

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 426 680**

(51) Int. Cl.:

G02B 7/02 (2006.01)
G02B 7/182 (2006.01)
G02B 7/183 (2006.01)
H02K 33/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2010 E 10752889 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2013 EP 2460045**

(54) Título: **Dispositivo motorizado compensado dinámicamente para ajustar la posición de una pieza móvil respecto de un bastidor**

(30) Prioridad:

29.07.2009 FR 0903732

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

24.10.2013

(73) Titular/es:

CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES (C.N.E.S.) (100.0%)
2, Place Maurice Quentin
75039 Paris Cedex 01, FR

(72) Inventor/es:

CASTERAS, CHRISTOPHE

(74) Agente/Representante:

IZQUIERDO FACES, José

ES 2 426 680 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 motorizado compensado dinámicamente para ajustar la posición de una pieza móvil respecto de un bastidor

5 [0001] La presente invención describe un dispositivo motorizado de ajuste de la posición, con respecto a una estructura, de un primer equipo móvil, denominado equipo principal, con movimiento de rotación y/o traslación, que se monta sobre un soporte, acoplado, a su vez, a dicha estructura o armazón.

10 [0002] Existe una gran cantidad de sistemas mecánicos en los que es necesario ajustar la posición de un equipo móvil con respecto a una estructura, y un gran número de soluciones que permiten realizar dichos ajustes; la solución consiste normalmente en la modificación de la posición del equipo móvil con respecto a una estructura, con uno o varios grados de libertad de movimiento. Este tipo de ajustes no suele tener ninguna dificultad técnica en particular y puede ser realizado por medio de cualquier accionador motorizado (cilindro hidráulico o neumático, motor o servomotor eléctrico...)

15 [0003] En algunas aplicaciones, especialmente en los sistemas ópticos, y más concretamente en los utilizados en los sistemas espaciales, (satélites artificiales, sondas espaciales...), es necesario realizar este ajuste de posición con una gran precisión y rapidez, teniendo en cuenta que la masa en movimiento puede ser relativamente importante (normalmente varios centenares de gramos).

20 [0004] Este tipo de ajuste de posición debe ser, además, compatible con su entorno y en particular con el entorno espacial y debe ser, a su vez, respetuoso con el mismo. A este respecto, el inventor ha observado que los dispositivos de ajuste motorizados conocidos hasta la fecha tienen todos el efecto de inducir esfuerzos de reacción en la estructura, y dicho efecto, denominado también *rechazo*, aunque considerado hasta el momento como inevitable, es inaceptable si se encuentra cerca o dentro de un instrumento de gran precisión.

25 [0005] Por lo tanto, el documento US 5277076 describe el funcionamiento de un mecanismo que controla los desplazamientos rotatorios de una plataforma con respecto a una estructura. Para ello se acopla un órgano de reacción en torno a un eje paralelo al eje de rotación de la plataforma, con respecto a la estructura. Unos motores colocados en la estructura controlan los desplazamientos oscilatorios del órgano de reacción. Unos elementos mecánicos flexibles unen de forma mecánica el órgano de reacción con la plataforma de tal manera que ésta última se desplaza en sentido opuesto con respecto al órgano de reacción. Si bien este documento tiene el propósito de evitar las reacciones provocadas en la estructura, en realidad los motores provocan necesariamente este tipo de reacciones. Del mismo modo, el documento US 5283682 detalla un sistema parecido, que presenta los mismos inconvenientes.

30 [0006] El documento US 3952217 describe un mecanismo que provoca el movimiento oscilatorio de un espejo, minimizando al mismo tiempo las alteraciones en el vehículo que lo soporta. El soporte del espejo tiene un movimiento oscilatorio sobre unas extremidades, sobre las cuales se monta igualmente un cuadro de equilibrio que tiene un movimiento oscilatorio con respecto a dichas extremidades. El soporte de espejo lleva muelles de lámina o ballesta que llegan hasta los topes del cuadro de equilibrio, con el fin de provocar los desplazamientos oscilatorios de uno de los dos elementos con respecto al otro. Al mismo tiempo se intercala un motor par entre el soporte del espejo y el cuadro de equilibrio que provoca dichos movimientos oscilatorios. Para modificar la posición angular media del cuadro de equilibrio con respecto a la estructura se ha previsto un motor; este dispositivo no permite los movimientos oscilatorios libres no controlados del soporte de espejo con respecto al cuadro de equilibrio y viceversa, ni ajustes de posición de gran precisión.

35 [0007] Ahora bien, el inventor ha estipulado que, sin embargo, actualmente se puede crear un dispositivo de ajuste como el mencionado anteriormente que no someta la estructura a alteraciones como vibraciones o esfuerzos. El invento pretende, por tanto, ofrecer un dispositivo motorizado de ajuste que incorpore esta propiedad.

40 [0008] El propósito del invento es ofrecer igualmente un dispositivo que presente las cualidades mencionadas anteriormente en cuanto a precisión, velocidad y masa en movimiento.

45 [0009] El invento tiene el propósito de proporcionar un dispositivo que presente una vida útil y una fiabilidad importantes, y en particular, que sean compatibles con su explotación en un sistema espacial.

50 [0010] El invento pretende igualmente alcanzar estos objetivos de forma simple y económica, y poder ser compatible con su explotación a escala industrial.

55 [0011] Para llevar esto a cabo, se ha ideado un dispositivo motorizado de ajuste, sobre un armazón o estructura, de un primer equipo móvil denominado equipo principal, con un grado de libertad de movimiento de rotación y traslación con respecto a un soporte colocado sobre la estructura o armazón. Dicho equipo se compone de:

- Un segundo equipo, denominado equipo de compensación, que tiene movimiento de rotación y/o traslación sobre el soporte, de manera que éste pueda ser desplazado sobre dicho soporte con un/os grado/os de libertad de movimiento similar/es al/los del equipo principal, pero en sentido opuesto.
- Un dispositivo motorizado, llamado dispositivo de accionamiento compensado, unido al equipo principal y al equipo de compensación, e independiente de la estructura y del soporte, adaptado para poder desplazar los dos equipos, tanto el principal como el de compensación, entre ellos y en sentido opuesto según el grado de libertad de movimiento que permita el soporte; el equipo de compensación y el dispositivo de accionamiento compensado han sido adaptados para minimizar la resultante de los esfuerzos de reacción provocados en el soporte por los movimientos de los equipos principal y de compensación con respecto a dicho soporte,

10 y se caracteriza por:

- que el dispositivo de accionamiento compensado está adaptado para poder controlar y establecer una posición relativa determinada del equipo de compensación con respecto al equipo principal.
- y porque dispone de un dispositivo de retorno a una posición del equipo principal, denominada posición nominal, con respecto al soporte y/o un dispositivo de retorno a una posición, denominada posición nominal, del equipo de compensación con respecto al soporte. El/los dispositivos de retorno están adaptados para permitir los desplazamientos relativos del equipo principal y el de compensación entre ellos y de cada uno de ellos con respecto al soporte mediante el dispositivo de accionamiento compensado. El/Los dispositivo/s de retorno están igualmente adaptados para minimizar la resultante de los esfuerzos de reacción provocados en el soporte por los desplazamientos de los equipos principal y de compensación con respecto al mismo.

15 [0012] Cabe señalar que se puede minimizar la resultante de los esfuerzos de reacción provocados en el soporte por los desplazamientos de los equipos móviles principal y de compensación de diferentes formas. El equipo de compensación, el dispositivo de accionamiento motorizado compensado y todos los dispositivos de retorno pueden poseer un gran número (en realidad una infinidad) de variantes estructurales y funcionales, pudiendo cada una de ellas estar diseñada de acuerdo con el principio general de la dinámica para que presenten una resultante de reacción mínima, o incluso prácticamente nula. Para conseguir una resultante de reacción nula, podemos intervenir, en especial, en las propiedades de inercia del equipo de compensación (masa, momentos de inercia) con respecto a las del equipo principal, o bien en las trayectorias y aceleraciones (lineales y/o rotatorias) provocadas por el dispositivo de accionamiento compensado sobre el equipo de compensación con respecto a las del equipo principal, o bien en las propiedades de inercia y en las trayectorias y aceleraciones del equipo de compensación al mismo tiempo. Si las propiedades de inercia son las mismas, las aceleraciones de los dos equipos con respecto al soporte también serán las mismas.

20 [0013] Si las propiedades de inercia de los dos equipos son diferentes, las aceleraciones de ambos con respecto al soporte también lo serán. En este caso, el dispositivo de accionamiento compensado se desplazará él mismo con respecto al soporte y participará en la compensación. Por ejemplo, puede ser ventajoso –en particular en los casos de dispositivos instalados en sistemas espaciales- utilizar un equipo de compensación de menor masa con el fin de minimizar la masa total del conjunto.

