo muelle 5 de transmisión ejerce una fuerza dirigida hacia abajo sobre el punto de conexión a la barra oscilante 2 dispuesto al lado derecho de la articulación 2a que, a través de dicha articulación 2a y del efecto de palanca de la barra oscilante 2, se transforma en una fuerza dirigida hacia arriba ejercida por la horquilla 3 y por los apoyos 3b sobre la cara inferior del espejo M.

En otras palabras, el muelle 4 de transmisión permite aplicar una fuerza en una zona específica del espejo M en una dirección (hacia abajo) y el segundo muelle 5 permite aplicar una fuerza en dicha zona en una dirección opuesta (hacia arriba).

De este modo, el funcionamiento del dispositivo D de la presente invención se basa en combinar la fuerza aplicada por ambos muelles 4, 5 para aplicar una fuerza determinada sobre el espejo M a efectos de deformarlo y corregir posibles desviaciones dimensionales del mismo. Gracias a esta combinación, es posible aplicar fuerzas de distinta magnitud y de distinto sentido sobre una zona determinada del espejo M.

Tal como se ha descrito anteriormente, el muelle 4 de transmisión está conectado por su extremo superior a un punto de conexión de la barra oscilante 2 alineado verticalmente con el punto de conexión entre la barra oscilante 2 y la horquilla 3 y está conectado por su extremo inferior al elemento de tuerca 6b. De esta manera, el desplazamiento hacia arriba del elemento 6b de tuerca disminuye el grado de estiramiento del muelle 4 de transmisión y el desplazamiento hacia abajo del elemento 6b de tuerca aumenta el grado de estiramiento del muelle 4 de transmisión. Un mayor estiramiento del muelle 4 de transmisión se corresponde con una mayor fuerza dirigida hacia abajo aplicada sobre uno de los lados de la barra oscilante 2, sobre la horquilla 3, sobre los apoyos 3c y, en consecuencia, sobre la cara superior del espejo M. A la inversa, un menor estiramiento del muelle 4 de transmisión se corresponde con una menor fuerza dirigida hacia abajo aplicada sobre dichos elementos.

El segundo muelle 5 permanece fijo durante el funcionamiento del dispositivo D, es decir, ejerce una fuerza sustancialmente constante e invariable sobre el lado opuesto de la barra oscilante 2 y, por lo tanto, una fuerza sustancialmente constante e invariable dirigida hacia arriba sobre la horquilla 3, sobre los apoyos 3b y sobre la cara inferior del espejo M. Tal

como se ha descrito anteriormente, es posible modificar en cierto grado el estiramiento previo del segundo muelle 5 mediante el mecanismo 5b de tornillo, que desplaza el extremo inferior del segundo muelle 5 verticalmente para realizar ajustes en la fuerza constante que aplicará dicho muelle 5.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, a continuación se describirá una serie de ejemplos prácticos de aplicación de diferentes fuerzas en un espejo M mediante el dispositivo D de corrección de curvatura de espejos de la presente invención a efectos de corregir su curvatura.

Se selecciona un muelle 4 de transmisión y un segundo muelle 5 con las características deseadas. El segundo muelle 5 se dispone en estado estirado en el dispositivo D tal como se muestra en las figuras 2 y 3, y mediante el mecanismo 5b de tornillo se ajusta de modo que ejerce una fuerza constante de 20 N dirigida hacia arriba sobre la horquilla 3. El muelle 4 de transmisión también se dispone en estado estirado en el dispositivo D. La fuerza dirigida hacia abajo que ejerce el muelle 4 de transmisión sobre la horquilla 3 dependerá de su grado de estiramiento, es decir, de la posición del elemento 6b de tuerca.

De este modo, por ejemplo, si se desea aplicar una fuerza de 15 N dirigida hacia arriba sobre la superficie inferior del espejo M, el muelle 4 de transmisión se estirará hasta un estado en el que el mismo ejerza una fuerza de 5 N dirigida hacia abajo sobre la horquilla 3.