25 [0014] El dispositivo de accionamiento compensado está unido a dos equipos móviles (equipo principal y equipo de compensación) de forma que éste puede ajustar en todo momento la posición relativa de los mismos así como permitir el desplazamiento de un equipo con respecto al otro, conforme se describe en el invento. La ventaja radica en que el dispositivo de accionamiento compensado está conectado únicamente a estos dos equipos móviles, es decir que se encuentra intercalado, al menos de manera funcional, entre los dos equipos móviles (en realidad todos los accionadores del dispositivo de accionamiento compensado están dispuestos estructuralmente entre los dos equipos móviles, aunque puedan ser utilizados con otras disposiciones estructurales para ejercer la misma función). Los dos equipos móviles están unidos entre ellos por medio de un dispositivo de accionamiento compensado. A partir de aquí, una vez intercalado funcionalmente el dispositivo de accionamiento compensado entre los dos equipos móviles sin apoyarse ni en el soporte ni en la estructura que lo soporta, el procedimiento más sencillo es realizar un montaje de manera que la trayectoria de los dos equipos móviles (equipo principal y equipo de compensación), que son guiados según los grados de libertad seleccionados, se efectúe, al desplazarse éstos últimos, con el/los mismo/s grado/s de libertad con respecto al soporte y en sentido opuesto, y con los mismos valores absolutos de esfuerzos de inercia y/o momentos de inercia (ambos provocados por el dispositivo de accionamiento compensado intercalado entre los equipos móviles). Para obtener dichos valores absolutos en los esfuerzos o momentos de inercia, se puede idear bien un equipo de compensación que presente las mismas propiedades de inercia (masa y/o momento(s) de inercia) que el equipo principal en los diferentes modos de desplazamiento del mismo con respecto al soporte, o bien, en caso de que las propiedades de inercia de los dos equipos sean diferentes, valores absolutos de aceleraciones que sean diferentes para compensar las diferencias entre las propiedades de inercia. Por ejemplo, sería particularmente ventajoso en un sistema de a bordo, como por ejemplo un sistema espacial, concebir un equipo de compensación que presentase menor masa y en el que el dispositivo de accionamiento compensado sometiese a dicho equipo de compensación a aceleraciones con respecto al soporte que tuviesen valores absolutos más importantes que los del equipo principal.

30 [0015] El/los dispositivo(s) de retorno a posición nominal con respecto al soporte ha/n sido especialmente

adaptado(s) para presentar una resultante de reacción nula (al menos teóricamente) en el soporte cuando el equipo principal y el de compensación se desplazan. Cada dispositivo de retorno puede estar constituido por varios elementos de retorno; para ello bastará con que los diferentes elementos presenten características mecánicas adaptadas -y en el caso de los elementos de retorno elástico, un grado rigidez- que se adapte a las deformaciones resultantes de los desplazamientos de los equipos móviles. En el invento se ha dado preferencia a un mecanismo compuesto por un dispositivo de retorno -en particular de retorno elástico- del equipo principal a una posición nominal con respecto al soporte, y un dispositivo de retorno -en particular de retorno elástico- del equipo de compensación a posición nominal con respecto al soporte; ambos equipos están adaptados para efectuar esfuerzos de retorno de la misma amplitud y en sentido opuesto, sea cual sea la posición de los mismos. En una variante del invento, se puede utilizar un solo retorno elástico para el equipo de compensación o para el equipo principal con respecto al soporte. El conjunto formado por los dispositivos de retorno tiene así el propósito, por un lado de ajustar y establecer en todo momento una posición (sin desviaciones) del conjunto formado por el equipo principal y el de compensación con respecto al soporte, y permitir, por otro lado, los desplazamientos relativos de dichos equipos entre ellos, y de cada uno de ellos con respecto al soporte.

5 [0016] La ventaja del invento radica en que el equipo de compensación presenta las mismas propiedades de inercia (masa, momento(s) de inercia) que el equipo principal con respecto sus modos de desplazamiento (grado/s de libertad) con respecto al soporte. Al tener los dos equipos móviles las mismas propiedades de inercia, las aceleraciones producidas en el soporte por el dispositivo de accionamiento compensado de los dos equipos móviles son las mismas y la fuerza resultante de los esfuerzos de reacción producidos por sus movimientos con respecto al soporte es teóricamente nula.

10 [0017] No obstante, en la práctica, el dispositivo del invento puede presentar ciertas imperfecciones de ajuste, irregularidades en el brazo de la palanca, fallos en las conexiones, etc. A partir de aquí, la resultante de reacción producida en el soporte por los desplazamientos de los equipos móviles no es totalmente nula, aunque el montaje se realice para que ésta lo sea en teoría. Estas imperfecciones (que son de segundo orden con respecto a la compensación dinámica producida por el equipo de compensación), pueden ser compensadas con el acoplamiento apropiado del soporte sobre la estructura con el fin de evitar la transmisión de esfuerzos de reacción en ésta última.

15 [0018] De este modo, un dispositivo concebido según el invento tiene la ventaja y a su vez la característica de que el soporte que se monta sobre la estructura es móvil y puede acoplarse con el mismo grado de libertad de movimiento que el equipo principal y el de compensación, y en que dispone, además, de un mecanismo de montaje del soporte sobre la estructura que los une y que contiene al menos un órgano de retorno -en particular elástico- del soporte a una posición determinada, denominada posición nominal con respecto al soporte. El mecanismo de montaje del invento tiene la ventaja de estar adaptado para absorber, al menos en parte, los esfuerzos de reacciones residuales causadas en el soporte por los desplazamientos de los equipos, principal y de compensación, según el grado de libertad de movimiento de cada uno de ellos.

20 [0019] Un mecanismo de montaje de este tipo permite, hasta cierto punto, desplazamientos relativos del soporte con respecto a la estructura. Un órgano de retorno de este tipo permite así una compensación de tipo pasivo (no motorizada).

25 [0020] Dicho mecanismo de montaje puede ser, tanto en esta versión como en combinación con otras, de tipo activo, es decir que incorpora al menos un dispositivo de accionamiento motorizado regulado principalmente según la posición. De este modo, el mecanismo de montaje descrito en el invento tiene la ventaja de incorporar, como mínimo, un accionador motorizado apto para ajustar la posición del soporte con respecto a la estructura, un sensor de esfuerzos adaptado para emitir una señal representativa de los esfuerzos de reacción residuales producidos por los desplazamientos del equipo principal y del equipo de compensación sobre el soporte, de acuerdo con el grado de libertad de movimiento de cada uno de ellos, y un dispositivo de control del movimiento adaptado para emitir una señal de orden a cada uno de los accionadores motorizados, con el fin de modificar la posición del soporte con relación a la estructura y minimizar así la transmisión de los esfuerzos de reacción en el soporte. Un accionador motorizado como el descrito puede estar formado, por ejemplo, por un accionador piezoelectrónico, electromagnético o un servomotor eléctrico que pone en marcha un sistema de tornillo sinfín/tuerca (por ejemplo un husillo de bolas), o bien un cilindro, un motor eléctrico, etc.

30 [0021] Además, aunque se trate de un mecanismo de montaje pasivo, parcialmente activo o totalmente activo, la ventaja del mecanismo descrito en el invento radica en que éste dispone de al menos un órgano amortiguador que conecta el soporte con la estructura -intercalado principalmente entre el soporte y la estructura- que permite evitar cualquier fenómeno de oscilación del soporte con respecto a la estructura.

35 [0022] Además, el invento puede aplicarse en cualquiera de los grados de libertad de movimiento de los equipos móviles. Un mecanismo especialmente concebido según la primera variante del invento se compone de un dispositivo de ajuste con movimiento de traslación caracterizado por que tanto el equipo principal como el equipo de compensación se montan móviles sobre el soporte y tienen un movimiento de traslación en torno a un mismo eje de traslación con respecto al soporte. El equipo de compensación presenta la ventaja de tener la misma masa que el equipo principal, o una masa diferente en otras variantes.