Si se desea aplicar una fuerza de 15 N dirigida hacia abajo sobre la superficie superior del espejo M, el muelle de transmisión se estirará hasta un estado en el que el mismo ejerza una fuerza de 35 N dirigida hacia abajo sobre la horquilla 3.

Puede observarse que, en el ejemplo descrito, el intervalo de fuerzas aplicables en el espejo M podría variarse entre +20 N (fuerza dirigida hacia arriba), que es la fuerza ejercida por el segundo muelle 5 sobre la horquilla 3, y la fuerza resultante de sumar la fuerza ejercida por el muelle 4 de transmisión y la fuerza ejercida por el segundo muelle 5 sobre la horquilla 3. En este caso, por ejemplo, si la fuerza máxima en estado de estiramiento máximo que puede ejercer el muelle 4 de transmisión sobre la horquilla 3 es de -40 N, la fuerza resultante sería igual a -20 N (fuerza dirigida hacia abajo), de

modo que el intervalo de aplicación de fuerzas es de -20 N a +20 N.

Es posible modificar el intervalo de fuerzas aplicables en el espejo M modificando la fuerza que el muelle 4 de transmisión y el segundo muelle 5 son capaces de ejercer sobre el espejo M (por ejemplo, seleccionando un muelle 4 y un muelle 5 más o menos rígidos). Por ejemplo, es posible usar un segundo muelle 5 que es capaz de ejercer una fuerza constante de 30 N dirigida hacia arriba sobre la superficie inferior del espejo M y usar un muelle 4 de transmisión que es capaz de ejercer una fuerza máxima de 60 N dirigida hacia abajo sobre la superficie superior del espejo M, obteniéndose de este modo un intervalo de aplicación de fuerzas de -30 N a +30 N. También sería posible modificar el estiramiento previo del segundo muelle 5 mediante el mecanismo 5b, de modo que, por ejemplo, el segundo muelle 5 ejerza una fuerza de +30 N en vez de +20 N. Con respecto al ejemplo descrito anteriormente, el intervalo de fuerzas aplicables en el espejo M se desplazaría de [-20 N, +20 N] a [-10 N, +30 N].

También debe observarse que el muelle 4 de transmisión estará en todo momento en estado estirado, de manera que incluso cuando se aplica la fuerza nominal máxima sobre el espejo M mediante el segundo muelle 5 (en el ejemplo anterior, +20 N), el muelle 4 de transmisión seguirá estirado, ejerciendo una fuerza mínima compensada por una fuerza equivalente mínima adicional ejercida por el segundo muelle 5.

A partir de lo anteriormente expuesto, puede observarse que el dispositivo D de la presente invención permite ejercer fuerzas en sentido opuesto en una zona del espejo M para corregir las posibles desviaciones dimensionales del mismo con respecto a su forma matemática ideal sin que sea necesaria la intervención de un operario para cambiar la posición de los muelles y sin desmontar el dispositivo D del espejo asociado. La aplicación de fuerzas de distinto sentido sobre el espejo M se lleva a cabo simplemente estirando el muelle 4 de transmisión en mayor o menor medida, a través del motor 6 que desplaza el elemento 6b de tuerca.

Además, el dispositivo D de la presente invención no solamente permite corregir in situ (en su entorno de trabajo) posibles desviaciones dimensionales del espejo M debidas a su configuración, sino que también permite corregir desviaciones dimensionales de la superficie del espejo M debidas a los cambios de temperatura que se producen mientras está siendo utilizado, causados por la fracción de luz absorbida por el espejo.

A continuación se hace referencia a los elementos magnéticos 1b, 2b y, nuevamente, a la articulación 2a.

El uso de los elementos magnéticos 1b, 2b tiene como objetivo cumplir dos funciones.