- 5 [0023] En esta primera variante principalmente, el dispositivo del invento se caracteriza asimismo por tener, tanto en el equipo principal como en el de compensación, un centro de gravedad situado en torno al eje de traslación. El dispositivo de accionamiento compensado puede estar compuesto por un único accionador dispuesto en torno al eje de traslación, o bien varios accionadores repartidos uniformemente alrededor del eje de traslación (y principalmente a lo largo del mismo) y paralelos a dicho eje.
- 10 [0024] Según una segunda versión o variante (que puede combinarse con la anterior) del invento, el dispositivo de ajuste tiene un movimiento de rotación y se caracteriza por que tanto el equipo principal como el de compensación se montan los dos con movimiento de rotación en torno a un eje de rotación con respecto al soporte. El equipo de compensación presenta el mismo momento de inercia que el equipo principal según dicho eje de rotación, o un momento de inercia diferente en la variante. Además, en esta segunda variante del invento, el dispositivo de ajuste con movimiento rotatorio se encuentra en general ajustado en torno al eje de rotación. Un dispositivo de ajuste con movimiento de rotación concebido según este invento en particular, se caracteriza por que tanto el equipo principal como el equipo de compensación se ajustan en torno al eje de rotación y por disponer el dispositivo de accionamiento compensado de varios accionadores repartidos uniformemente alrededor del eje de rotación.
- 15 [0025] La ventaja del dispositivo de accionamiento compensado del invento radica en que éste incorpora al menos un accionador motorizado seleccionado entre un accionador piezo-eléctrico, un accionador electromagnético, un servomotor eléctrico con un sistema de tornillo sinfín/tuerca (por ejemplo un husillo de bolas), un cilindro y un motor eléctrico. Un accionador motorizado de este tipo puede dirigir en cualquier momento el movimiento de los equipos principal y de compensación para establecer una posición relativa de los mismos, permitiendo el ajuste de dicha posición relativa con gran precisión y con un desplazamiento que puede ser muy corto.
- 20 [0026] Un accionador piezo-eléctrico presenta, en particular, la ventaja de: No contener piezas móviles, no sufrir desgaste y ofrecer un gran rendimiento mecánico (esfuerzo desarrollado con respecto a su masa), así como una gran velocidad y precisión, siendo, a su vez, compatible con sistemas ópticos (ausencia de polvo y de contaminación líquida o gaseosa).
- 25 [0027] La ventaja del invento radica en que cada uno de los accionadores del dispositivo de accionamiento compensado se monta sobre sus extremidades por medio de una conexión pivote o rótula.
- 30 [0028] Por otro lado, el invento tiene la ventaja de que el dispositivo de accionamiento compensado dispone de uno o varios órganos de amortiguación que conecta(n) el soporte con el equipo principal y uno o varios órganos de amortiguación que conecta(n) el soporte con el equipo de compensación. Los dos órganos de amortiguación presentan características equivalentes con el fin de no desequilibrar el conjunto móvil. Un órgano de amortiguación entre los equipos móviles y el soporte permite amortiguar los efectos del dispositivo de retorno en posición nominal y evitar las oscilaciones.
- 35 [0029] Además, la ventaja del dispositivo del invento radica en el hecho de que éste dispone de un sensor de posición (como mínimo) adaptado para emitir una señal representativa de la posición del equipo principal con respecto a la estructura, y/o un sensor de posición (como mínimo) adaptado para emitir una señal representativa de la posición del equipo de compensación con respecto a la estructura, así como un sensor de posición (como mínimo) adaptado para emitir una señal indicadora de la posición del soporte con respecto a la estructura. Dichas señales de medición de la posición absoluta de los equipos móviles y/o del soporte con respecto a la estructura pueden ser enviadas a una unidad de control con el fin de que ésta las tenga en cuenta para producir una señal de ajuste compensado dirigida al dispositivo de accionamiento compensado.
- 40 [0030] Existe una aplicación que es especialmente ventajosa en este invento, ya que se ha integrado un dispositivo dentro de un instrumento óptico para realizar el ajuste de la posición de un sistema óptico como mínimo (por ejemplo, una lente y/o un espejo y/o una pantalla obturadora como mínimo, que tengan por ejemplo un movimiento de rotación alrededor de un eje ortogonal al eje óptico del sistema óptico y/o un movimiento de traslación en torno al eje óptico o a un eje transversal u otro. El invento se amplía así a una variante que dispone de un instrumento óptico con un sistema óptico que presenta un eje óptico caracterizado por incorporar uno o varios dispositivos de ajuste de la posición de un órgano del sistema óptico con respecto a una estructura, según el invento.
- 45 [0031] Por ejemplo, entre los instrumentos ópticos propuestos en el invento, puede utilizarse un interferómetro con una lente compensadora en uno de sus brazos cuyo ángulo con respecto al eje óptico del brazo puede ser modificado con el fin de ajustar de forma muy precisa el trayecto óptico de dicho brazo. El instrumento óptico del invento lleva un dispositivo de ajuste, con movimiento de rotación, de dicha lente compensadora.
- 50 [0032] El invento puede ser utilizado para otras aplicaciones.
- 55 [0033] El invento describe igualmente un dispositivo de ajuste de la posición y un instrumento óptico caracterizados por combinar todas o parte de las particularidades mencionadas anteriormente o a continuación.
- 60 [0034] Conforme se vaya leyendo la siguiente descripción que hace referencia a las figuras anexas irán apareciendo
- 65

otros propósitos, características y ventajas del invento. En dicha descripción:

- La figura 1 corresponde a un gráfico en elevación de un primer modo de realización de un dispositivo de acuerdo con el invento.
- La figura 2 corresponde a un esquema transversal según la línea II-II de la figura 1.
- La figura 3 corresponde a un gráfico en elevación de un segundo modo de realización de un dispositivo según el invento.
- La figura 4 corresponde a un gráfico transversal según la línea IV-IV de la figura 3.
- La figura 5 corresponde a un gráfico en elevación de un tercer modo de realización de un dispositivo de acuerdo con el invento.
- La figura 6 corresponde a un gráfico en elevación de un cuarto modo de realización de un dispositivo según el invento.
- La figura 7 corresponde a un gráfico en elevación de un quinto modo de realización de un dispositivo según el invento.
- La figura 8 corresponde a un cuadro sinóptico de un ejemplo de automatismo en un dispositivo concebido según el invento.

[0035] Cabe señalar que las figuras son esquemáticas y no influyen en absoluto en las disposiciones constructivas necesarias para proceder al acoplamiento de los equipos, elementos y órganos que constituyen el dispositivo del invento, o para permitir el desplazamiento relativo de los mismos según el grado de libertad de movimiento de cada uno de ellos (entalladuras, ensamblaje de varias piezas...).

[0036] El dispositivo concebido según el modo de realización del invento representado esquemáticamente en las figuras 1 y 2 permite el ajuste de una placa 10 rígida que actúa como equipo principal y que tiene un movimiento de rotación con respecto a una estructura 12, alrededor de un eje 11 horizontal medio de la placa 10, paralelo a su plano principal.

[0037] La placa 10 se monta sobre un soporte intermedio por medio de láminas o aspas 14 flexibles y elásticas, sometidas a flexión, que cubren el plano vertical que contiene el eje 11. Las láminas 14 se mantienen rígidas con fuerzas de compresión longitudinal vertical de forma que mantienen la placa 10 en posición vertical con respecto al soporte 13. Éstas se mantienen también rígidas al ejercerse flexión en el sentido de su anchura, es decir, alrededor de cualquier eje de flexión ortogonal a su plano principal. Las láminas o aspas pueden estar formadas, por ejemplo, por placas metálicas de cupro-berilio flexibles y elásticas, que permiten el giro de la placa 10 alrededor del eje 11 con una cierta amplitud, y ejercen un retorno elástico de dicha placa 10 a la posición de rotación vertical nominal, en torno al eje 11.

[0038] Un cuadro 15 que actúa como equipo de compensación se monta igualmente sobre el soporte 13 por medio de láminas flexibles y elásticas 16 que se mantienen flexionadas a lo largo del plano vertical que contiene el eje 11 y que son iguales que las láminas 14 de montaje de la placa 10 con respecto al soporte 13. Las láminas 16 ejercen el retorno elástico del cuadro de equilibrio 15 a la posición vertical nominal con movimiento de rotación en torno al eje 11. Las láminas 14, 16 de retorno elástico de la placa 10 y del cuadro 15 respectivamente, han sido adaptadas para ejercer fuerzas de retorno con el mismo margen de amplitud, de forma que están perfectamente equilibradas, por lo tanto la resultante de los esfuerzos de reacción provocados por estos dispositivos de retorno en el soporte 13 es teóricamente nula. El equipo principal 10 formado por la placa 10 y el equipo de compensación 15, formado por el cuadro 15, se encuentran perfectamente ajustados alrededor del eje de rotación 11, sin que existan desequilibrios.

[0039] El cuadro de compensación 15 tiene la ventaja de estar ideado para presentar el mismo momento de inercia que la placa 10 según el eje 11. En la versión representada en las figuras, éste ha sido dispuesto para poder extenderse totalmente en posición vertical nominal sobre el mismo plano (que incluye el eje 11) vertical que la placa 10. Las partes horizontales del cuadro 15 presentan curvas en las zonas de paso de las láminas 14 de montaje de la placa 10 con respecto al soporte 13.

[0040] El soporte 13 se acopla a la estructura 12 y es, a su vez, soportado por dicha estructura por medio de láminas flexibles y elásticas 17 que se encuentran flexionadas y dispuestas en un plano vertical que pasa por el eje 11 y que son similares a las láminas 14 de montaje de la placa 10 con respecto al soporte 13. Las láminas ejercen el retorno elástico del soporte 13 con respecto a la estructura 12 a la posición vertical nominal con movimiento de rotación en torno al eje 11.

[0041] Asimismo, se ha intercalado al menos un accionador lineal 18, por ejemplo de tipo piezo-eléctrico o electromagnético u otro, entre la placa 10 y el cuadro 15 de forma que la placa 10 y el cuadro 15 puedan desplazarse con movimiento de rotación, uno con respecto al otro y en sentido opuesto en torno al eje 11. En el ejemplo representado en la lámina, se intercalan dos accionadores lineales, 18a y 18b entre la placa 10 y el cuadro 15, a ambos lados de la placa 10. Cada accionador lineal 18a, 18b estará activo principalmente al extenderse con el fin de provocar un movimiento en rotación de la placa 10 con respecto al cuadro en torno al eje 11, y cuya conexión está adaptada para que los dos accionadores lineales 18a, 18b provoquen desplazamientos en el mismo sentido de rotación. Todos los accionadores lineales 18 están conectados a cada una de las extremidades, a la placa 10 y al

cuadro 15 respectivamente, por medio de una conexión rótula o pivote con el fin de permitir los desplazamientos relativos de la placa 10 con respecto al cuadro 15 en torno al eje 11.

5 [0042] Los accionadores lineales 18 están conectados únicamente con la placa 10 y con el cuadro 15, pero no lo están con el soporte 13 ni la estructura 12 y no se apoyan en estos últimos. Por lo tanto, cuando se activan los accionadores lineales 18a y 18b, éstos provocan los desplazamientos de la placa 10 con respecto al cuadro 15 y de los dos equipos móviles 10, 15, con respecto al soporte 13, con lo que teóricamente no existe resultante de los esfuerzos de reacción provocados por dichos desplazamientos sobre el soporte 13 y en la práctica sería mínima e insignificante. De la misma forma, la resultante de los esfuerzos de reacción de las láminas resorte de retorno 14, 16 de la placa 10 con respecto al soporte así como la del cuadro 15 con respecto al soporte es teóricamente nula. Los accionadores lineales 18a, 18b pueden estar compuestos, por ejemplo, de un accionador piezo-eléctrico amplificado o no, como por ejemplo el comercializado por la empresa CEDRAT situada en Meylan, Francia.

10 15 [0043] En la figura 2, las posiciones relativas de la placa 10 y del cuadro 15 tras la activación de los accionadores lineales 18a, 18b han sido representadas por medio de líneas de puntos. Los desplazamientos de la placa 10 y del cuadro 15 se realizan con el mismo grado de libertad (girando alrededor del eje 11 del ejemplo representado en las figuras 1 y 2), y en sentido opuesto con el mismo grado de amplitud de movimiento y aceleración debido a que los momentos de inercia son iguales.

20 25 [0044] Además, la posición vertical nominal del soporte 13 con respecto a la estructura 12 alrededor del eje 11 puede ser controlada y ajustada por medio de un accionador lineal 19 por lo menos, intercalado entre el soporte 13 y la estructura 12, permitiendo el giro del soporte 13 con respecto a la estructura 12 alrededor del eje 11. Los accionadores lineales 19 pueden estar compuestos por un accionador piezo-eléctrico o electromagnético u otro. Éste se monta, a su vez, sobre el soporte 13 por medio de sus extremidades y a la estructura respectivamente, por medio de una conexión rótula o pivote adaptada para permitir los desplazamientos relativos apropiados.

30 35 [0045] El accionador lineal 19 mantiene el soporte 13 en una posición determinada con respecto a la estructura 12 en torno al eje 11, permitiendo un ajuste de su posición, y por lo tanto, de la de la placa 10 en torno eje 11. Los accionadores lineales 18 del dispositivo de accionamiento compensado permiten un ajuste posterior más preciso de la posición de la placa 10 con respecto al soporte 12. Este ajuste más preciso se realiza sin que se transmitan esfuerzos de reacción en la estructura 12 gracias al cuadro de compensación 15 y al hecho de que se han intercalado los accionadores lineales entre dicho cuadro 15 y la placa 10.

40 45 [0046] La placa 10 puede ser, por ejemplo, una lente, un espejo o una lámina transparente o semitransparente que forma parte de un sistema óptico, por ejemplo un interferómetro, cuya posición angular en torno al eje 11 debe ser controlada y ajustada de forma muy precisa pero con gran rapidez, normalmente en menos de 10 MS, teniendo en cuenta que la masa en movimiento puede ser relativamente importante, alcanzando por ejemplo varios centenares de gramos. El dispositivo del invento puede ser concebido para que sea perfectamente compatible con su diseño en un entorno espacial.

50 55 [0047] Cada uno de los accionadores 18, 19 puede ser activado por medio de señales de control producidas por una unidad de mando (figura 8) apropiada que recibe además señales de detección de posición emitidas por un sensor (como mínimo) de posición de la placa 10 con respecto a la estructura 12 y de un sensor (como mínimo) de posición 22 del cuadro 15 con respecto a la estructura 12 y/o de un sensor (como mínimo) de posición 32 del soporte 13 con respecto a la estructura 12. Los sensores de posición 21, 22 son sobre todo de tipo "sin contacto" para no generar reacciones parásitas, por ejemplo un sensor lineal de tipo capacitivo, inductivo u óptico (regla óptica) o bien un sensor angular o de tipo potenciómetro, con efecto Hall o bien un codificador óptico.

60 65 [0048] La unidad de mando 20 puede adaptarse para emitir una señal a cada accionador de control de la posición del soporte 13, con respecto a la estructura, con el fin de modificar la posición de dicho soporte con respecto a la estructura y minimizar así la transmisión de esfuerzos de reacciones residuales que puedan surgir, provocados por los desplazamientos de la placa 10, por ejemplo en caso de no haberse realizado los ajustes necesarios o bien por roces accidentales. Para llevar esto a cabo (variante no representada) se han previsto uno o varios sensores de esfuerzos lineales de tipo balanza, de calibre extensiométrico (sobre las láminas elásticas) o piezo-eléctricos y/o uno o varios sensores de esfuerzos angulares de tipo torquímetro con calibrador etc., que emiten una señal representativa de los esfuerzos de reacción causados en el soporte 13 por el desplazamiento de la placa 10 y del cuadro de compensación 15. La unidad de mando 20 presenta asimismo un dispositivo de regulación de la posición y el esfuerzo, por ejemplo de tipo PID (acción proporcional, integral y derivativa) u otro adaptado para ordenar la modificación de la posición del soporte 13 con respecto a la estructura 12 y colocarlo de forma precisa sobre ésta, minimizando al mismo tiempo la transmisión de dichos esfuerzos de reacción medidos por el dispositivo.

[0049] La unidad de control 20 tiene igualmente la ventaja de recibir señales de consigna de posición, es decir, por un lado una señal 23 de posición de la placa 10 con respecto a la estructura 12, y por otro lado una señal 24 de posición del soporte 13 con respecto a la estructura 12.

[0050] El segundo modo de realización representado esquemáticamente en las figuras 3 y 4 es similar al anterior,

pero la diferencia fundamental radica en el hecho de que la placa 10 y el cuadro 15 de compensación no se montan sobre el soporte 13 por medio de láminas elásticas 14, 16, sino por medio de conexiones pivotе, ya sea elásticas o con rodamientos (cojinetes de rodamiento, de bolas o rodillos cojinetes de deslizamiento), que incorporan no menos de un muelle con movimiento de rotación en posición vertical nominal.

5 [0051] El tercer modo de realización representado esquemáticamente en la figura 5 difiere del anterior en el hecho de que los accionadores 18, 19 y las láminas 17 de montaje del soporte 13 sobre la estructura han sido sustituidos por motores eléctricos 18, 29 y por conexiones pivotе 35, 36, 37, es decir un motor eléctrico 28 que mueve la placa 10 con respecto al cuadro de compensación 15, y un motor eléctrico que mueve el soporte 13 con respecto a la estructura 12, que incorpora una conexión pivotе 35 con retorno elástico (pivotе o perno elástico o un cojinete de resorte en espiral) entre la placa 10 y el soporte 13, un enlace pivotе elástico 36 (pivotе elástico o cojinete de resorte en espiral) entre el cuadro 15 y el soporte 13 y una conexión pivotе 37 entre el soporte 13 y la estructura 12, pudiendo esta última incorporar o no un retorno elástico. El motor eléctrico 29 puede ser utilizado para controlar la posición vertical nominal del soporte 13 con respecto a la estructura 12, y para absorber asimismo los posibles esfuerzos de reacciones posteriores que puedan surgir a pesar de haberse efectuado la compensación dinámica.