En primer lugar, los elementos magnéticos 1b, 2b permiten compensar la resistencia a la deformación del estrechamiento 2c de la articulación 2a durante su funcionamiento, introduciendo un par creado por la interacción de los elementos magnéticos 1b, 2b en la articulación 2a. Este par introducido por los elementos magnéticos permite obtener un intervalo angular dentro del que la articulación 2a presenta una resistencia al giro prácticamente nula. De esta manera, se obtiene una articulación 2a que, además de ser rígida en todas las dimensiones con la excepción de en el eje de articulación, a diferencia, por ejemplo, de un rodamiento, que presenta cierto juego lateral, también presenta una resistencia prácticamente inexistente al giro de los elementos articulados, de modo que la aplicación de fuerza sobre el espejo M mediante el dispositivo D es más precisa y repetible. Se hace referencia a la publicación de patente española ES 2 599 398 A1, de titularidad común con la presente solicitud de patente, en la que puede encontrarse una descripción detallada de este sistema de articulación, y que se incorpora en su totalidad en la presente memoria a efectos de referencia.

En segundo lugar, los elementos magnéticos 1b, 2b también tienen la función de eliminar las variaciones en la aplicación de fuerza sobre el espejo M por parte de los muelles 4, 5 cuando se producen desplazamientos relativos entre el dispositivo D de la invención y el espejo M, sean éstos provocados por derivas mecánicas o cambios en la curvatura general del espejo M. En tal caso, es posible que los puntos 3b, 3c de apoyo se desplacen debido a variaciones dimensionales del espejo M, lo que provocaría una deformación correspondiente de los muelles 3, 4, que ejercerían unas fuerzas diferentes a las aplicadas previamente en el espejo M. Gracias a la interacción de los elementos magnéticos 1b, 2b, es posible compensar el efecto producido por el desplazamiento de los puntos 3b, 3c de apoyo, haciendo que la aplicación de fuerza por parte de los muelles 4, 5 sea prácticamente insensible (variación inferior a 0,01 N) a dicho desplazamiento en un intervalo de desplazamiento de ± 0,5 mm de los puntos 3b, 3c de apoyo. De esta manera, los elementos magnéticos 1b, 2b estabilizan la fuerza aplicada con respecto a derivas térmicas y cambios de la curvatura general del espejo M. Además, la estabilización

obtenida mediante este sistema permite el uso de muelles 4, 5 más rígidos y, por lo tanto, más cortos, lo que permite a su vez reducir la altura del dispositivo D y, de este modo, su tamaño. Esta reducción de tamaño resulta importante, ya que el dispositivo D se utiliza normalmente en ubicaciones (cámaras de vacío) con poco espacio disponible. Se hace referencia a la publicación de patente española ES 2 603 655 A1, de titularidad común con la presente solicitud de patente, en la que puede encontrarse una descripción detallada de este sistema de estabilización, y que se incorpora en su totalidad en la presente memoria a efectos de referencia.

Aunque en la realización mostrada se utilizan dos elementos magnéticos que interactúan entre sí atraídos mutuamente, sería posible utilizar otras configuraciones de elementos magnéticos con interacciones diferentes y con un número diferente de elementos magnéticos.

Asimismo, la articulación 2a también podría tener una configuración diferente a la descrita anteriormente (p. ej., rodamientos especiales), aunque una configuración de articulación flexible resulta preferible por sus óptimas características de rigidez, bajo rozamiento y sencillez (también sería posible usar articulaciones de tipo casquillo flexible).

Preferiblemente, todos los puntos de conexión de los muelles 4, 5 a otras piezas (barra oscilante 2, mecanismo 5b, elemento 6b de tuerca) estarán articulados mediante sistemas de bajo rozamiento (por ejemplo, mediante rodamientos especiales), a efectos de eliminar fuerzas de torsión en dichos puntos de conexión.

Sería posible utilizar una configuración del dispositivo D en la que el muelle 4 de accionamiento (y el mecanismo 6, 6a, 6b correspondiente) y el segundo muelle 5 (y el punto 5a de soporte correspondiente) están conectados a los lados opuestos de la barra oscilante 2, es decir, invertir su posición, aunque la configuración mostrada en la realización descrita resulta preferible.

Todos los componentes mecánicos del dispositivo D de la presente invención están diseñados para funcionar en entornos de vacío o ultra-alto vacío, de modo que pueden funcionar de manera fiable y continua en los entornos en los que suelen estar instalados los espejos a deformar.

Debe observarse que es preferible que ambos muelles 4, 5 tengan la misma constante elástica. El dispositivo D de la invención puede estar instalado en entornos en los que se producen cambios de temperatura que pueden provocar cambios dimensionales en dicho dispositivo D (esencialmente en el bastidor 1) por dilatación o contracción. Estos cambios dimensionales podrían provocar un cambio en la elongación de cada muelle 4, 5 y, de este modo, una variación en la fuerza aplicada por cada uno de los mismos, lo cual no resulta deseable para el funcionamiento estable del dispositivo D. Si los dos muelles 4, 5 tienen la misma constante elástica, el efecto de los cambios dimensionales en el bastidor 1 sobre un muelle se verá esencialmente compensado por el efecto de los cambios dimensionales en el bastidor 1 sobre el otro muelle, que actúa en sentido contrario, especialmente si ambos muelles tienen una longitud similar o equivalente.

Los muelles 4, 5 tendrán preferiblemente una configuración helicoidal, aunque pueden tener otras configuraciones alternativas, siempre y cuando trabajen en todo momento a tracción o en estado estirado.

El mecanismo (6, 6a, 6b) de accionamiento del dispositivo D puede ser distinto al de la realización mostrada, por ejemplo, la unión entre el husillo y el elemento de tuerca puede ser por enroscamiento o mediante bolas, o el mecanismo puede ser un mecanismo hidráulico, etc.

La combinación de elementos descritos anteriormente permite obtener un dispositivo D de corrección de curvatura de espejos que puede ser utilizado en entornos de vacío o ultra-alto vacío sin necesidad de extraerlo de los mismos para ajustarlo a efectos de aplicar sobre el espejo fuerzas en sentido opuesto, con un tamaño reducido, de gran precisión (gracias al uso de muelles estirados que trabajan a tracción y a los rozamientos mínimos es posible aplicar fuerzas de corrección con una resolución inferior a 0,01 N) y con una gran repetibilidad.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (D) de corrección de curvatura de espejos (M), que comprende medios (3, 3b, 3c) de contacto con un espejo (M), medios (6, 6a, 6b) de accionamiento para generar una fuerza aplicable en dichos medios (3, 3b, 3c) de contacto y un elemento oscilante (2) que oscila alrededor de una articulación (2a), estando asociado dicho elemento oscilante (2) a dichos medios (3, 3b, 3c) de contacto y a un muelle (4) de transmisión en estado estirado que conecta dicho elemento oscilante (2) y dichos medios (6, 6a, 6b) de accionamiento, **caracterizado por el hecho de que** comprende un segundo muelle (5) en estado estirado que conecta el elemento oscilante (2) a un punto (5a) de soporte.

2. Dispositivo (D) según la reivindicación 1, en donde los muelles (4, 5) son muelles de tipo helicoidal.

3. Dispositivo (D) según la reivindicación 1 o 2, en donde la constante elástica del muelle (4) de transmisión y la constante elástica del segundo muelle (5) son sustancialmente iguales.

4. Dispositivo (D) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el elemento oscilante (2) está asociado, en una primera parte del mismo dispuesta a un lado de la articulación (2a), a uno de los muelles y a los medios (3, 3b, 3c) de contacto y, en una segunda parte del mismo dispuesta al lado opuesto de la articulación (2a), al otro muelle.

5. Dispositivo (D) según la reivindicación 4, en donde el muelle (4) de transmisión comprende un primer extremo asociado a la primera parte del elemento oscilante (2) y un segundo extremo asociado a los medios (6, 6a, 6b) de accionamiento, comprendiendo dichos medios (6, 6a, 6b) de accionamiento un mecanismo que permite desplazar dicho segundo extremo del muelle (4) de transmisión.