10 [0052] En el cuarto modo de realización representado esquemáticamente en la figura 6, las láminas elásticas 14, 16, 17 del primer ejemplo de modo de realización se reparten de manera ortogonal a lo largo del plano de la placa 10, del cuadro 15 y del soporte 13, siendo estos tres órganos coplanarios en su conjunto, para poder ser guiados con movimiento de traslación a lo largo de un eje horizontal 31. Asimismo, se intercala entre la placa 10 y el cuadro de compensación 15 un accionador lineal 38 que constituye el dispositivo de accionamiento compensado, por ejemplo de tipo piezo-eléctrico o electromagnético u otro; dicho accionador une los dos órganos de tal manera que cuando éste se activa, la placa 10 y el cuadro 15 se desplazan en movimiento de traslación según el eje 31, uno con respecto al otro y en sentido opuesto. De la misma forma, se intercala un accionador lineal 39, por ejemplo de tipo piezo-eléctrico o electromagnético u otro, entre el soporte 13 y la estructura 12 conectándolos entre ellos de forma que cuando dicho accionador se activa, el soporte 13 se desplaza con movimiento de traslación en torno al eje 31, con respecto a la estructura 12.

15 [0053] El cuadro de compensación 15 presenta la ventaja de tener la misma masa que la placa 10 y sus centros de gravedad están alineados en torno al eje de traslación 31, para que la resultante de los esfuerzos de reacción sea teóricamente nula cuando se activa el accionador 38 y la placa se desplace con movimiento de traslación, así como el cuadro de compensación 15, con respecto al soporte 13.

20 [0054] La figura 7 representa esquemáticamente el principio de un quinto modo de realización en el que las guías de desplazamiento se realizan mediante enlaces por deslizamiento (pudiendo utilizarse cualquier estructura apropiada conocida (por ejemplo una(s) corredera(s) instalada(s) dentro de una o varias guías, un(os) rodillo(s) asociado(s) a uno o varios carriles...)). La placa 10 se guía con respecto al soporte 13 por medio de un enlace por deslizamiento 42 con retorno a una posición nominal a lo largo del eje 31, efectuado por medio un resorte 40 asociado a un amortiguador 41 (que desarrolla una fuerza de resistencia en función de la velocidad) permitiendo así que se eviten las oscilaciones. El cuadro de equilibrio 15 es guiado con respecto al soporte 13 por medio de un enlace por deslizamiento 43 con retorno a una posición nominal a lo largo del eje 31 por medio de no menos de un resorte o muelle 47 unido a un amortiguador como mínimo 48 (que desarrolla una fuerza de resistencia en función de la rapidez) que permite evitar las oscilaciones. El accionador 38 se intercala entre la placa 10 y el cuadro 15 como en el cuarto modo de realización. Todos los muelles, amortiguadores y accionadores están distribuidos de manera que la resultante del conjunto de los esfuerzos de reacción sea teóricamente nula. Éstos están dispuestos en particular en torno al eje de traslación o de forma simétrica a ambos lados del mismo, presentando todos los elementos, simétricos los unos de los otros, las mismas características mecánicas.

25 [0055] El soporte 13 se guía con movimiento de traslación por medio de enlaces por deslizamiento 46 a lo largo del eje 31. El accionador 39 del cuarto ejemplo de fabricación se sustituye por un muelle 44 y un amortiguador 45 intercalados entre el soporte 13 y la estructura 12. El muelle 44 y el amortiguador 45 se han adaptado para absorber los posibles esfuerzos de reacciones residuales de segundo orden y evitar la transmisión de los mismos a la estructura 12, cuando se producen desplazamientos en traslación de la placa 10 y del cuadro de compensación 15.

30 [0056] Es obvio que existen numerosas variantes de realización del invento según las diferentes modalidades de construcción representadas en las figuras y descritas anteriormente en el principio general de las mismas. En ellas se pueden además combinar las distintas características de cada una. Por ejemplo, se pueden diseñar elementos de amortiguación asociados a cada accionador u órgano de retorno elástico, en especial con las láminas elásticas o las conexiones pivotе con retorno elástico. Los órganos de retorno elástico pueden sustituirse o completarse con otros mecanismos de retorno, por ejemplo magnético o electromagnético.

35 [0057] Asimismo, los accionadores utilizados pueden ser también accionadores lineales piezo-eléctricos o electromagnéticos u otros, o bien motores eléctricos lineales o rotatorios u otros.

40 [0058] El equipo principal formado por la placa 10 puede sustituirse por un sistema mucho más complejo compuesto por una gran variedad piezas. Del mismo modo, el equipo de compensación 15 formado por el cuadro 15 puede ser

5 sustituido por un sistema mucho más complejo formado por una gran variedad de piezas. Las propiedades de inercia del equipo de compensación en relación a cada grado de libertad de movimiento no tienen porqué ser las mismas que las del equipo principal. Por lo tanto, los desplazamientos y aceleraciones de los dos equipos móviles con respecto al soporte son en ese caso diferentes. No obstante, los esfuerzos y/o momentos de inercia son iguales y la resultante de los esfuerzos de reacciones provocados en el soporte por los desplazamientos es teóricamente nula, debido al ajuste realizado por el/los dispositivo/os de retorno.

10 [0059] Los equipos móviles 10, 15 lo son en rotación y traslación en torno a varios ejes diferentes. Sus propiedades de inercia (momentos de inercia y/o masa) son las mismas o son diferentes según el/los grado/s de libertad de los mismos.

15 [0060] El dispositivo de accionamiento compensado y el equipo de compensación (cuadro 15) ejercen la doble función, por un lado de permitir el control de la posición del equipo principal (placa 10) así como su ajuste con respecto a la estructura 12 y por otro lado, una compensación dinámica que anula en teoría, o en todo caso, minimiza en la práctica la resultante de los esfuerzos de reacciones provocados por los desplazamientos del equipo principal en el soporte 13.

20 [0061] El invento se aplica principalmente a un instrumento óptico que disponga de al menos un sistema óptico con un eje óptico. Dicho instrumento óptico dispondrá de uno o varios de los dispositivos descritos en el invento para el ajuste de la posición de uno o varios órganos del sistema óptico con respecto a la estructura 12, por ejemplo para ajustar una lente o un espejo, ortogonal o paralelamente a su eje óptico, o para el ajuste del movimiento de rotación de una lámina o de un espejo, modificando el trayecto óptico del brazo de un interferómetro.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo motorizado de ajuste de la posición de un primer equipo denominado equipo principal (10), que se monta móvil con uno o varios grados de libertad de movimiento de rotación y/o traslación con respecto a un soporte (13) montado sobre la estructura (12). Dicho dispositivo se compone de:
- 10 - Un segundo equipo, denominado equipo de compensación (15), montado con movimiento de rotación y/o traslación que puede desplazarse con respecto al soporte con el(s) mismo(s) grado(s) de libertad que el equipo principal (10) pero en sentido opuesto, y se caracteriza por estar constituido de:
- 15 - Un dispositivo motorizado, denominado de accionamiento compensado (18, 28, 38), que está conectado tanto al equipo principal (10) como al equipo de compensación, siendo al mismo tiempo dicho dispositivo de accionamiento compensado independiente de la estructura (12) y del soporte (13), y adaptado para poder desplazar el equipo principal (10) y el equipo de compensación (15) uno con respecto al otro y en sentido opuesto según distintos grados de libertad de movimiento con respecto al soporte (13); el equipo de compensación (15) y el dispositivo de accionamiento compensado (18, 28, 38) están, al mismo tiempo, adaptados para minimizar la resultante de los esfuerzos de reacción provocados en el soporte por los desplazamientos con respecto a éste último del equipo principal (10) y del equipo de compensación (15).
- 20 **caracterizado porque:**
- 25 - el dispositivo de accionamiento compensado (18, 28, 38) está adaptado para poder ajustar y establecer una posición relativa del equipo de compensación (15) con respecto al equipo principal (10),
- 30 - **y por** disponer de un dispositivo de retorno (14, 25, 40) del equipo principal (10) a una posición denominada posición nominal, con respecto al soporte (13) y/o un dispositivo de retorno (16, 26, 47) del equipo de compensación (15) a una posición, denominada posición nominal, con respecto al soporte; dicho(s) dispositivo(s) (14, 16, 25, 26, 40, 47) está(n) asimismo adaptado(s) para permitir los desplazamientos relativos del equipo principal (10) y del equipo de compensación (15) entre ellos y de cada uno de ellos con respecto al soporte (13) mediante el dispositivo de accionamiento compensado (18, 28, 38); el/los dispositivo(s) de retorno (14, 16, 25, 26, 40, 47) está(n) igualmente adaptado(s) para minimizar la resultante de los esfuerzos de reacción provocados en la estructura (13) por los desplazamientos del equipo principal (10) y del equipo de compensación con respecto al soporte (13).
- 35 2. Dispositivo diseñado según la solicitud 1, **que se caracteriza por que** el soporte (13) se monta móvil con respecto a la estructura (12) con el(s) mismo(s) grado(s) de libertad de montaje que el equipo principal (10) y el equipo de compensación (15) con respecto al soporte (13), y en que está compuesto por un mecanismo de acoplamiento o montaje (17, 19, 29, 37, 39, 44, 45, 46) del soporte (13) sobre la estructura (12); dicho mecanismo de montaje (17, 19, 29, 37, 39, 44, 45, 46) une el soporte con la estructura e incluye, como mínimo, un órgano de retorno del soporte (19, 44) a una posición determinada, denominada posición nominal, con respecto a la estructura (12).
- 40 3. Dispositivo diseñado según la solicitud 2, **caracterizado por** estar adaptado para absorber, al menos en parte, los esfuerzos de reacciones residuales provocadas en el soporte (13) por los desplazamientos del equipo principal (10) y del equipo de compensación (15) según el grado de libertad de movimiento de cada uno de ellos.
- 45 4. Dispositivo diseñado según una de las solicitudes (2 o 3), **caracterizado por que** el mecanismo de montaje se compone de un accionador motorizado como mínimo (19, 29, 39), preparado para ajustar de forma precisa la posición del soporte (13) con respecto a la estructura (12), uno o varios sensores de esfuerzos adaptados para emitir una señal representativa de los esfuerzos residuales de reacción causados en el soporte por los desplazamientos del equipo principal (10) y del equipo de compensación (15), según el grado de libertad de movimiento de cada uno de ellos, y un dispositivo de regulación del movimiento adaptado para emitir una señal de control de cada accionador motorizado con el fin de poder modificar la posición del soporte (13) con respecto a la estructura (12) y minimizar así la transmisión de dichos esfuerzos de reacción en la estructura.
- 50 5. Dispositivo según una de las solicitudes 2 a 4, **que se caracteriza por que** dicho mecanismo de montaje dispone de al menos un órgano de amortiguación (45) que une el soporte (13) con la estructura (J 2).
- 55 6. Dispositivo según una de las solicitudes 1 a 5, **caracterizado por que** tanto el equipo principal (10) como el equipo de compensación (15) se montan con movimiento de traslación en torno a un mismo eje de traslación (31) con respecto al soporte (13).
- 60 7. Dispositivo según la solicitud 6, **caracterizado por que** el centro de gravedad del equipo principal (10) y el del equipo de compensación (15) están situados en torno al eje de traslación (31) y por que el dispositivo de accionamiento compensado (38) se compone de varios accionadores repartidos uniformemente en torno al eje de traslación (31).

8. Dispositivo diseñado según las solicitudes 1 a 7, **caracterizado por que** el equipo principal (10) y el equipo de compensación (15) se montan con movimiento de rotación alrededor de un eje, también de rotación (11), con respecto al soporte (13).
- 5 9. Dispositivo diseñado según la solicitud 8, **caracterizado por que** tanto el equipo principal (10) como el equipo de compensación (15) se ajustan alrededor del eje de rotación (11), y por que el dispositivo de accionamiento compensado (18a, 18b) está constituido por varios accionadores repartidos uniformemente alrededor de dicho eje de rotación (11).
- 10 10. Mecanismo diseñado según las solicitudes 1 a 9, **caracterizado por** que el dispositivo de accionamiento compensado incorpora uno o varios accionadores motorizados (18, 38), seleccionados entre varios accionadores, como un accionador piezo-eléctrico o electromagnético, un servomotor eléctrico que pone en marcha un sistema de tornillo sinfín/tuerca, un cilindro o un motor eléctrico.
- 15 11. Mecanismo diseñado según una de las solicitudes 1 a 10, **caracterizado por** incorporar un dispositivo de accionamiento compensado (18, 28, 38) unido solamente al equipo principal (10) y al de compensación (15) e intercalado, al menos de modo funcional, entre estos dos equipos móviles.
- 20 12. Dispositivo diseñado según las solicitudes 1 a 11, **caracterizado por que** el equipo de compensación (15) presenta las mismas propiedades de inercia que el equipo principal (10) según los diferentes modos de desplazamiento del mismo con respecto al soporte (13).
- 25 13. Dispositivo diseñado según una de las solicitudes 1 a 12, **caracterizado por** incorporar un dispositivo de retorno elástico (14, 25, 40) del equipo principal (10) a una posición nominal con respecto al soporte (13), y un dispositivo de retorno elástico (16, 26, 47) del equipo de compensación (15) a una posición nominal con respecto al soporte (13), y porque ambos dispositivos de retorno elástico (14, 16, 25, 26, 40, 47) están adaptados para ejercer esfuerzos de retorno elástico con el mismo grado de amplitud de movimiento y en sentido opuesto, sea cual sea la posición del equipo principal (10) y el de compensación (15).
- 30 14. Dispositivo diseñado según una de las solicitudes de 1 a 13, **caracterizado por** incorporar uno o varios sensores de posición (21) adaptados para emitir una señal representativa de la posición del equipo principal (10) con respecto a la estructura (12), y/o uno o varios sensores de posición (22) adaptados para emitir una señal representativa de la posición del equipo de compensación (15) con respecto a la estructura (12), y/o uno o varios sensores de posición (23) adaptados para emitir una señal representativa de la posición del soporte (13) con respecto a la estructura (12).
- 35 15. Instrumento óptico compuesto por no menos de un sistema óptico con un eje óptico **cuya característica** principal radica en que éste incluye al menos uno de los dispositivos descritos en las solicitudes 1 a 14 de ajuste de la posición de un órgano del sistema óptico con respecto a una estructura.

Fig 1

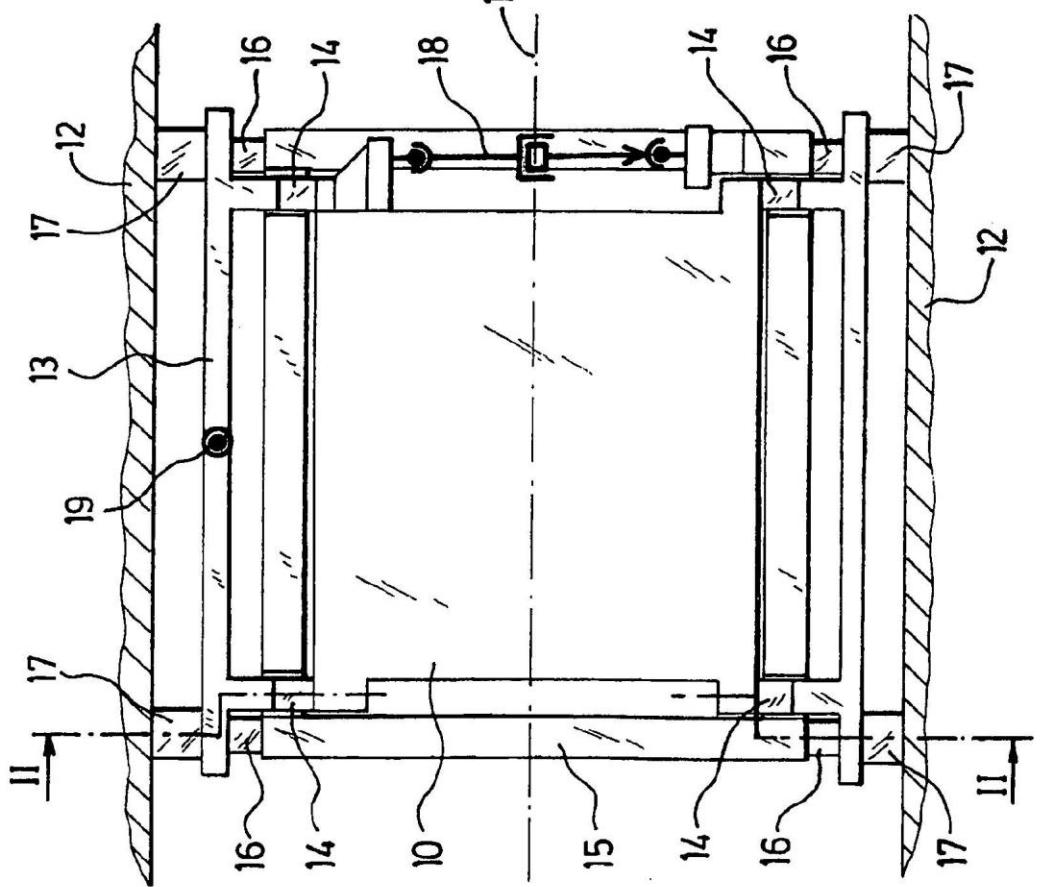


Fig 2

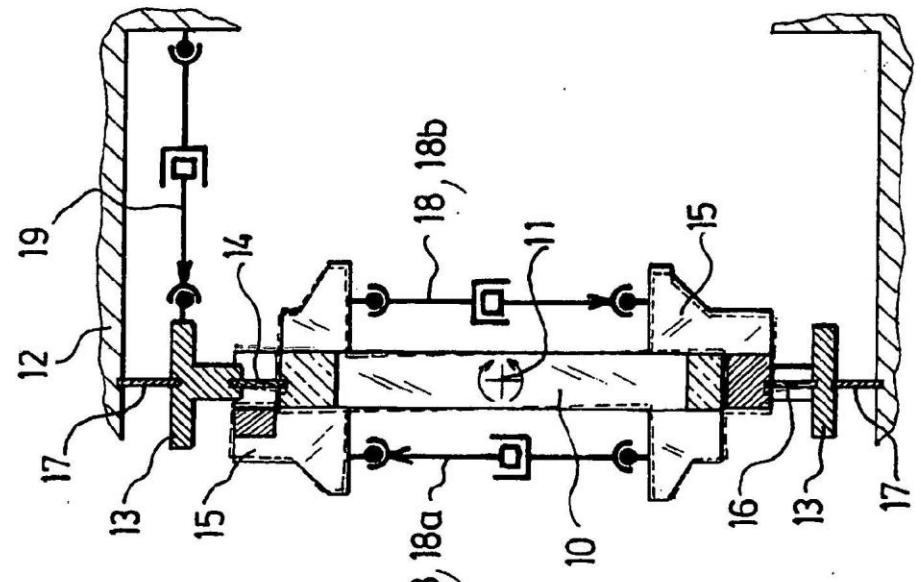


Fig 3

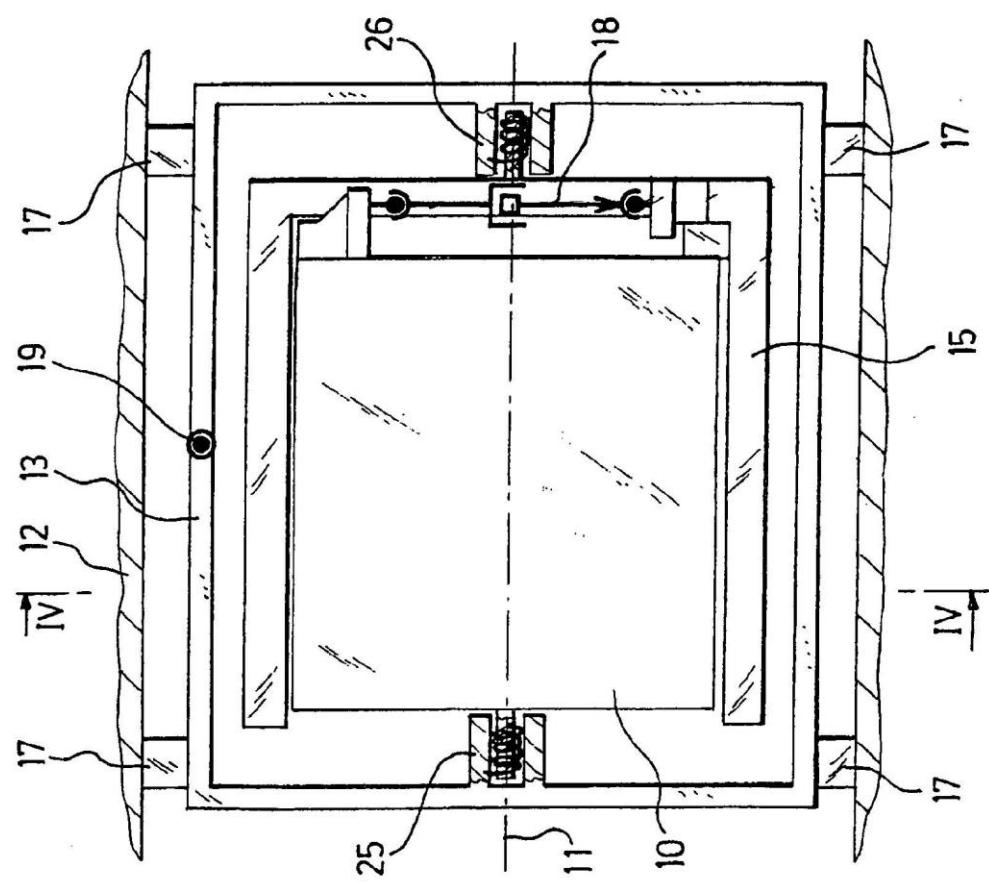


Fig 4

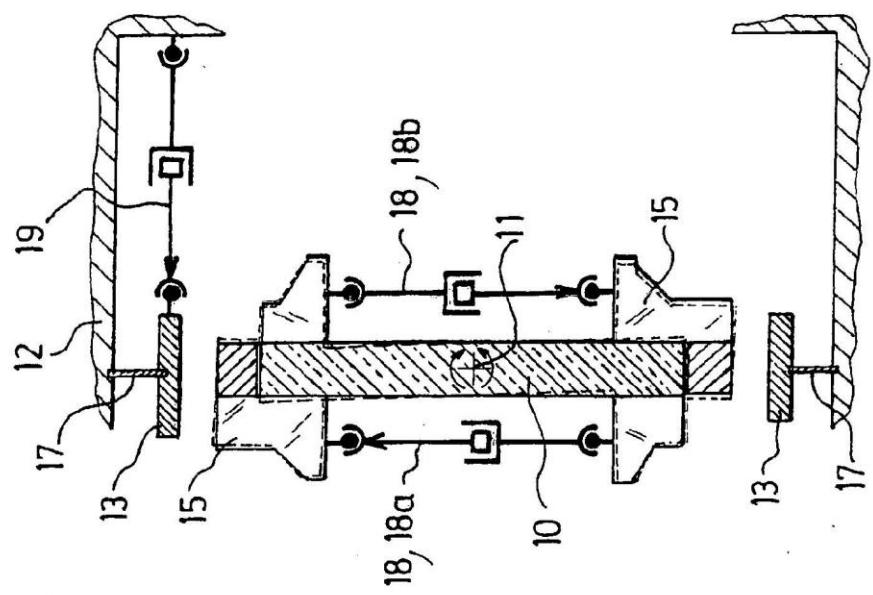


Fig 5

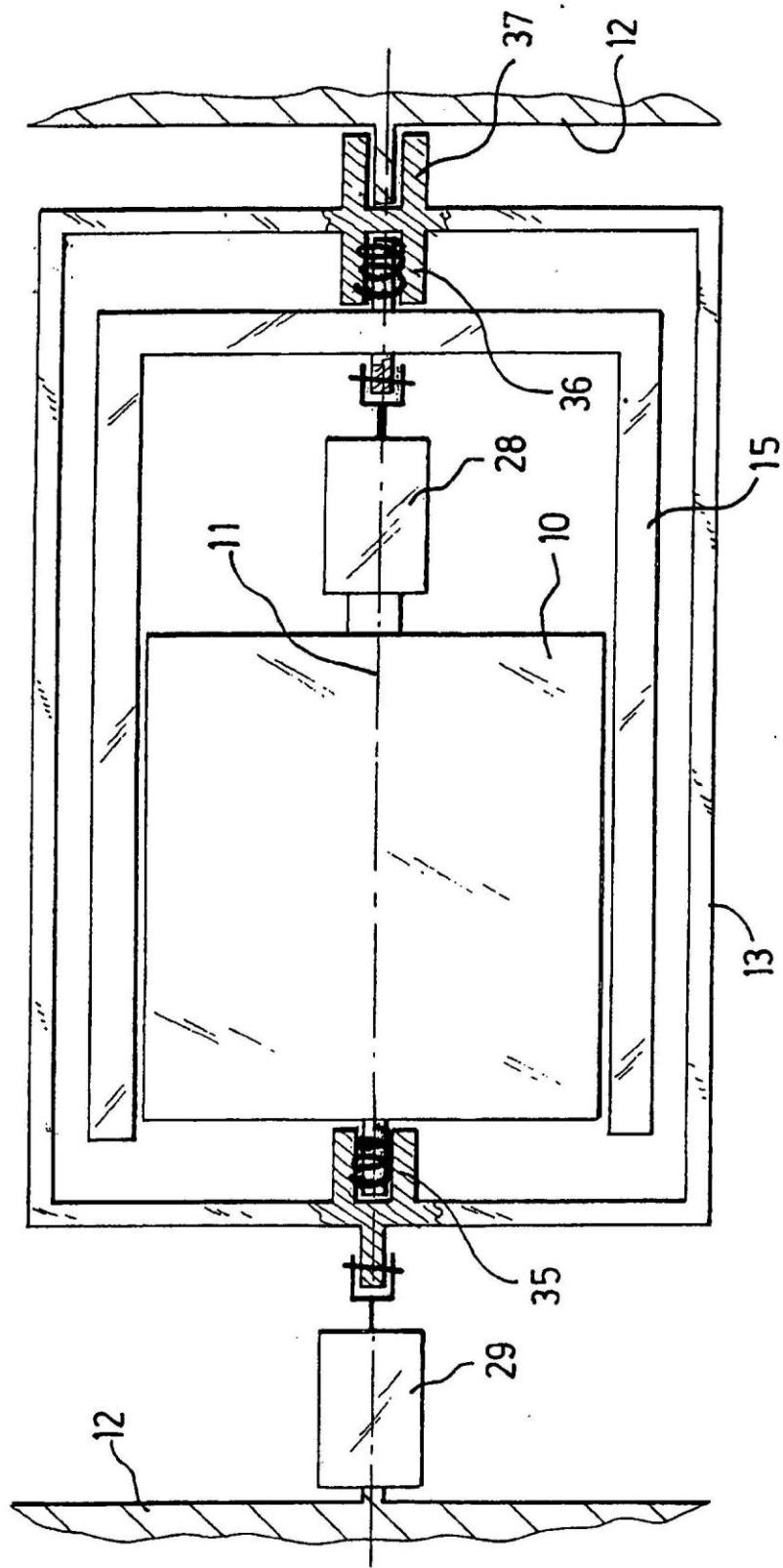


Fig 6

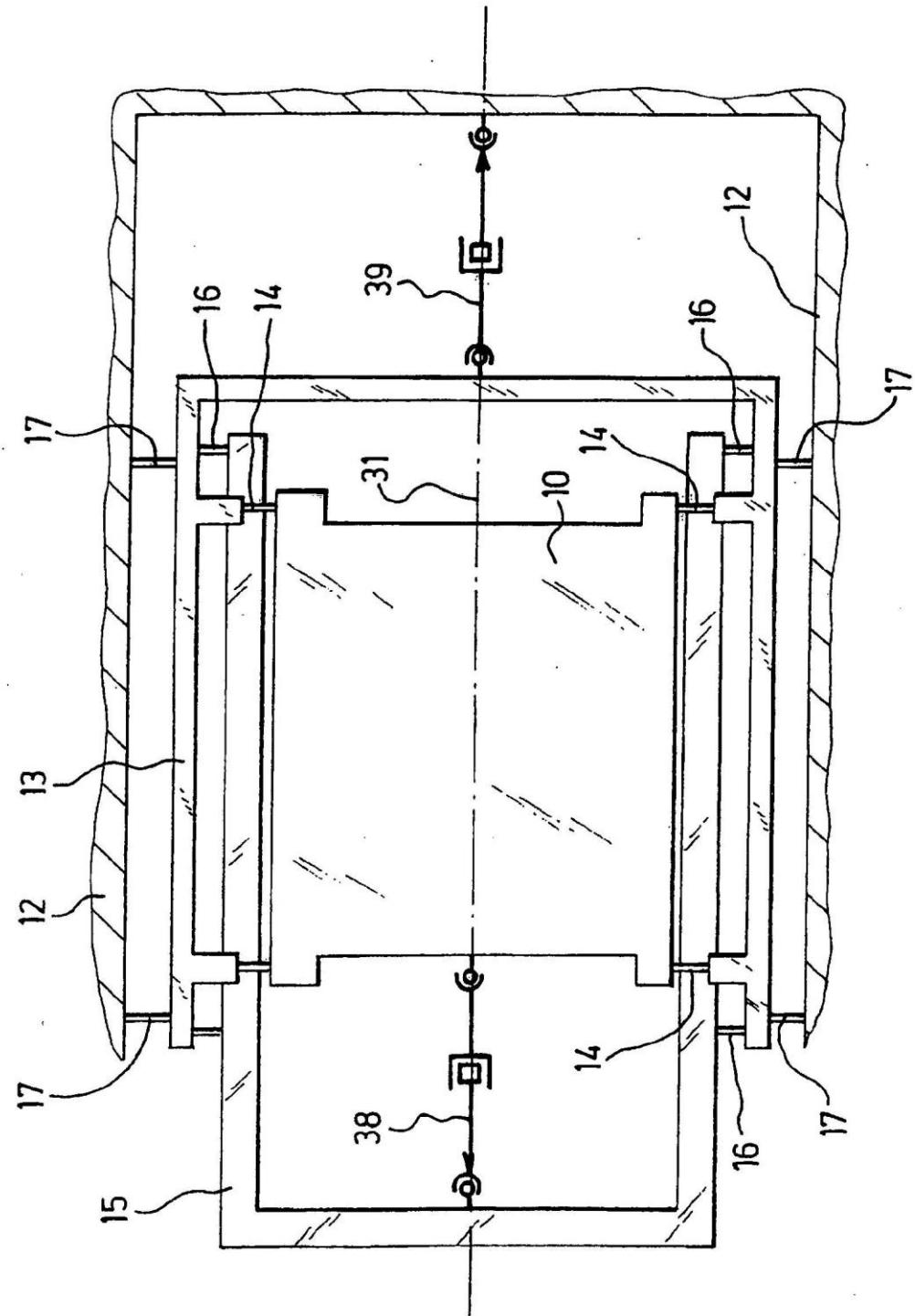


Fig 7

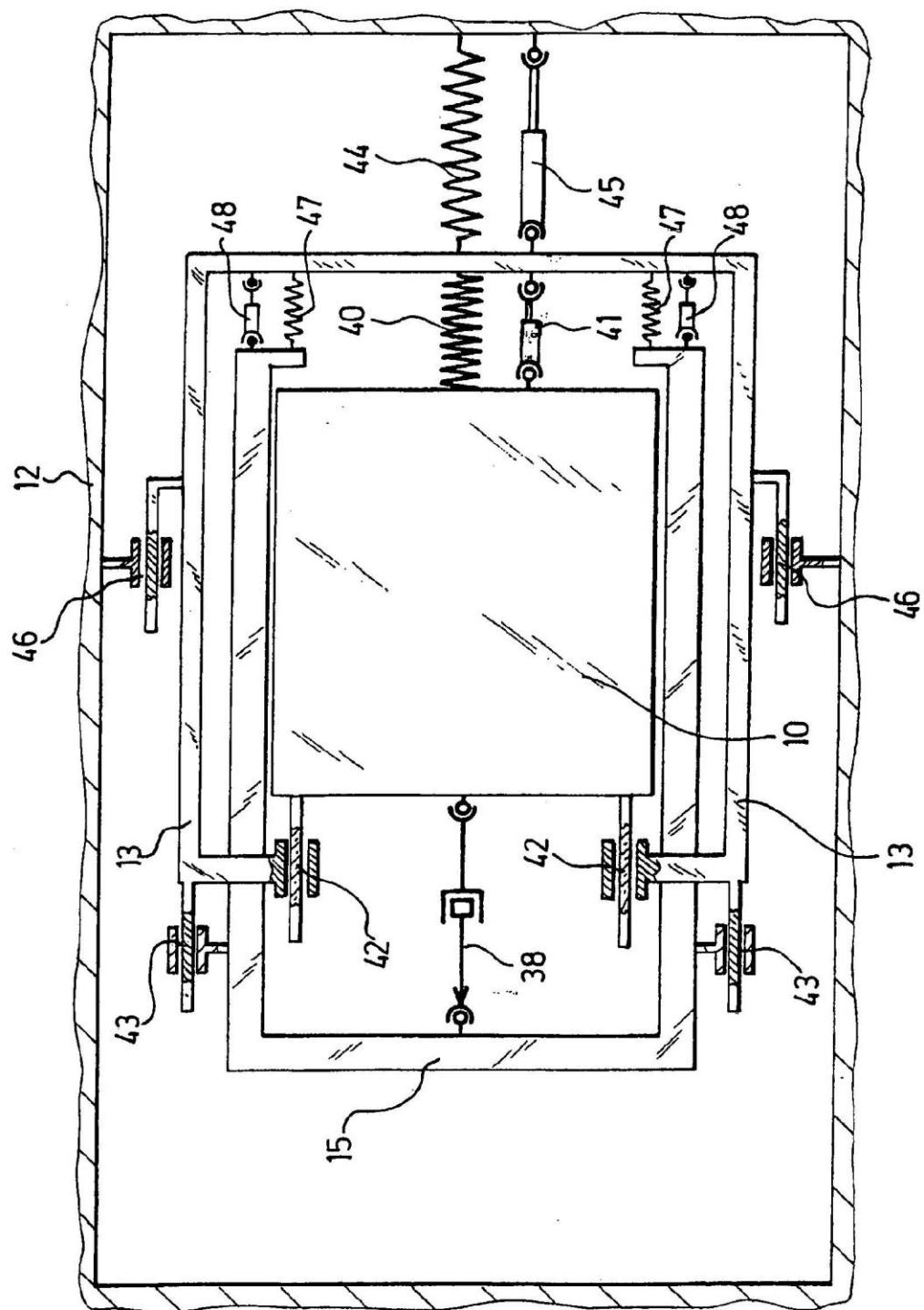


Fig 8