6. Dispositivo (D) según la reivindicación 4, en donde el segundo muelle (5) comprende un primer extremo asociado a la segunda parte del elemento oscilante (2) y un segundo extremo asociado a un punto (5a) de soporte asociado al dispositivo (D).

7. Dispositivo (D) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la articulación (2a) comprende una pieza que incluye una zona (2c) deformable elásticamente cuya deformación permite la oscilación del elemento oscilante (2)

alrededor de dicha zona (2c) deformable elásticamente.

8. Dispositivo (D) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo (D) comprende al menos un primer elemento magnético (2b) asociado al elemento oscilante y al menos un segundo elemento magnético (1b) asociado a una parte fija del dispositivo (D), estando dispuestos dichos elementos magnéticos (1a, 1b) para interactuar entre sí.

9. Dispositivo (D) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los medios (3, 3b, 3c) de contacto comprenden medios (3b, 3c) de apoyo para contactar con una de las caras del espejo (M) y medios (3b, 3c) de apoyo para contactar con la cara opuesta del espejo (M).

10. Dispositivo (D) según la reivindicación 9, en donde los medios (3b, 3c) de apoyo comprenden al menos un rodamiento para contactar con el espejo (M).

Fig. 1

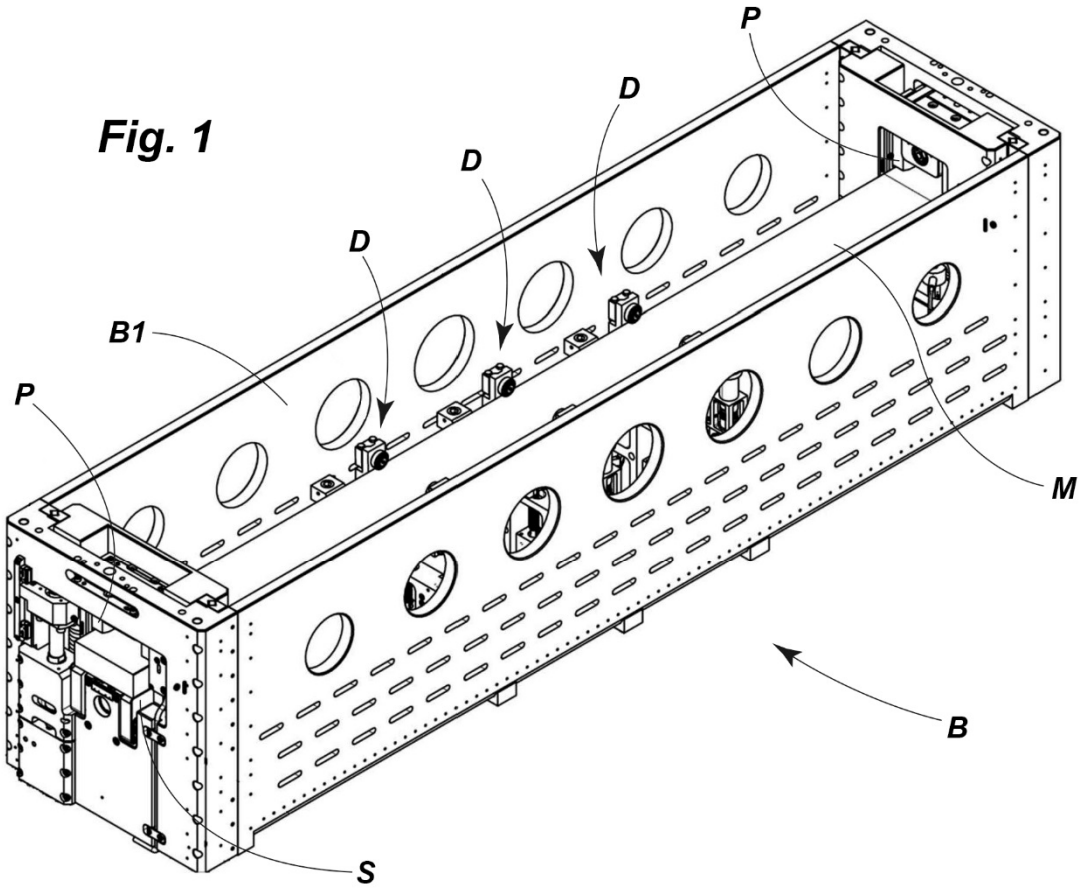


Fig. 2

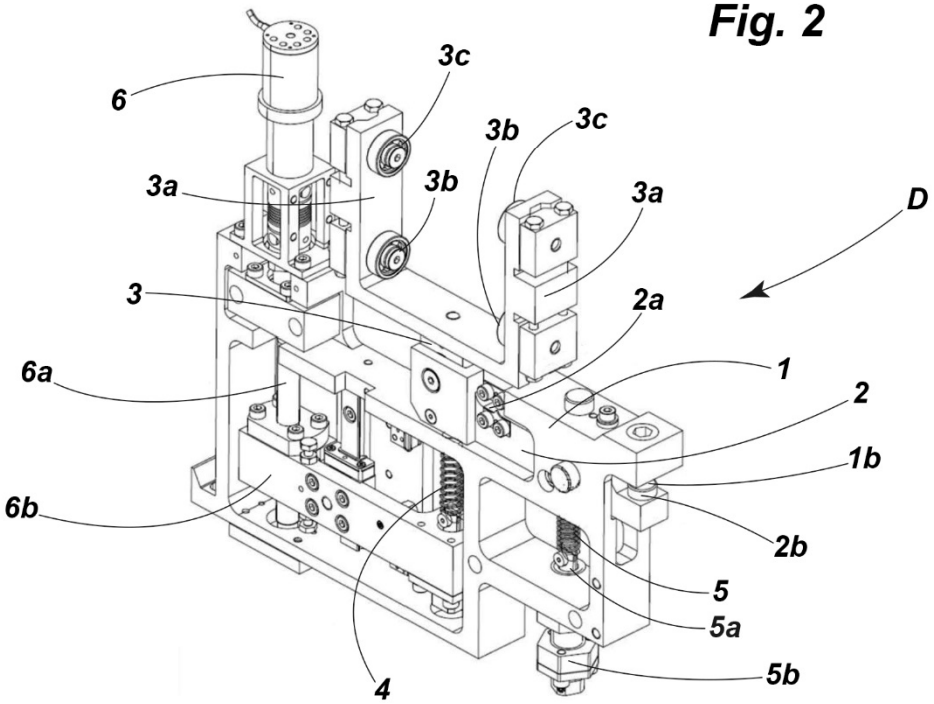
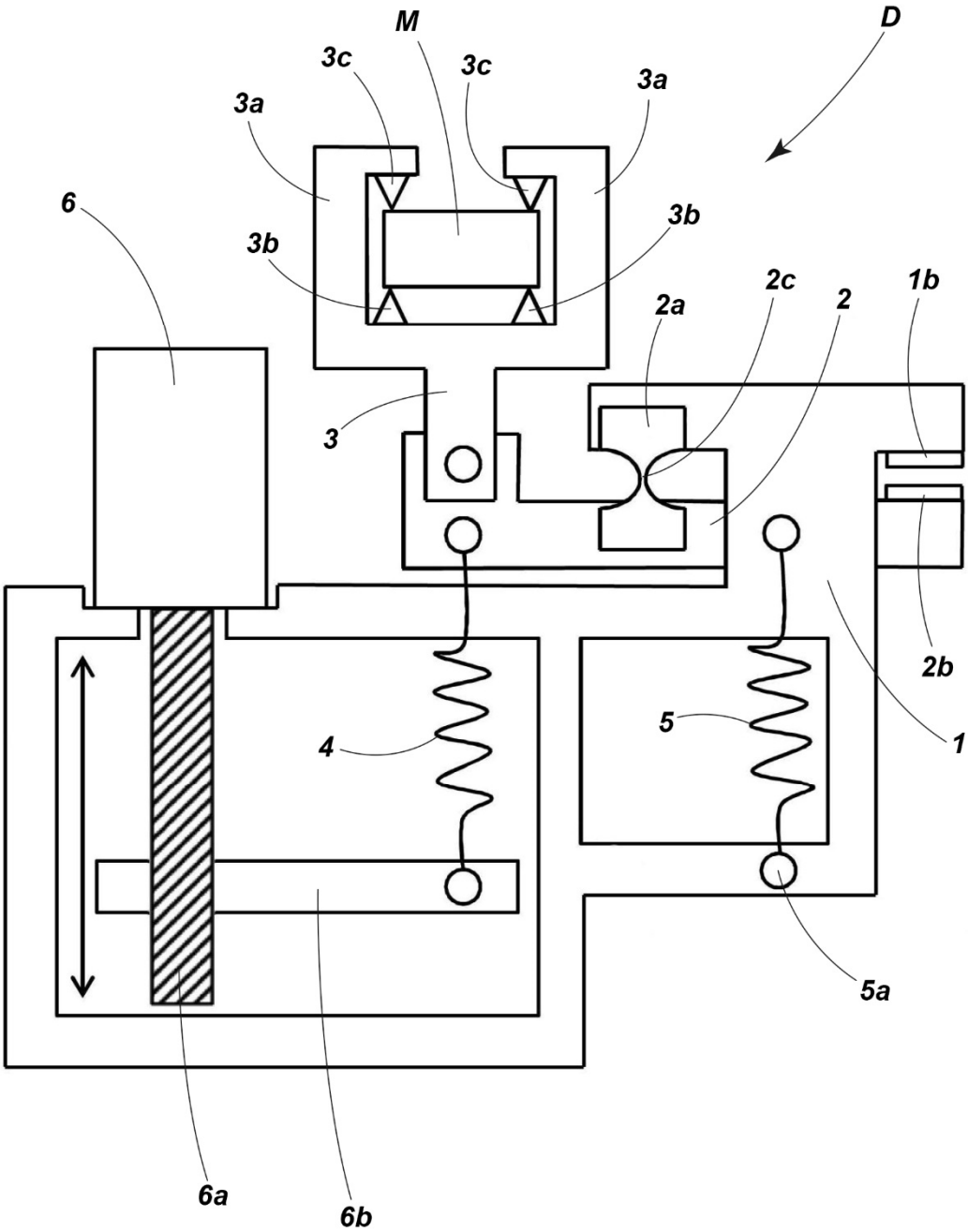


Fig. 3



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201930685

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 24.07.2019

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** ***G02B5/10*** (2006.01)
G21K1/06 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) **Documentos citados**	**Reivindicaciones afectadas**
A	ES 2603655 A1 (CONSORCI PER A LA CONSTRUCCIÓ, EQUIPAMENT I EXPLOTACIÓ DEL LABORATORI DE LLUM DE SINCROTRÓ) 28/02/2017, Todo el documento.	1, 2, 4-6, 8, 10
A	ES 2552225 A1 (CONSORCI PER A LA CONSTRUCCIÓ, EQUIPAMENT I EXPLOTACIÓ DEL LABORATORI DE LLUM DE SINCROTRÓ) 26/11/2015, resumen; página 3, línea 18 - página 5, línea 26; Página 8, línea 21 - página 11, línea 42; figuras 2, 5a-6b.	1, 2, 4-6, 9, 10
A	ES 2599398 A1 (CONSORCI PER A LA CONSTRUCCIÓ, EQUIPAMENT I EXPLOTACIÓ DEL LABORATORI DE LLUM DE SINCROTRÓ) 01/02/2017, Resumen; párrafos [0005]-[0031]; figuras.	1, 7, 8
A	JP H0666998 A (NIPPON KONAN KK) 11/03/1994, Todo el documento.	1-6, 9
A	JP 2002131490 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND) 09/05/2002.	-
A	JP H10148706 A (NIKON CORP) 02/06/1998.	-

Categoría de los documentos citados
X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	**Examinador**	**Página**
20.03.2020	Ó. González Peñalba	1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G02B, G21K, F03G, F16F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC