

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 232**

51 Int. Cl.:

G02B 7/00 (2006.01)

G02B 23/16 (2006.01)

G02B 26/10 (2006.01)

F16B 47/00 (2006.01)

H02N 2/00 (2006.01)

G01J 3/06 (2006.01)

G01J 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2012** E 12186644 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016** EP 2574969

54 Título: **Sistema de posicionamiento de fibras ópticas**

30 Prioridad:

30.09.2011 AU 2011904058

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

26.04.2017

73 Titular/es:

**THE COMMONWEALTH OF AUSTRALIA AS
REPRESENTED BY THE DEPARTMENT OF
INNOVATION, INDUSTRY, SCIENCE AND
RESEARCH (100.0%)
167 Vimiera Road
2122 Eastwood, New South Wales, AU**

72 Inventor/es:

**HEIJMANS, JEROEN;
SAUNDERS, WILL y
GILBERT, JAMES**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 610 232 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

Sistema de posicionamiento de fibras ópticas

Sector técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un sistema para el posicionamiento de fibras en astronomía de campo amplio. En una forma, el procedimiento y el sistema de la presente invención se refieren al anclaje de terminales de fibra junto a, o contra la placa de campo de un telescopio.

Antecedentes de la invención

10 Los grandes telescopios ópticos se utilizan para observar objetos astronómicos, tales como estrellas y galaxias, y para reunir datos para medición y análisis científico. Se muestra una representación esquemática de un telescopio 100 en la figura 1, donde la luz procedente de objetos astronómicos, tales como estrellas 102, se refleja en un espejo 104, y la luz reflejada 106 es enfocada en el plano focal del telescopio, donde está situada una placa de campo 108. Esta luz reflejada 106 es capturada por fibras ópticas 110 y alimentada a uno o varios espectrógrafos 112 para medición y análisis de los datos. Habitualmente se utilizan cientos de fibras. Los terminales de recogida 114 de las fibras respectivas están posicionados en la placa de campo 108 con una precisión suficiente como para
15 que se pueda recoger la luz reflejada desde objetos astronómicos específicos. Por lo tanto, para cada diferente campo de estrellas y de galaxias es necesario reposicionar adecuadamente todas las fibras.

20 En la figura 2A se muestra un tipo de tecnología de posicionamiento de fibras utilizada para posicionar las fibras en la placa de campo. Están situados múltiples casetes 202 alrededor de una placa de campo metálica 204 del telescopio, y cada casete 202 aloja una serie de fibras ópticas (habitualmente 10). Los casetes 202 utilizan retractores cargados por resorte, para mantener rectas las fibras cuando están colocadas en la placa de campo 204. Cada fibra tiene un terminal de fibra 206, y estos terminales 206 son posicionados en la placa de campo 204 mediante una máquina de coger y colocar 208, tal como un posicionador de fibra robótico de un campo de 2 grados (2dF). El posicionador 2dF coge cada vez un terminal 206 y lo coloca en la posición correcta, y a continuación los terminales de fibra son anclados magnéticamente a la placa de campo metálica 204. Este proceso de
25 posicionamiento es complejo, consume mucho tiempo y reduce la cantidad de tiempo de observación disponible para el astrónomo debido a lo que se tarda en para posicionar los terminales de fibra.

30 Haciendo referencia a la figura 2B, cada terminal de fibra 206 está conectado a un imán 210 que se utiliza para anclar el terminal a la placa de campo metálica 204. Para que cada fibra 212 capture la luz reflejada desde el espejo (indicada por la flecha 214) del telescopio, cada terminal de fibra 206 requiere asimismo un prisma 216 que curva hacia la fibra la luz reflejada. Por lo tanto, la construcción de dicho terminal de fibra es muy voluminosa, requiriendo tanto un imán como un prisma.

35 Los telescopios grandes que tienen varios espectrógrafos multi-objeto grandes dan lugar a grandes longitudes de ranura, de tal modo que se requieren números muy grandes de fibras para llenar las ranuras. Debido a la utilización de casetes así como al tiempo que se tarda en el posicionamiento, el número de fibras que se pueden alojar está limitado. Otros problemas incluyen que la configuración cargada por resortes tiene como resultado fuerzas no deseadas ejercidas sobre el posicionador y las fibras que cruzan el plano focal cuando se posicionan los terminales. A medida que crece el número de fibras, crecen asimismo estos problemas.

Debido a las muchas desventajas asociadas con los procedimientos de posicionamiento existentes, es deseable tener una manera alternativa de posicionar y anclar fibras ópticas en grandes telescopios.

Resumen de la invención

40 En un aspecto, se da a conocer un sistema de posicionamiento según la reivindicación 1.

El dispositivo de posicionamiento piezoeléctrico puede comprender dos cilindros piezoeléctricos concéntricos y la cámara está situada entre los dos cilindros. El dispositivo de posicionamiento piezoeléctrico puede comprender un cilindro piezoeléctrico y la cámara está situada dentro de una pared de dicho cilindro.

45 La bomba puede estar compuesta por una bomba de vacío para extraer moléculas de gas del volumen cerrado, reduciendo de ese modo la presión en la cámara. La bomba puede comprender además un tampón de vacío situado funcionalmente entre la bomba de vacío y el camino, de tal modo que el camino interacciona con la bomba por medio del tampón de vacío.

El camino puede comprender tubos que conducen de la bomba al volumen cerrado.

50 La bomba puede comprender: un elemento térmico para calentar el aire en la cámara, una primera válvula unidireccional; y una segunda válvula unidireccional; donde, en uso, calentar y enfriar a continuación el elemento térmico activa un movimiento de aire a través de la primera y la segunda válvulas, reduciendo de ese modo la presión en la cámara.

El sistema de posicionamiento puede comprender asimismo un sistema de control para controlar el movimiento de los dispositivos de posicionamiento. El sistema de control se puede utilizar para controlar de manera sustancialmente simultánea el movimiento de más de uno de los dispositivos de posicionamiento.

En otro aspecto, se da a conocer un procedimiento para anclar un terminal de fibra, según la reivindicación 11.

- 5 Tal como se utiliza en la presente memoria, excepto cuando el contexto requiera lo contrario, el término "comprender" y las variaciones del mismo, tales como "que comprende", "comprende" y "comprendido", no están destinados a excluir otros aditivos, componentes, números enteros o etapas.

10 Otros aspectos de la presente invención y otras realizaciones de los aspectos descritos en los párrafos anteriores resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción, proporcionada a modo de ejemplo y haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una representación esquemática de un gran telescopio.

La figura 2A es una fotografía de una máquina de coger y colocar, posicionando fibra óptica en la placa de campo de un telescopio.

- 15 La figura 2B es una representación esquemática de la configuración del terminal de fibra de las fibras posicionadas en el telescopio de la figura 2A.

La figura 3 es una vista parcial, en perspectiva, de la placa de campo de un gran telescopio con dispositivos automotrices utilizados para posicionar la fibra óptica.

20 La figura 4A es un diagrama esquemático de dos diferentes configuraciones de dispositivos de posicionamiento automotrices.

La figura 4B es un diagrama esquemático de las etapas consecutivas que tienen como resultado un movimiento de traslación de uno de los dispositivos automotrices mostrados en la figura 4A.

25 La figura 4C muestra otra realización del dispositivo automotriz, en la que el electrodo interior está dividido en un electrodo superior y un electrodo inferior, y un diagrama esquemático de las etapas consecutivas que tienen como resultado un movimiento de traslación de esta realización del dispositivo automotriz.

La figura 4D es un diagrama esquemático de las etapas consecutivas que tienen como resultado un movimiento de rotación de otra realización más del dispositivo automotriz.

La figura 4E es una vista superior de la realización del dispositivo automotriz mostrado en la figura 4D.

30 La figura 4F muestra posibles movimientos en una vista superior esquemática del dispositivo automotriz mostrado en la figura 4D.

La figura 5 es una representación esquemática de una realización de los dispositivos automotrices utilizados para posicionar fibras ópticas.

La figura 6 es un diagrama esquemático que muestra varias posiciones de un gran telescopio cuando el telescopio rastrea objetos astronómicos.

35 La figura 7 es un diagrama esquemático de un dispositivo de posicionamiento de fibras según una realización de la invención.

La figura 8A es otro diagrama esquemático del dispositivo de posicionamiento de fibras de la figura 7.

La figura 8B es un diagrama esquemático del sistema de bombeo mostrado en la figura 8A.

40 La figura 9A muestra un diagrama esquemático de un sistema de bombeo de vacío según una realización de la invención.

La figura 9B muestra una vista lateral, en perspectiva, de un dispositivo de posicionamiento.

La figura 9C muestra una vista lateral y superior del dispositivo de posicionamiento de la figura 9B.

La figura 10A es un diagrama esquemático de otra realización de la invención.

La figura 10B es otro diagrama esquemático del dispositivo de posicionamiento de fibras de la figura 9.

La figura 11 es una representación esquemática del hardware del sistema de control, utilizado para controlar el movimiento y el anclaje de los dispositivos de posicionamiento.

La figura 12 es una representación esquemática de un modelo del sistema de control para posicionar y anclar dispositivos de posicionamiento.

5 Descripción detallada de las realizaciones

En la presente memoria se describen procedimientos y sistemas para el posicionamiento y anclaje de fibras basados en dispositivos de posicionamiento automotrices individuales, estando cada uno asociado con un terminal de fibra que se tiene que posicionar en una placa de campo. Haciendo referencia a la figura 3, se muestra una placa de campo 302 de un telescopio, donde la placa de campo 302 se compone de vidrio u otro material rígido transparente adecuado, tal como plástico.

La bóveda de plástico transparente necesaria, utilizada para la placa de campo 302, no tiene por qué estar fabricada con alta precisión y, por ejemplo, se puede conseguir a base de láminas de vidrio disponibles comercialmente. Además, la placa de campo no tiene por qué tener forma de bóveda sino que puede ser sustancialmente plana.

Habitualmente se proporcionan alimentaciones de fibra para una serie de espectrógrafos y/o de tipos de espectrógrafos. Se alimenta un gran número de "unidades de fibra desplegadas" (DFUs, deployable fibre units) a cada espectrógrafo. Las DFUs pueden incluir desde una sola hasta cientos de fibras (por ejemplo, 900) con diámetros de fibra individuales que varían desde 50 micras hasta varios cientos de micras, y proporcionan diversas geometrías de apertura, tal como una sola apertura y múltiples aperturas de segmentación de la imagen.

Las fibras que son colocadas por los dispositivos y conducen a los espectrógrafos del telescopio tienen habitualmente un diámetro exterior de 250 μm , en función del aumento óptico del telescopio y del tamaño de los objetos a estudio. Un conjunto de fibras forma un modelo individual que termina en un enchufe macho conectorizado. Los espectrógrafos son alimentados por medio de ranuras de fibra, cada una con su propio enchufe hembra conectorizado. Los módulos son entonces intercambiables entre los espectrógrafos, y se pueden añadir, actualizar o sustituir módulos a conveniencia. Alternativamente, se adaptan DFUs específicas a un espectrógrafo específico. Algunas DFUs incluso se dividen entre espectrógrafos para estudiar un objeto con diferentes espectrógrafos que tienen, por ejemplo, longitudes de onda y/o resoluciones diferentes.

Los terminales de fibra 304 son desplazados a lo largo de la placa de campo 302 y anclados en la misma, mediante dispositivos de posicionamiento 306. Las fibras ópticas 308 se extienden desde sus respectivos terminales 304 hasta una placa de arnés 310 donde las fibras se fijan a conectores 312 antes de ser agrupadas en módulos y alimentadas a los espectrógrafos del telescopio. La placa de campo 302 está soportada una distancia fija desde la placa de arnés 310 mediante un poste 314 de soporte de la placa de campo.

Además de desplazar y anclar terminales de fibra, los sistemas y procedimientos de posicionamiento y anclaje que se describen en la presente memoria se utilizan para localizar conjuntos de sensor óptico que pueden incluir por sí mismos un terminal de fibra, una lente o un conjunto de lentes y/o un sensor óptico, tal como un fotodetector.

Cada terminal de fibra 304 se posiciona mediante un respectivo dispositivo de posicionamiento 306 que actúa como un robot de posicionamiento en miniatura automotriz. La configuración mostrada en la figura 3 proporciona a cada dispositivo de posicionamiento 306 un "área de patrulla" para simplificar y acelerar la reconfiguración. Las áreas de patrulla solapan y no limitan significativamente las configuraciones disponibles. Dado que los terminales de fibra 304 se pueden desplazar en paralelo, la reconfiguración requiere mucho menos tiempo del que se requiere, por ejemplo, con un robot de coger y colocar, como el robot 2dF, donde el tipo de configuración tiene una dependencia lineal con el número de elementos desplegados y el tamaño de la placa de campo. El robot 2dF que se muestra en la figura 2A requiere del orden de una hora para posicionar 400 fibras en la placa de campo, mientras que un dispositivo de posicionamiento automotriz equivalente puede tener un tiempo típico de configuración del campo de menos de 2 minutos.

La configuración mostrada en la figura 3 que utiliza dispositivos de posicionamiento automotrices tiene una serie de ventajas adicionales, que incluyen:

- Las fibras se posicionan en el lado opuesto de la placa de campo en relación con la configuración de la figura 2A. Este modo 'suspendido' invertido elimina el cruce de la placa de campo por las fibras y los retractores de fibra que restringen el movimiento (asignación de objetivos) y el número de dispositivos.
- La distancia de separación entre los terminales de fibra puede ser menor debido a que la luz viaja en línea recta desde el espejo hasta la entrada de la fibra, sin que el terminal de fibra requiera un prisma para curvar la luz hacia la fibra, tal como es el caso con las fibras originadas en casete. Esto significa que el tamaño físico del dispositivo de posicionamiento permite una separación entre dispositivos de posicionamiento de 5-20 mm.
- Dado que no hay retractores ni fibras que crucen el plano focal, se pueden desplegar cantidades muy grandes de posiciones de fibra.

- Puesto que no se utiliza un robot de coger y colocar, se reduce significativamente el peso del instrumento y éste se puede manejar en un espacio limitado.
- Los dispositivos de posicionamiento automotrices permiten una gran flexibilidad, tal como la capacidad de funcionamiento en micro-seguimiento, que incluye corregir los efectos de distorsión intra-campo de una refracción diferencial atmosférica cambiante así como el giro de la imagen o la rotación de la pupila durante la observación, lo que se describe en mayor detalle a continuación.
- Los dispositivos de posicionamiento automotrices tienen una mayor fiabilidad debido a menos fallos del sistema en puntos aislados.

En una disposición, los dispositivos de posicionamiento 306 pueden mover los terminales de fibra 304 debido a que consisten en un dispositivo piezoeléctrico que cambia de forma en función de (i) la polaridad de un campo eléctrico aplicado y (ii) las especificaciones materiales del material piezoeléctrico utilizado, generando de ese modo un movimiento mecánico con la aplicación de formas de onda eléctricas. Haciendo referencia a la figura 4A, en una configuración el dispositivo 430 consiste en un solo tubo piezoeléctrico 432 con más de uno, pero lógicamente como mucho cuatro electrodos para permitir la flexión o curvatura radial en las direcciones indicadas por las flechas 434 y 436, y en las direcciones normales a las flechas. El dispositivo se puede por lo tanto desplazar en un plano x-y (paralelo a la placa de campo) o girar en torno a un eje ortogonal a la placa de campo. El interior del tubo 432 es una cámara 433 que soporta el terminal de fibra, y adicional o alternativamente puede asimismo soportar una o varias lentes, tales como lentes de fibra y/o sensores ópticos (por ejemplo, fotodiodos). El dispositivo 430 se puede curvar o flexionar para un movimiento lateral y desplazar el terminal de fibra, por ejemplo utilizando un procedimiento de sacudida ("stick-slip") inercial, tal como se describe en A. McGrath et al. "Deployable payloads with Starbug," Proc. SPIE 6273 (2006). Se pueden cincelar una o varias cámaras a través de la pared del tubo 432 para ayudar a anclar el dispositivo a una placa de campo, tal como se describe en mayor detalle a continuación haciendo referencia a las figuras 8 a 10.

En otra configuración, el dispositivo 450 incluye dos cilindros concéntricos: un cilindro interior que forma una pared interior 414 y un cilindro exterior que forma una pared exterior 412, definiendo de ese modo una cámara 804 entre los dos cilindros. El cilindro interior se utiliza para soportar el terminal de fibra, y adicional o alternativamente puede asimismo soportar una o varias lentes, tales como lentes de fibra y/o sensores ópticos (por ejemplo, fotodiodos).

Los dispositivos de posicionamiento pueden, alternativa o adicionalmente, incluir un receptáculo que incluye un medio de posicionamiento piezoeléctrico e incluye asimismo una cámara u otro volumen cerrado utilizado para anclar los dispositivos.

Haciendo referencia a la figura 4B, la aplicación de una tensión positiva +V a través de una pared del tubo cerámico piezoeléctrico 414 hace que esta pared se contraiga, y la aplicación de una tensión negativa -V a través de la pared opuesta hace que la pared opuesta se expanda. Por lo tanto, se puede crear un movimiento de curvatura simple aplicando potenciales diferentes en lados opuestos del tubo. Además, se puede generar un movimiento de curvatura doble si el electrodo de, por ejemplo, el tubo interior está dividido en un electrodo superior y uno inferior a los que se aplican tensiones diferentes, tal como se muestra en la figura 4C, en que se aplica una tensión V_A al electrodo superior y se aplica una tensión V_B al electrodo inferior. Esto mantiene la superficie extrema del dispositivo 450 en paralelo con la placa de campo, permitiendo el desplazamiento sin hacer que el posicionador se incline. Por ejemplo, en la etapa 480, el electrodo superior y los electrodos inferiores tienen aplicada respectivamente una tensión igual pero opuesta, de tal modo que el tubo interior 412 presenta una forma de S. En la etapa 482, el tubo exterior 412 se reduce en longitud, por ejemplo, aplicando la misma tensión positiva V+ a ambas paredes del tubo exterior 412, que por lo tanto se contrae. El tubo interior 414 curvado en forma de S puede, por lo tanto, entrar en contacto con la placa de campo 416 y descansar sobre la misma. En la etapa 484, las tensiones aplicadas al electrodo superior y al electrodo inferior se invierten, provocando que el tubo interior 414 se curve en forma de S inversa y provocando que el dispositivo 450 se traslade. Para seguir desplazando el dispositivo 450, el tubo exterior 412 se puede extender primero en longitud, por ejemplo, aplicando la misma tensión negativa V- a ambas paredes del tubo exterior 412 (y por lo tanto, expandiéndolas), de tal modo que el tubo exterior 412 descansa sobre la placa de campo 416. Las etapas 480 a 484 se pueden repetir a continuación para mantener el movimiento del dispositivo 450.

El desplazamiento del tubo depende de la magnitud de la tensión aplicada, y es del orden de diez micras para varios cientos de voltios. El movimiento del dispositivo 402 se muestra en las etapas 404, 406, 408 y 410 de la figura 4B. El dispositivo 402 incluye dos tubos o cilindros piezoeléctricos coaxiales: un tubo exterior 412 y un tubo interior 414. Accionando los dos tubos coaxiales del dispositivo con formas de onda periódicas alternas específicas, se puede conseguir un movimiento de traslación gradual en las direcciones x e y. Para una traslación gradual, en primer lugar el tubo exterior 412 se extiende en la dirección de las flechas 413, de tal modo que el tubo interior 414 está suspendido alejado de la placa de campo 416. A continuación, en la etapa 404, el tubo interior 414 se curva hacia la derecha tal como se indica por la flecha 418, seguido por la contracción del tubo exterior 412 en la etapa 406, de tal modo que el dispositivo 402 está soportado contra la placa de campo 416 mediante el tubo interior 414 curvado y se inclina hacia la derecha tal como se muestra mediante la flecha 220. Finalmente, el tubo interior 414 se curva hacia la izquierda tal como se indica por la flecha 222, lo que impulsa el dispositivo hacia delante tal como se indica por la flecha 224. Este ciclo se repite para producir un movimiento de 'caminar'.

La amplitud típica de la forma de onda es de 120 a 200 V a una frecuencia de 100 Hz. Cada ciclo de la forma de onda es una única etapa de aproximadamente 5 micras para una longitud y un diámetro del posicionador de 20 mm y 8 mm respectivamente, que equivale a una velocidad típica de 0,5 mm/s. La velocidad se puede variar cambiando la frecuencia de todas las formas de onda o bien cambiando el tamaño de la etapa mediante cambiar la magnitud de la curvatura del tubo interior modificando las amplitudes de pico de las formas de onda aplicadas.

La descripción anterior dirigida a la figura 4B se refiere al movimiento de traslación del dispositivo de posicionamiento. Adicionalmente, el dispositivo puede realizar movimiento rotacional. Accionando los dos tubos coaxiales del dispositivo con formas de onda periódicas alternas específicas, se puede conseguir un movimiento rotacional gradual. En particular, el dispositivo se puede configurar para posicionar angularmente el terminal de fibra con el fin de corregir la rotación de la pupila durante la observación del telescopio. El eje en torno al cual se produce la rotación de la pupila puede ser un eje normal a la placa de campo o al plano focal, es decir, normal al plano de los movimientos de traslación (x, y).

La figura 4D muestra vistas laterales de una realización de un dispositivo de posicionamiento apto para el posicionamiento angular de la placa de campo 416. La serie de diagramas de la figura 4D muestran varias etapas o pasos 490, 492, 494, 496 y 498 durante el movimiento de rotación del dispositivo 450. Para simplificar la ilustración, el dispositivo 450 mostrado en la figura 4D no incluye el movimiento de curvatura doble. El movimiento de rotación se puede obtener asimismo con un dispositivo dividido en electrodos superior e inferior, tal como se muestra en la figura 4C.

Para conseguir el movimiento de rotación y por lo tanto, el posicionamiento angular, el dispositivo 450 puede utilizar una combinación de movimientos del tubo exterior 412 y el tubo interior 414. En la etapa 492, el dispositivo 450 puede curvar o flexionar en primer lugar el tubo exterior 412 hacia la izquierda, tal como muestra la flecha 420, de tal modo que todo el dispositivo 450 está inclinado hacia la izquierda y pivotando sobre un punto 424 en el borde exterior del dispositivo 450. A continuación, en la etapa 494, el tubo interior 414 se curva o flexiona en la dirección saliendo de la página, tal como muestra el símbolo \odot 422, de tal modo que se produce un movimiento gradual en una dirección sustancialmente ortogonal a la dirección de curvatura del tubo exterior 412. Esto hace que el dispositivo 450 rote o gire alrededor del punto de pivotamiento 424 sobre el borde del tubo exterior 412. El vector de doble punta, por ejemplo en el punto 424, es un indicador de rotación. Las marcas de estrella \star 421, que se muestran con propósitos ilustrativos y no forman parte del dispositivo 450, muestran la extensión de rotación del dispositivo 450. A continuación, en la etapa 496 con el tubo exterior 412 curvándose o flexionándose en una dirección sustancialmente opuesta 426, y en la etapa 498 con el tubo interior 414 avanzando gradualmente en la dirección entrando a la página, tal como se muestra mediante el símbolo \otimes 430, la rotación del dispositivo 450 puede proseguir alrededor de un punto 428 sobre el borde opuesto del tubo exterior 412. Repitiendo estos movimientos graduales opuestos de igual magnitud, se puede conseguir la rotación en torno a un eje de rotación virtual 432 en el centro del dispositivo 450. Adicionalmente, controlando la relación de las etapas de un lado con respecto a las etapas del lado opuesto, se puede conseguir una rotación en torno a cualquier punto virtual entre el centro 432 del dispositivo y el borde exterior del tubo exterior 412. La figura 4E muestra asimismo direcciones de curvatura 420 y 426 del tubo exterior 412 y direcciones de curvatura 424 y 430 del tubo interior 414, en una vista superior del dispositivo 450. Aunque el movimiento gradual de rotación descrito anteriormente es realizado por el tubo interior 414 mientras el dispositivo 450 pivota sobre el tubo exterior 412, se debe apreciar que, en otras realizaciones, el movimiento gradual de rotación puede ser realizado por el tubo exterior 412 mientras el dispositivo 450 puede pivotar sobre el tubo interior 414.

Además, al combinar las capacidades de movimiento angular con las capacidades de movimiento de traslación del dispositivo, se puede conseguir la rotación en torno a cualquier eje de rotación virtual que sea normal al plano del campo en las direcciones x e y. La figura 4F muestra que el dispositivo 450 se puede girar en sentidos horario y antihorario, indicados por la flecha 434 en torno al eje central 432 del dispositivo u otro eje normal 436 arbitrario, exterior al dispositivo. Se pueden conseguir normalmente etapas discretas de unos pocos minutos de arco, estando el tamaño de la etapa controlado por la amplitud de las señales eléctricas aplicadas. La velocidad de rotación se puede controlar ajustando la frecuencia de las etapas, con velocidades angulares máximas alcanzables de más de 55 grados/segundo. A su vez, el dispositivo 450 puede rotar o girar más de 360 grados, estando limitado el ángulo máximo de rotación por cualquier cableado acoplado, debido a la torsión.

Se pueden utilizar asimismo mecanismos de movimiento basados en otros tipos de tecnologías, por ejemplo utilizando materiales magnetostrictivos, aleación con memoria de forma, accionadores por diferencial de temperatura o polímeros electroactivos.

En la figura 5 se muestra una realización de un dispositivo de posicionamiento automotriz que utiliza este tipo de accionador piezoeléctrico de doble tubo. Los dispositivos de posicionamiento 502 tienen una carcasa metálica 504 con o sin imanes, y están anclados a la placa de campo 302 mediante un imán toroidal 506 en el lado opuesto de la placa de campo. Los imanes 506 pueden tener cualquier forma adecuada, tal como forma de C o forma de tuerca, siempre que los imanes incluyan una abertura que permita el paso de la luz a través de las fibras respectivas 508. La luz estelar entra a través del imán 506 con forma toroidal o de anillo, y a continuación es guiada por la fibra 508 para proporcionar una entrada a un espectrógrafo (no mostrado). Múltiples dispositivos de posicionamiento 502

pueden reposicionarse simultáneamente a sí mismos y desplazarse a una velocidad de aproximadamente 0,5 mm/s para proporcionar configuración en tiempos del orden de minutos.

5 La configuración de un dispositivo magnético suspendido por debajo de una placa de vidrio delgada con un imán anular sobre la placa para proporcionar adherencia tiene una serie de ventajas dado que no se requiere la utilización de retractores. Además, ninguna fibra cruza el plano focal, lo que posibilita desplegar un gran número de dispositivos de posicionamiento. Sin embargo, un requisito adicional para este tipo de configuración es que el vidrio de la placa de campo 302 tiene que ser lo suficientemente delgado para que el anclaje magnético funcione de manera eficiente. Se puede utilizar un recubrimiento especial sobre el vidrio para facilitar el movimiento durante el reposicionamiento.

10 Haciendo referencia a la figura 6, se muestra una representación esquemática de un telescopio 602 en una posición vertical, indicada por un ángulo de inclinación de 0° . Sin embargo, cuando el telescopio rastrea objetos astronómicos se puede inclinar a través de un intervalo desde $-\theta$, tal como se muestra mediante el telescopio inclinado 604, hasta $+\theta$, tal como se muestra mediante el telescopio inclinado 606, donde $-\theta = -90^\circ$ y $+\theta = 90^\circ$. Por consiguiente, la placa de campo 608 del telescopio se inclinará de tal modo que la configuración de imanes descrita anteriormente haciendo referencia a la figura 5 podría tener como resultado que los terminales de fibra (cada uno con un peso aproximado de 0,8-2,5 gramos) resbalen a través de la placa de campo 302 en ángulos elevados debido a que no hay agarre suficiente entre los dispositivos anclados magnéticamente 502 y la placa de campo 302. Esto es así especialmente si la placa de campo 302 incluye un recubrimiento duro y resbaladizo para facilitar el movimiento de los dispositivos de posicionamiento a través de la placa de campo 302.

20 Para tener en cuenta la posibilidad de que los dispositivos de posicionamiento resbalen, la figura 7 muestra una configuración alternativa 700 de dispositivos de posicionamiento automotrices 702 que no hacen uso de imanes para su anclaje a la placa de campo 302. En esta configuración, una succión o presión reducida entre el dispositivo 702 y la placa de campo 302 tiene como resultado una fuerza (representada por las flechas 704) que ayuda al dispositivo 702 a "pegarse" a la placa de campo 302.

25 En una realización, la presión reducida es una presión de aire reducida proporcionada al dispositivo 702 por medio de un único cable 706 que incluye tanto la fibra óptica como los tubos para extraer aire y conseguir la presión reducida entre el dispositivo 702 y la placa de campo 302. Sin embargo, la fibra y los tubos no tienen porque estar alojados en un único cable sino que se pueden dirigir por separado al dispositivo 702.

30 Los tubos tienen que ser lo suficientemente robustos como para resistir una reducción interior en la presión, y un tubo con un diámetro interior de 1 mm y un diámetro exterior de 1,5 mm es adecuado para la interconexión con el dispositivo de posicionamiento. La longitud del tubo puede estar comprendida entre 30 mm y 1000 mm, dependiendo de la configuración global del telescopio. El material utilizado para los tubos puede incluir caucho, politetrafluoretileno (PTFE, conocido normalmente como teflón), silicio u otros plásticos. Se pueden utilizar asimismo tubos metálicos que tengan fuelles en ambos extremos que permitan la curvatura o flexión.

35 Haciendo referencia a la figura 8A, el dispositivo de posicionamiento 702 incluye un tubo piezoeléctrico cerámico interior 414 y un tubo exterior 412 que, juntos, efectúan el movimiento del terminal de fibra. El área entre el tubo interior 414 y el tubo exterior 412 define un volumen cerrado o sustancialmente cerrado, en el interior de una cámara 804 con una abertura anular 806 que se apoya, está situada en o está soportada contra la placa de campo 302. La presión reducida en la cámara 804 que tiene como resultado la aspiración que ancla el dispositivo de posicionamiento 702 a la placa de campo 302 es generada por medios de aspiración, en este caso un sistema de bombeo 802. El sistema de bombeo 802 se utiliza para reducir la presión en el interior de la cámara 804, de tal modo que la presión reducida tira del dispositivo 702 (junto con el terminal de fibra del mismo) contra la placa de campo 302.

45 La fuerza normal 832 ejercida por el dispositivo de posicionamiento anclado 702 sobre la placa de campo 320 es generada por el sistema de bombeo 802. La fuerza normal 832 junto con la fuerza de ficción 830 proporcionan la fuerza total que contrarresta la fuerza gravitatoria sobre el dispositivo de posicionamiento, para anclar el dispositivo de posicionamiento a la placa de campo 320 a través del intervalo de movimiento del telescopio. La diferencia de presión proporcionada por el sistema de bombeo 802 está en el intervalo de 0,1-1,0 bar.

50 El sistema de bombeo 802 incluye una bomba 810 (denominada asimismo un generador de vacío) que conduce a un tanque de retención que proporciona un tampón de vacío 812 con un volumen de tampón por medio de una salida 814 de la bomba, tal como se muestra en la figura 8B. Las bombas adecuadas pueden incluir paletas rotativas, bombas de espiral, bombas de anillo líquido, bombas de émbolo, bombas Wankel, bombas de husillo, bombas de diafragma, bombas cilíndricas y bombas lobulares. Se puede utilizar asimismo una unidad de vacío basada en inyector basada en aire a presión.

55 El tampón 812 proporciona una cámara de presión reducida 816 y consiste en una vasija fabricada de vidrio, de plástico o de otro material adecuado, con un volumen interno de 1 a 1000 litros. El tampón 812 tiene una función doble. El tampón 812 proporciona un sistema de apoyo para mantener una presión reducida con el fin de anclar los dispositivos de posicionamiento 702 en la placa de campo 302, por ejemplo en el caso de un fallo en la bomba o en la potencia, o de tal modo que los dispositivos de posicionamiento permanezcan situados contra la placa de campo

302 durante la reposición. El tampón 812 proporciona asimismo una superficie extendida 818 para interconectar los tubos 820 necesarios para los dispositivos de posicionamiento 702 con la bomba 802. La superficie extendida se puede proporcionar asimismo en forma de un colector, tal como un colector de 8 vías 830 como el mostrado en la figura 9A. El colector está fabricado a medida e incluye una placa con orificios equidistantes entre sí para crear un cierto intervalo de patrulla, habitualmente de milímetros a decenas de milímetros de separación.

Los tubos de vacío individuales 820 de aproximadamente 0,6 m de longitud tienen un diámetro interno de por lo menos 1 mm. Se utiliza un tubo de silicio de 1,8 mm, y el peso de cada tubo es de poco más de 1 g. Se puede utilizar un tipo de material diferente que tenga una rigidez y unas propiedades superficiales adecuadas. Los tubos 820 que salen del tampón de vacío 812 están agrupados con las fibras respectivas 822 en la placa de arnés 310 para formar los cables 706 que, a su vez, conducen al dispositivo de posicionamiento 702 en la placa de campo 302. El camino proporcionado por el tubo 820 conduce a continuación a la cámara 804 de cada dispositivo de posicionamiento para permitir una reducción de presión en el volumen sustancialmente cerrado dentro de la cámara respectiva, anclando de ese modo el dispositivo de posicionamiento respectivo a la placa de campo.

En otras disposiciones, el sistema puede tener un tampón segmentado 812 o varios tampones en paralelo, donde cada segmento de tampón o cada uno de los tampones individuales está asociado con un conjunto respectivo de dispositivos de posicionamiento. Los tampones pueden compartir una bomba común o pueden tener bombas respectivas.

Haciendo referencia a las figuras 9B y 9C, se muestra un dispositivo de posicionamiento 702 que interactúa con el sistema de bombeo 802 que se ha descrito anteriormente. El tubo interior 414 tiene un diámetro exterior de 3,0-3,4 mm, un diámetro interior de 2,0-2,4 mm y una longitud de 20-35 mm. El tubo exterior 412 tiene un diámetro exterior de 6,0-7,0 mm y un diámetro interior de 4,0-5,5 mm. El peso del dispositivo es de 1-3 gramos. El puerto de vacío 840 en la parte superior del dispositivo de posicionamiento 702 es una aguja de 0,5 mm. Esto es conforme con las limitaciones dimensionales del dispositivo de posicionamiento 702. Se aplica una presión reducida a la cámara 804 entre los tubos exterior 412 e interior 414. El puerto estrecho 840 que entra en el dispositivo de posicionamiento 702 actúa como un orificio limitador del flujo, que impide una pérdida rápida de vacío en el sistema cuando se separan de la placa de campo 302 uno o varios de los dispositivos de posicionamiento. Al mismo tiempo, el flujo es adecuado para impedir una pérdida de vacío en el dispositivo de posicionamiento 702 por medio de las fugas resultantes del funcionamiento normal, como han demostrado las pruebas.

Haciendo referencia a la figura 10A, se muestra un dispositivo de posicionamiento automotriz 902 que ancla el terminal de la fibra en la placa de campo 302 utilizando una bomba individual en miniatura 906. En esta realización, cada dispositivo de posicionamiento 902 tiene su propia bomba en miniatura 906, reduciendo por lo tanto el tamaño y el peso globales del instrumento, y eliminando la utilización de tubos entre los dispositivos de posicionamiento y una bomba remota. En lugar de alimentar los tubos relativamente voluminosos junto con la fibra, se proporciona con la fibra solamente el cableado utilizado para el control de posicionamiento del dispositivo de posicionamiento (y el cableado para los sensores de presión y/u ópticos, si están incluidos), de tal modo que el cable 904 es menos voluminoso que el cable 706 mostrado en la figura 7.

Haciendo referencia a la figura 10B, el dispositivo de posicionamiento 902 incluye un tubo piezoeléctrico cerámico interior 414 y un tubo exterior 412 que, juntos, efectúan el movimiento del terminal de fibra. El área entre el tubo interior 414 y el tubo exterior 412 define una cámara 804 con una abertura anular 806 que se apoya, está situada en o está soportada contra la placa de campo 302. La bomba en miniatura 906 se utiliza para reducir la presión en el interior de la cámara 804, de tal modo que la presión reducida tira del dispositivo 902 junto con el terminal de fibra del mismo, contra la placa de campo 302. La bomba en miniatura 906 tiene una forma toroidal en general, de tal modo que la fibra (no mostrada) puede pasar a través de la bomba y entrar al tubo interior 414, de manera que el terminal de fibra (junto con un conjunto asociado de microlentes, si se utiliza) puede estar situado contra la placa de campo 302, o cerca de la misma.

La bomba en miniatura 906 incluye una cámara térmica 1006 con una pared 1008 que interacciona con el accionador, y una pared 1010 que interacciona con el aire, pudiendo ambas paredes estar fabricadas de un metal tal como aluminio, o alternativamente de un material aislante térmico, tal como vidrio o cerámica. Está dispuesto un elemento térmico 1012, tal como una bobina térmica fabricada con una resistencia, que está situado en el interior de la cámara térmica 1006 y se utiliza para calentar el aire en el interior de la cámara térmica 1006 con el fin de reducir la presión en la cámara térmica mediante las etapas siguientes:

1. En primer lugar, la bobina térmica 1012 calienta el aire en la cámara térmica 1006, de tal modo que el aire se expande y parte del aire empuja atravesando la válvula unidireccional 1018.
2. Cuando a continuación se desconecta la bobina térmica 1012, el aire en la cámara 1006 se enfría y la presión se reduce debido al aire que ha escapado a través de la válvula unidireccional 1018.
3. Esta reducción de presión tiene como resultado un movimiento de aire desde la cámara 804 a través del camino mediante la válvula unidireccional 1014 a la cámara térmica 1006, teniendo por lo tanto como

resultado una reducción de presión en la cámara 804 y, por consiguiente, facilitando el anclaje del dispositivo de posicionamiento en la placa de campo.

Debido a que el terminal de fibra y el dispositivo de posicionamiento están sustancialmente enrasados frente a la superficie lisa de la placa de campo 302, la fuga de aire (representada por la flecha 1020) es mínima. Por consiguiente, la diferencia de presión para anclar cada dispositivo se proporciona bombeando menos de 10 litros por minuto, por ejemplo 1 litro por minuto o 0,1 litro por minuto. Esto se puede conseguir proporcionando el elemento térmico 1012 una potencia entre 1 mW y 1 W. La bomba en miniatura 906 tiene un diámetro 1030 de 1,5-2,5 mm, una altura 1032 de 8-12 mm y pesa entre 1 y 3 gramos.

Las realizaciones descritas anteriormente haciendo referencia a las figuras 7 a 10, que utilizan una reducción de presión para anclar los dispositivos de posicionamiento a la placa de campo 302, no sólo tienen la ventaja de que son relativamente insensibles a la orientación de la gravedad, sino que tienen asimismo la ventaja de que tienen como resultado un rayado u otros daños sobre la superficie de la placa de campo 302 cuando los terminales de fibra se reposicionan menor del que, por ejemplo, es el caso con los dispositivos de posicionamiento anclados magnéticamente que arrastran sus anclajes a través de la placa de campo. Además, debido a que la potencia necesaria para la reposición es menor (dado que la fuerza utilizada para el anclaje no es tan alta como para el anclaje magnético) hay menos consumo de potencia y disipación de calor cuando se reposicionan los terminales de fibra. Además, sin un imán en el lado opuesto de la placa de campo 302 se reduce la fuerza de arrastre.

La figura 11 muestra un diagrama de bloques de un sistema de control 1100 utilizado para controlar el posicionamiento y anclaje de los dispositivos de posicionamiento descritos anteriormente. El controlador maestro y generador de formas de onda 1102 utiliza un micro controlador y convertidores de digital a analógico para producir las formas de onda de accionamiento para los dispositivos de posicionamiento, a una frecuencia específica. En esta etapa se aplica asimismo condicionamiento y preamplificación de señales. Las formas de onda de baja tensión procedentes del generador 1102 se alimentan a amplificadores de alta tensión 1104, y se entregan a relés 1108. La conmutación de los relés 1108 es manejada por un microcontrolador dedicado que está controlado por el controlador maestro y generador de formas de onda 1102 (por medio de un protocolo de comunicaciones en serie, tal como SPI). Se envían comandos para controlar las formas de onda y los relés al generador 1102 desde un procesador 1106 (que puede ser un PC estándar, por ejemplo) por medio de un protocolo de comunicaciones en serie, tal como RS-232. La conmutación de las formas de onda de alta tensión a los electrodos de los dispositivos de posicionamiento 1110 es realizada por los relés 1108. Para esa tarea se utilizan normalmente relés de estado sólido. La posición espacial de los dispositivos de posicionamiento se mide con un sensor 1112, tal como una cámara de visión computerizada de alta resolución calibrada. La metrología y el procesamiento de la información de control se llevan a cabo mediante software a medida en tiempo real, ejecutado en el PC. El sistema de control 1100 se utiliza para posicionar con precisión los dispositivos de posicionamiento en la placa de campo del telescopio, en localizaciones específicas. Esto se consigue por medio de retroalimentación en bucle cerrado desde el sensor 1112.

La figura 12 es una representación esquemática de un modelo del sistema de control 1200 para posicionar y anclar dispositivos de posicionamiento. Se utiliza un sistema de posicionamiento de bucle cerrado debido a las pequeñas variaciones intrínsecas entre los dispositivos de posicionamiento y a la susceptibilidad a las perturbaciones externas. Para comenzar, se define una ubicación espacial, Ref (x, y), como la posición final deseada para un dispositivo de posicionamiento. El objetivo es cerrar el bucle mediante iteración e integración, para minimizar el error de posición $Err(x, y)$, de la posición real Pos (x, y) con respecto a la posición deseada Ref (x, y). El sistema de control 1204 puede posicionar múltiples dispositivos de posicionamiento de este modo, de manera simultánea o sustancialmente simultánea. En el modelo 1200, el sistema de control 1204 incluye el PC 1106, el controlador maestro y generador de formas de onda 1102, amplificadores de alta tensión 1104 y relés 1108, tal como se ha descrito anteriormente haciendo referencia a la figura 11. El posicionamiento y anclaje de los dispositivos de posicionamiento 1110 es medido por un sensor 1112 (tal como una cámara), proporcionando de ese modo retroalimentación en el sistema de control de bucle cerrado. Además, el sistema de control 1204 puede proporcionar asimismo retroalimentación relativa a la posición angular de los dispositivos de posicionamiento para el posicionamiento de cada dispositivo en una posición angular y de traslación deseada.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de posicionamiento para anclar un terminal de fibra en una ubicación en una placa de campo de un telescopio, comprendiendo el sistema de posicionamiento:
- 5 un dispositivo de posicionamiento piezoeléctrico (702) para posicionar el terminal de fibra, **caracterizado por que** el dispositivo de posicionamiento comprende una cámara (804) que tiene una abertura, estando situada la abertura contra la placa de campo definiendo, en uso, un volumen sustancialmente cerrado en el interior de la cámara;
- una bomba (802) para reducir la presión en el interior del volumen cerrado;
- un camino (820) que conecta la bomba y el volumen cerrado de tal modo que, en uso, la bomba efectúa una reducción de presión en la cámara anclando de ese modo el terminal de fibra a la placa de campo; y
- 10 un sistema de control para controlar el movimiento del dispositivo de posicionamiento piezoeléctrico en la placa de campo del telescopio;
- estando dispuesto el sistema de posicionamiento para mantener la reducción de presión en la cámara durante el movimiento del dispositivo de posicionamiento piezoeléctrico.
- 15 2. El sistema de posicionamiento según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de posicionamiento piezoeléctrico comprende dos cilindros piezoeléctricos concéntricos y la cámara está situada entre los dos cilindros.
3. El sistema de posicionamiento según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de posicionamiento piezoeléctrico comprende un cilindro piezoeléctrico y la cámara está situada dentro de una pared de dicho cilindro.
4. El sistema de posicionamiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la bomba comprende una bomba de vacío para extraer moléculas de gas del volumen cerrado, reduciendo de ese modo la presión en la cámara.
- 20 5. El sistema de posicionamiento según la reivindicación 4, en el que la bomba comprende además un tampón de vacío situado funcionalmente entre la bomba de vacío y el camino, de tal modo que el camino interacciona con la bomba por medio del tampón de vacío.
6. El sistema de posicionamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo piezoeléctrico está configurado además para un movimiento de rotación para posicionar angularmente el terminal de fibra.
- 25 7. El sistema de posicionamiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la bomba comprende:
- un elemento térmico para calentar el aire de la bomba;
- una primera válvula unidireccional; y
- 30 una segunda válvula unidireccional;
- en el que, durante la utilización, calentar y enfriar a continuación el elemento térmico permite un movimiento de aire a través de la primera y la segunda válvulas, reduciendo de ese modo la presión en la cámara.
8. El sistema de posicionamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de posicionamiento piezoeléctrico es uno de una serie de dispositivos de posicionamiento piezoeléctricos.
- 35 9. El sistema de posicionamiento según cualquier reivindicación anterior, en el que el movimiento de la serie de dispositivos de posicionamiento piezoeléctricos incluye movimiento de traslación y/o movimiento de rotación.
10. El sistema de posicionamiento según cualquier reivindicación anterior, que comprende además un conjunto de sensor óptico en una ubicación en una placa de campo del telescopio, con una entrada al conjunto de sensor óptico;
- 40 comprendiendo un receptáculo la entrada al conjunto de sensor óptico y al dispositivo de posicionamiento piezoeléctrico, y comprendiendo el receptáculo la cámara con la abertura que, durante la utilización, está retenida contra la placa de campo para definir un volumen cerrado.
11. Un procedimiento para anclar un terminal de fibra en una ubicación en una placa de campo telescópica, comprendiendo el procedimiento:
- posicionar un dispositivo de posicionamiento de fibras contra la placa de campo;
- 45 estando el procedimiento **caracterizado por**:

reducir la presión en un volumen cerrado en el interior del dispositivo de posicionamiento de fibras, anclando de ese modo el terminal de fibra en la placa de campo,

mover el dispositivo de posicionamiento piezoeléctrico sobre la placa de campo del telescopio, y

5 mantener la reducción de presión en el volumen cerrado durante el movimiento del dispositivo de posicionamiento piezoeléctrico sobre la placa de campo del telescopio.

12. El procedimiento según la reivindicación 11, incluyendo el dispositivo de posicionamiento de fibras dos cilindros piezoeléctricos concéntricos dispuestos como un cilindro interior y un cilindro exterior, comprendiendo el procedimiento las etapas adicionales de:

10 aplicar una primera tensión a través de uno de los dos cilindros piezoeléctricos concéntricos para curvar dicho uno de los dos cilindros piezoeléctricos concéntricos en una primera dirección; y

aplicar una segunda tensión a través de otro de los dos cilindros piezoeléctricos concéntricos para mover el otro de los dos cilindros piezoeléctricos concéntricos en una segunda dirección sustancialmente ortogonal a la primera dirección.

13. El procedimiento según la reivindicación 12, que comprende además las etapas de:

15 aplicar una tercera tensión a través de dicho uno de los dos cilindros piezoeléctricos concéntricos para curvar dicho uno de los dos cilindros piezoeléctricos concéntricos en una tercera dirección sustancialmente opuesta a la primera dirección; y

aplicar una cuarta tensión a través del otro de los dos cilindros piezoeléctricos concéntricos para mover el otro de los dos cilindros piezoeléctricos concéntricos en una cuarta dirección sustancialmente ortogonal a la tercera dirección.

20

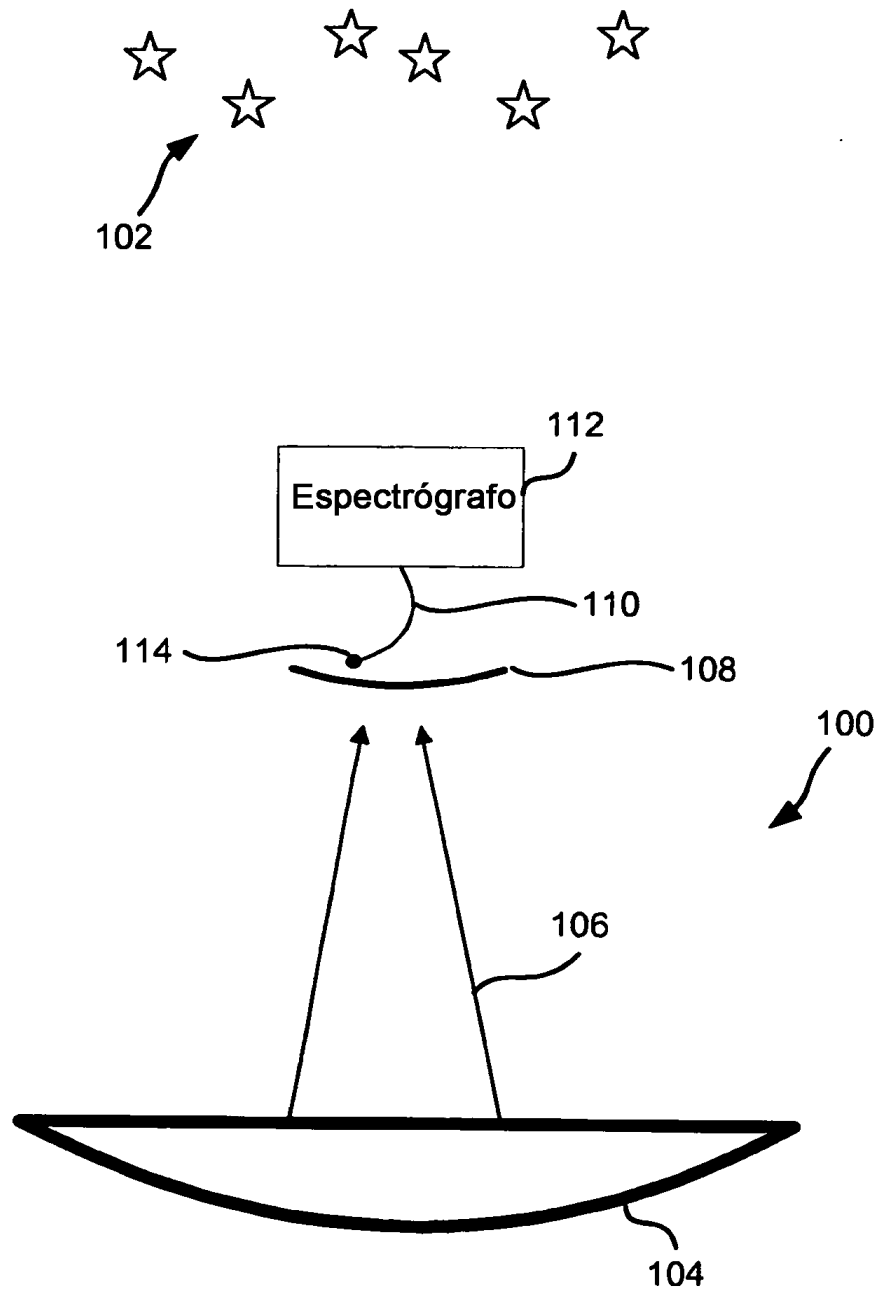


Figura 1

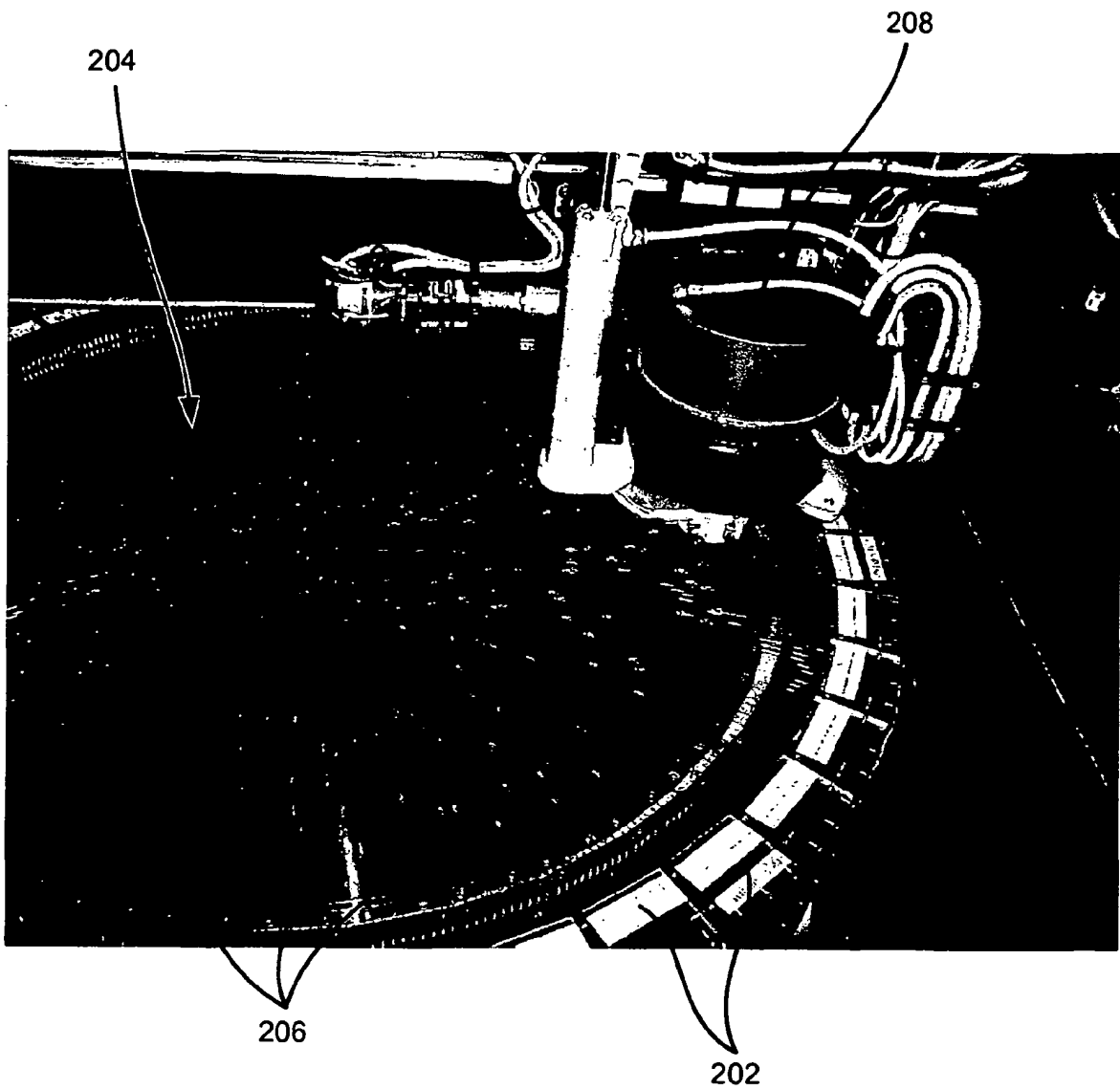


Figura 2A

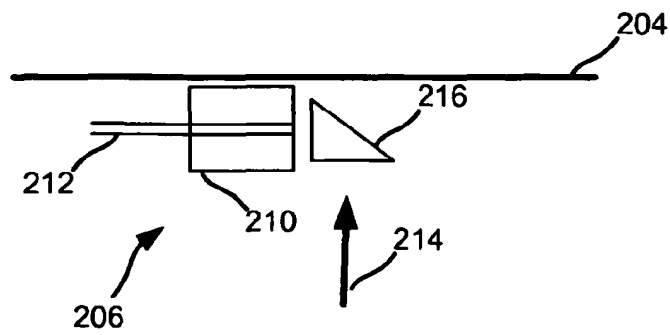


Figura 2B

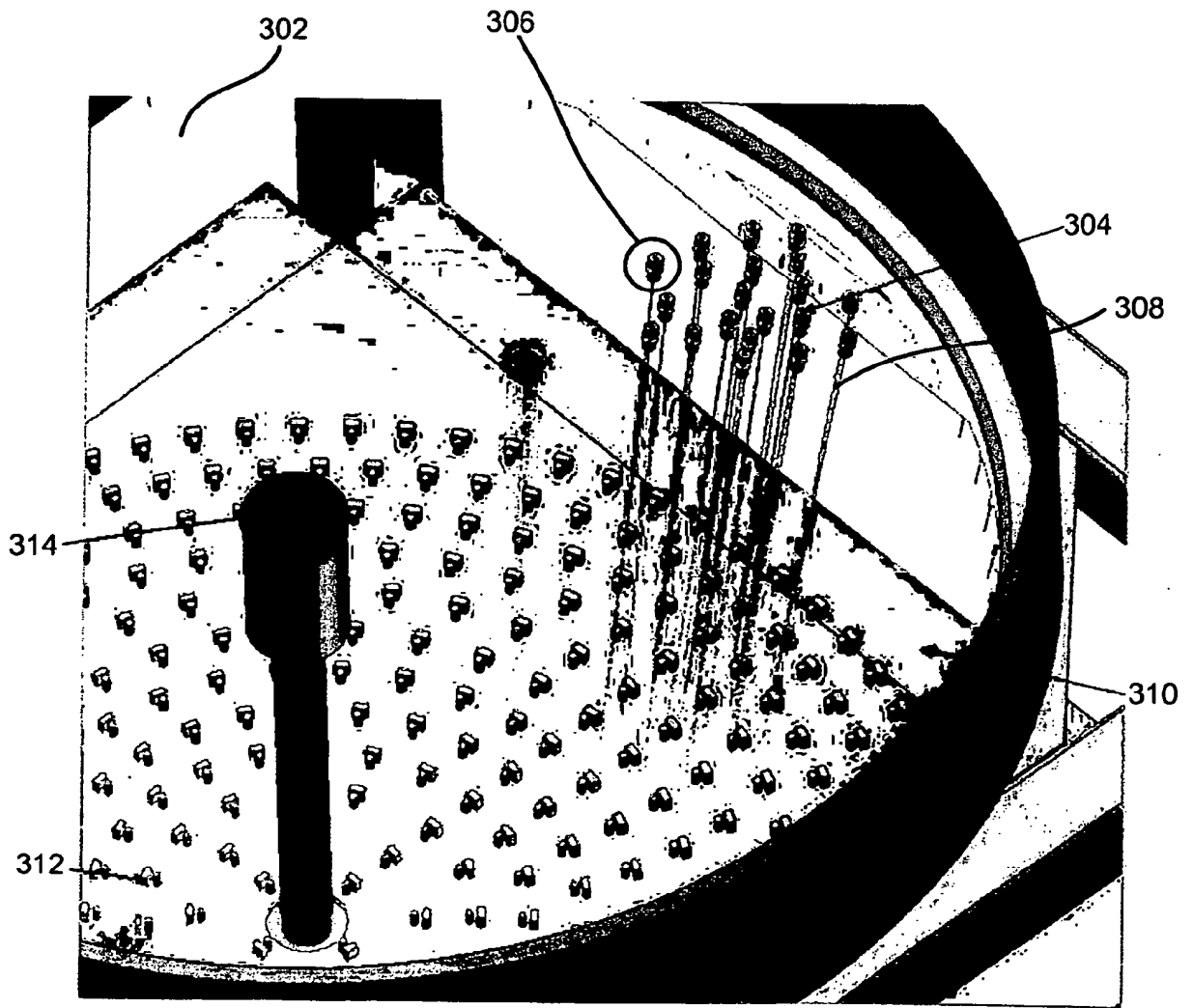


Figura 3

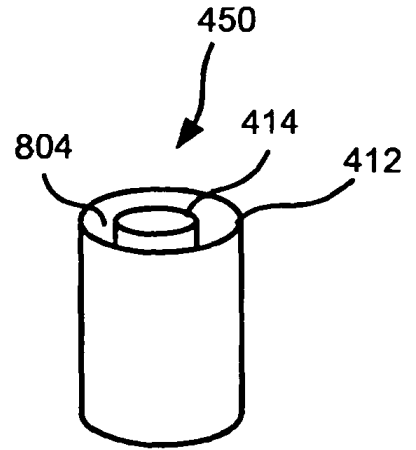
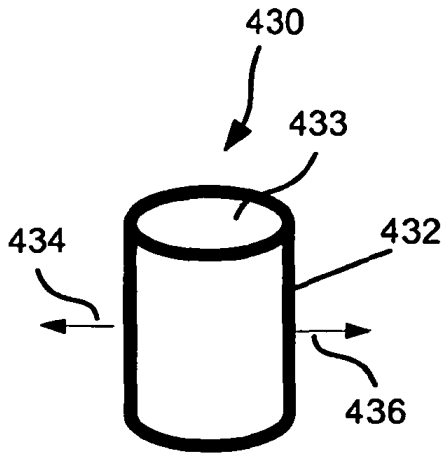


Figura 4A

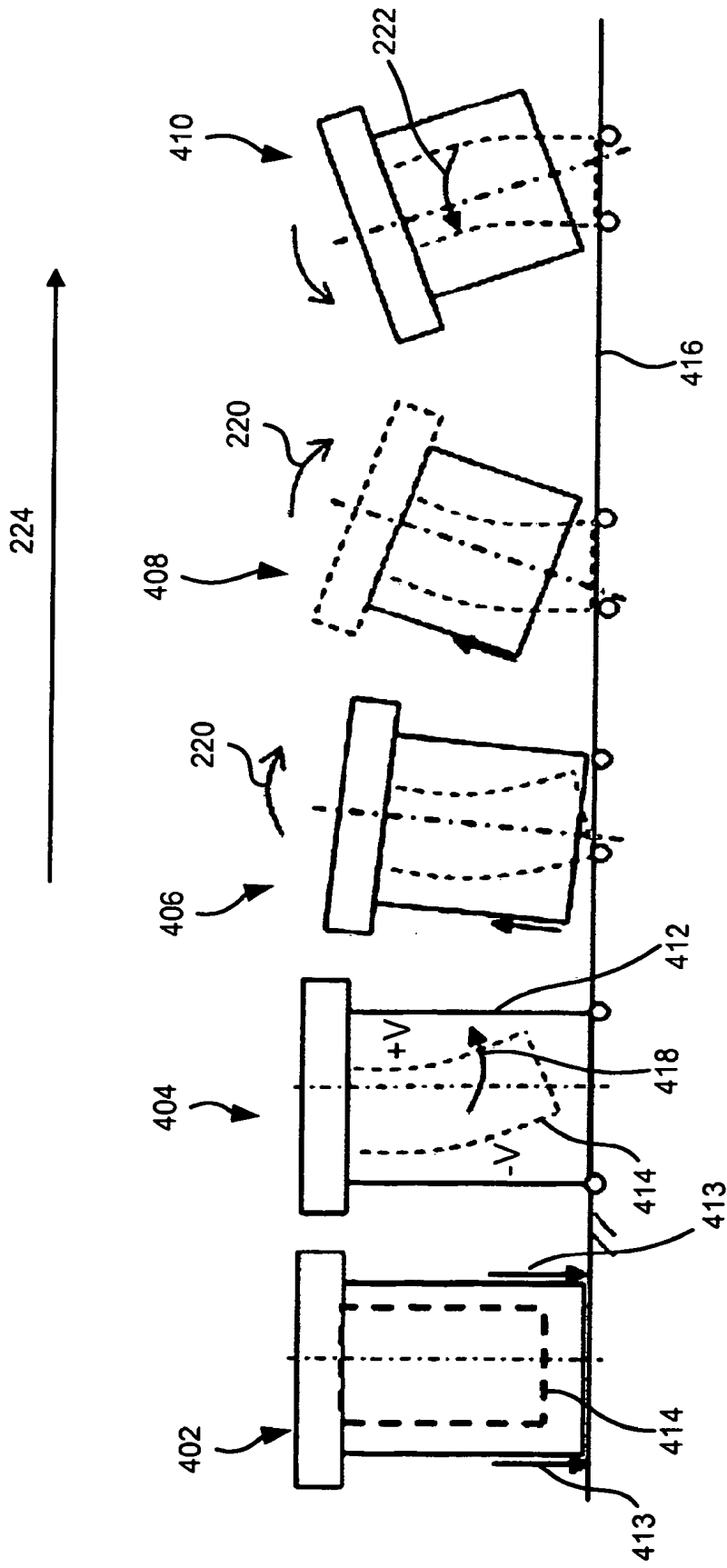


Figura 4B

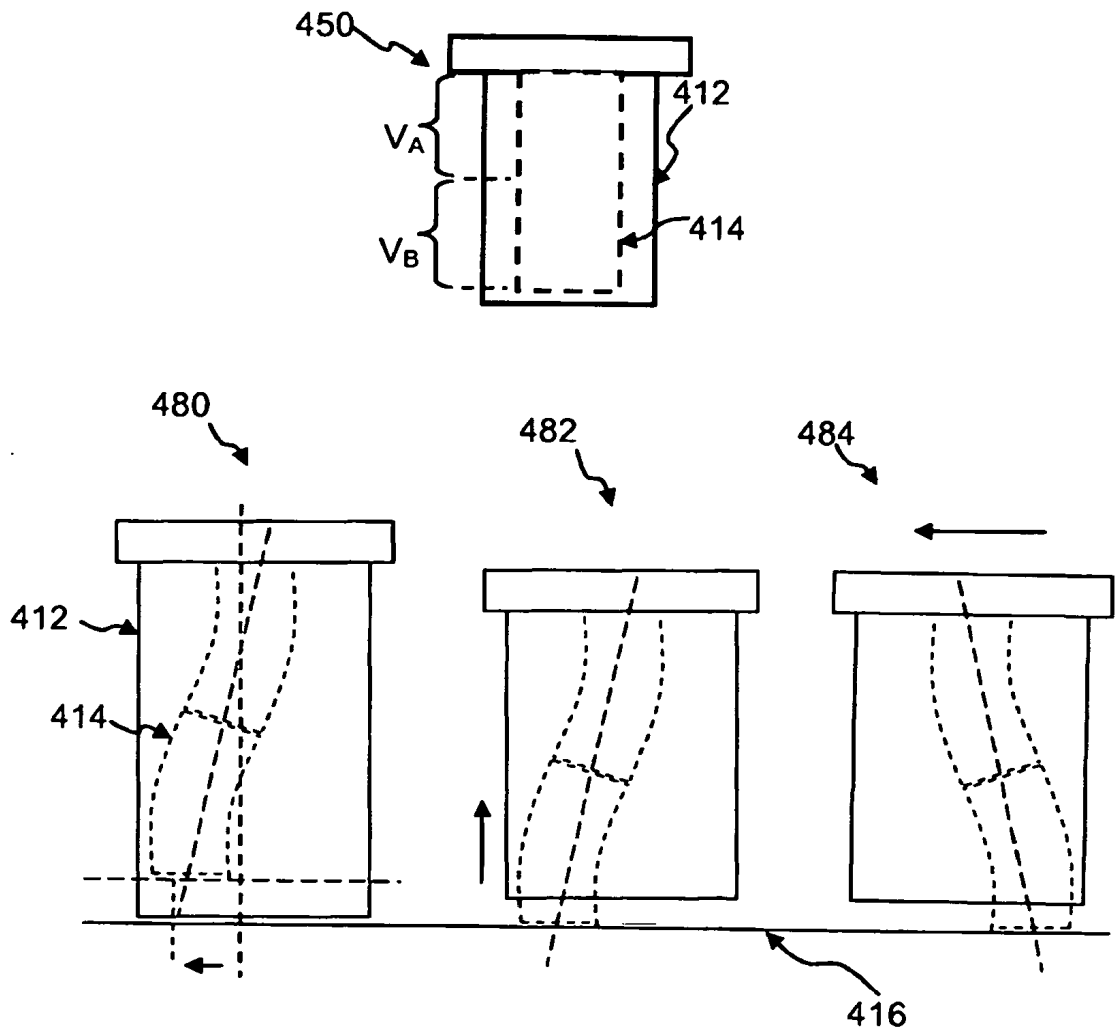


Figura 4C

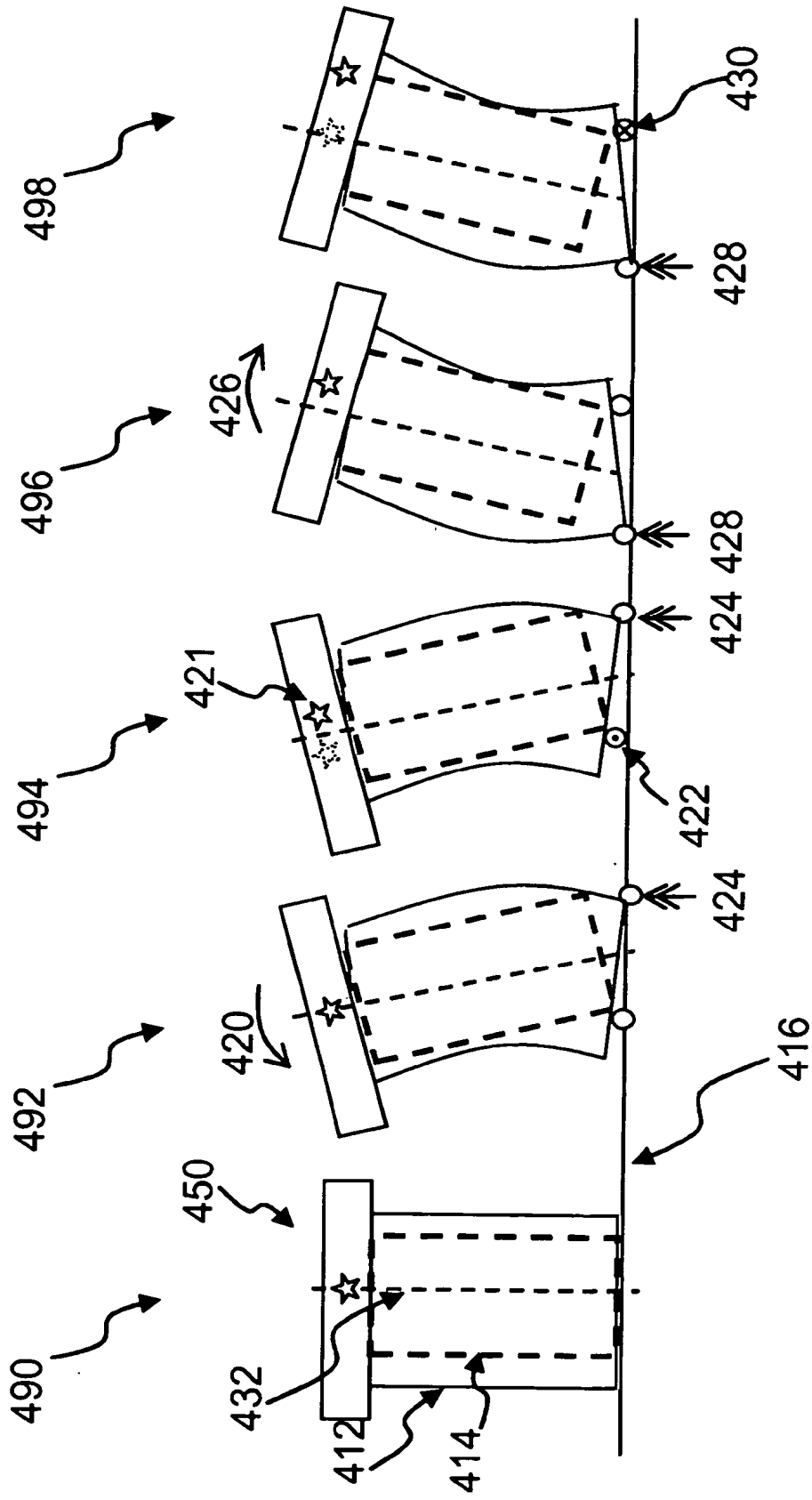


Figura 4D

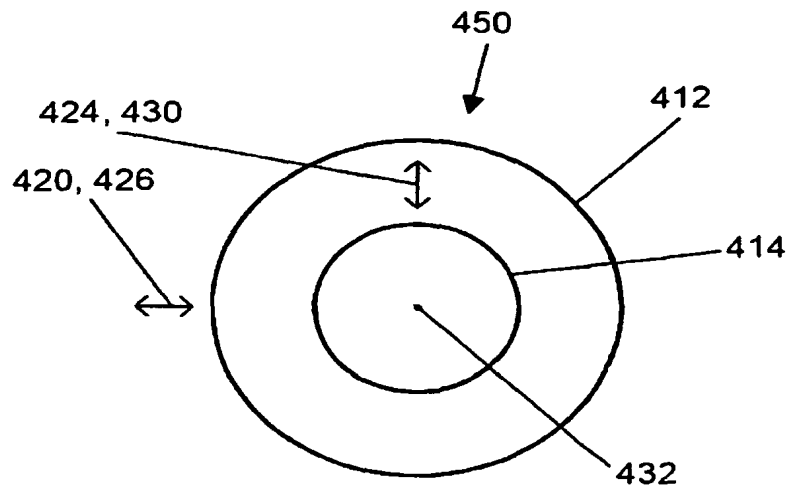


Figura 4E

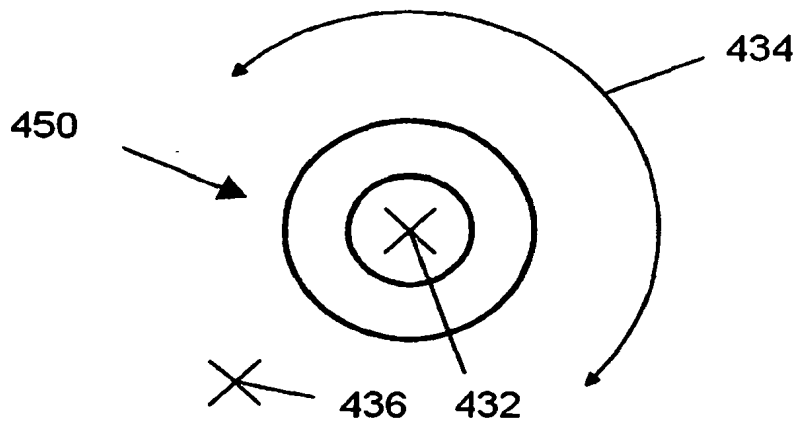


Figura 4F

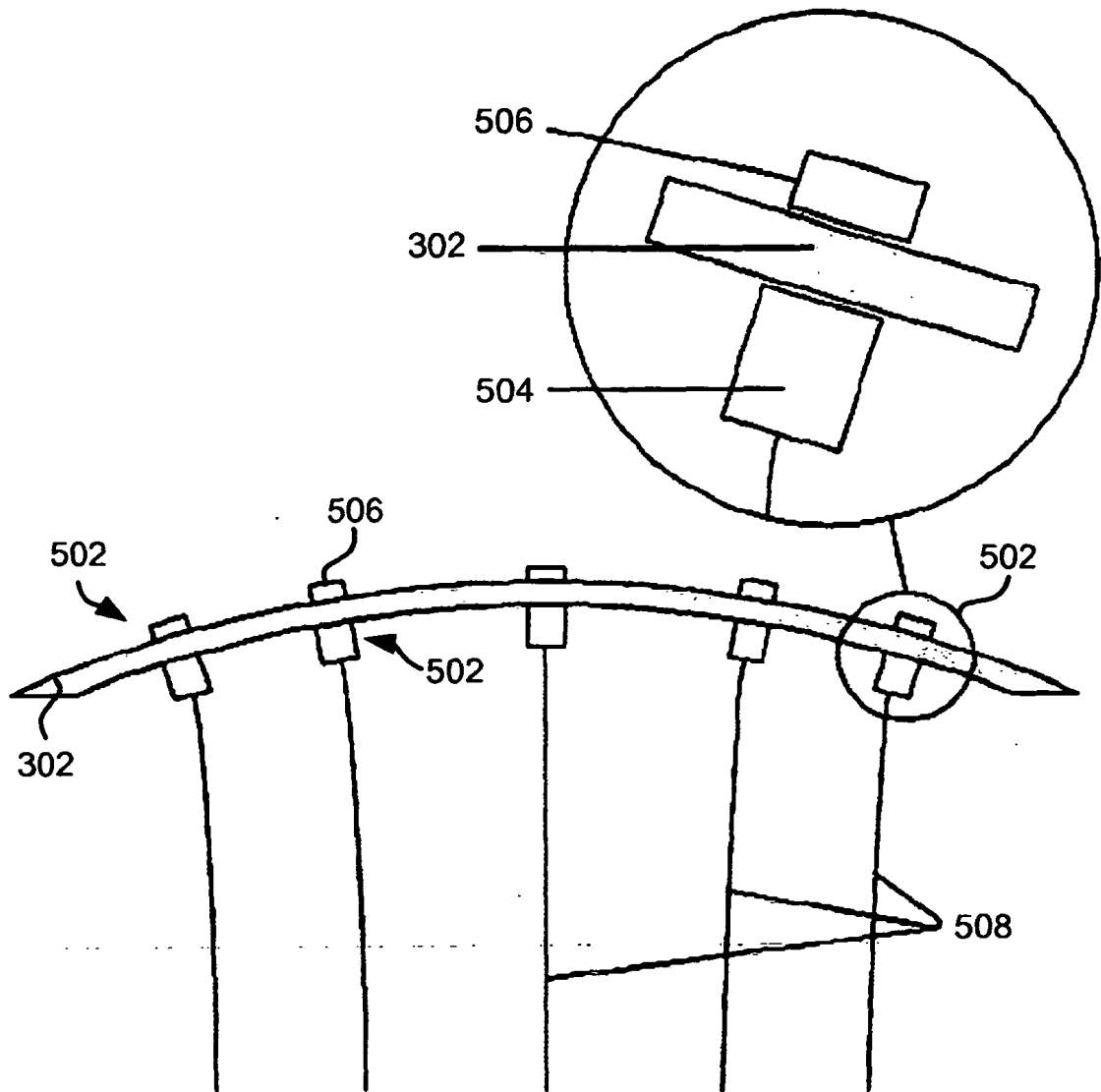


Figura 5

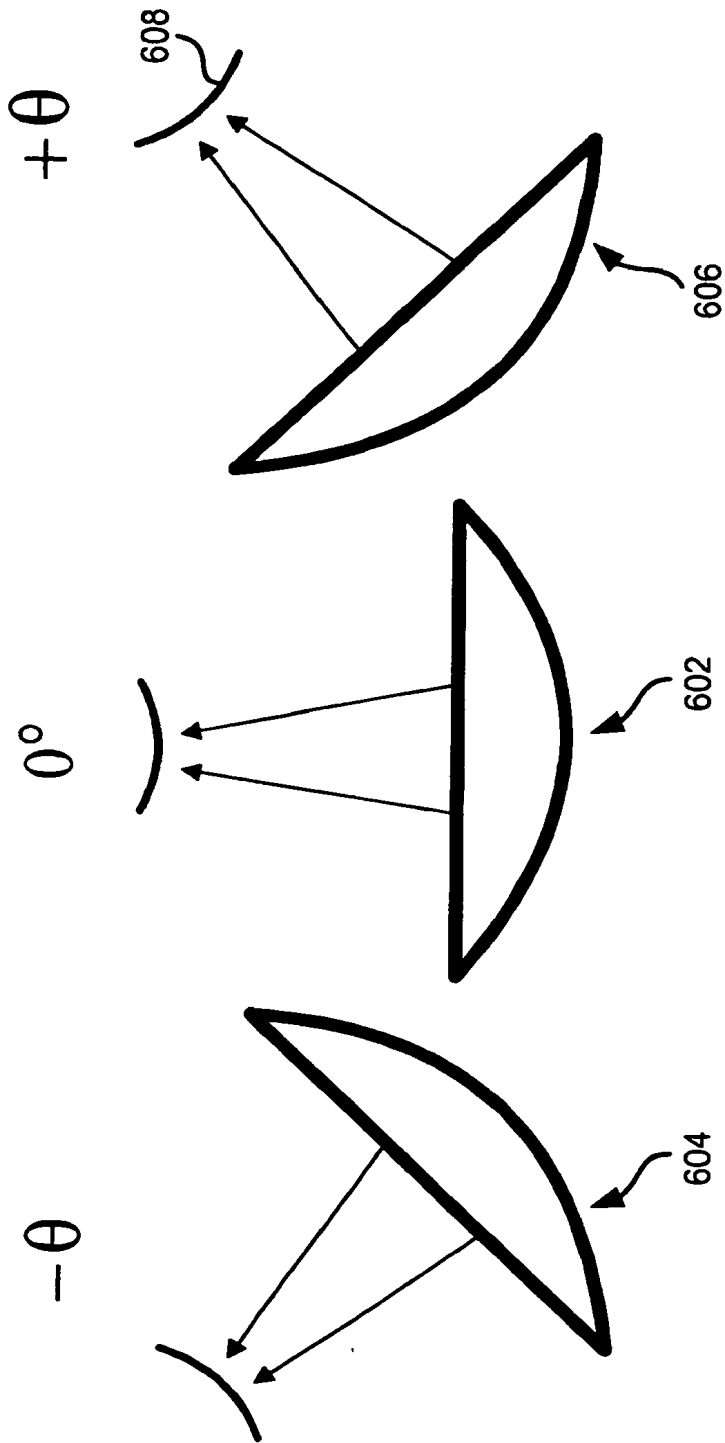


Figura 6

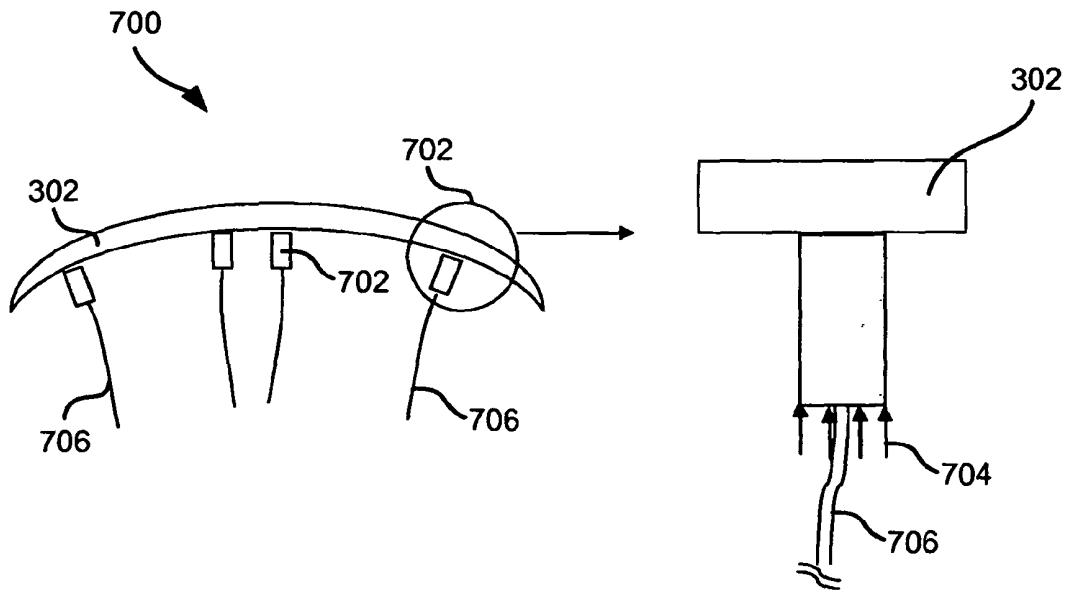


Figura 7

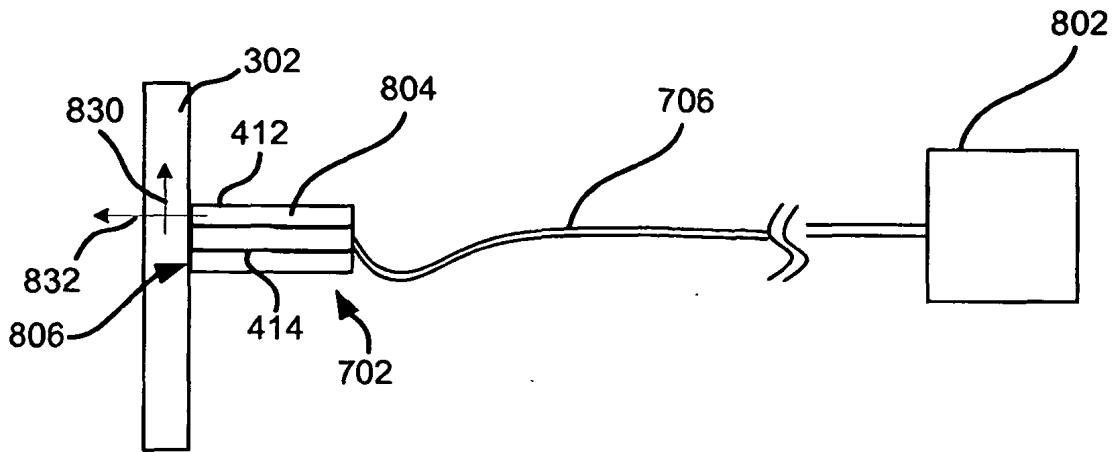


Figura 8A

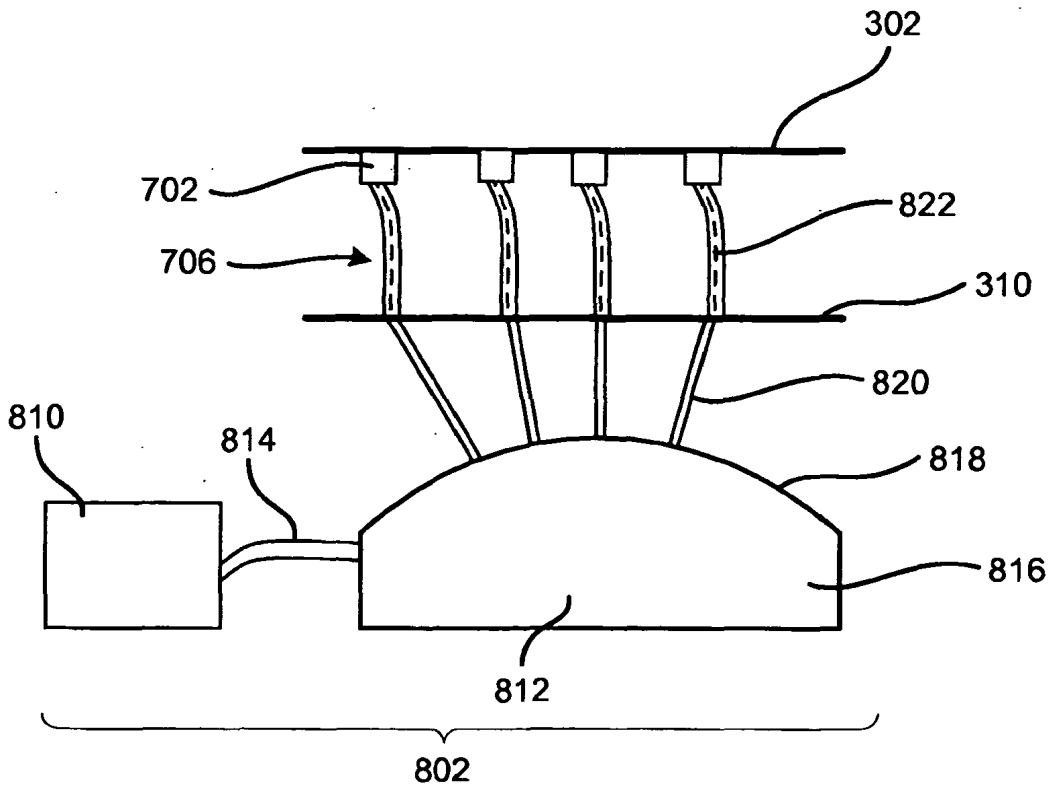


Figura 8B

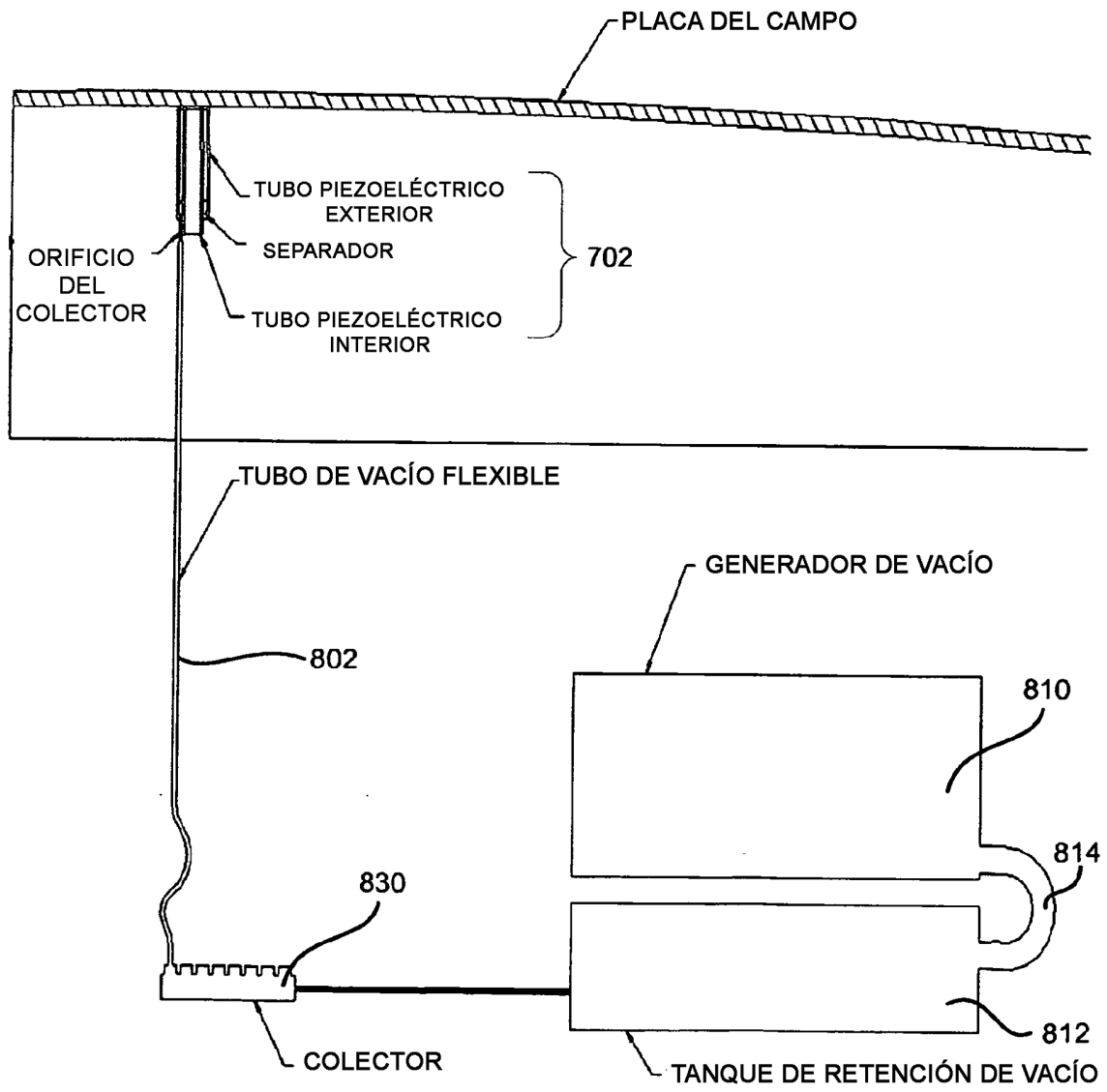


Figura 9A

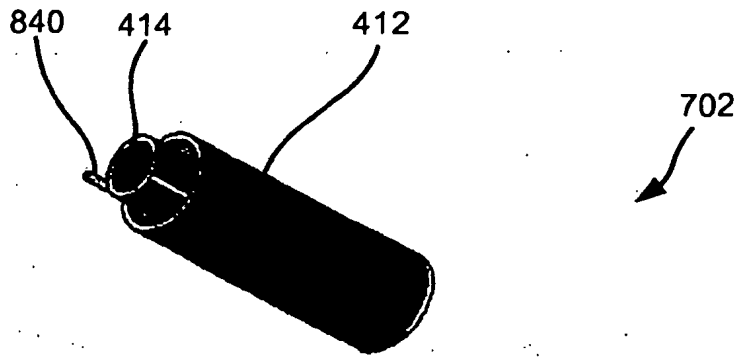


Figura 9B

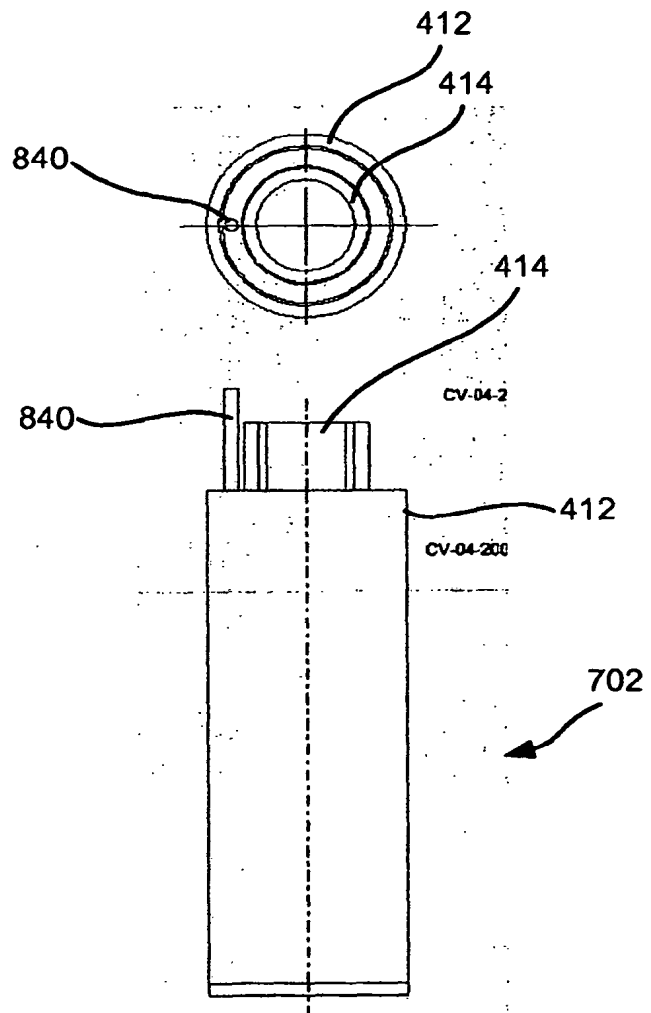


Figura 9C

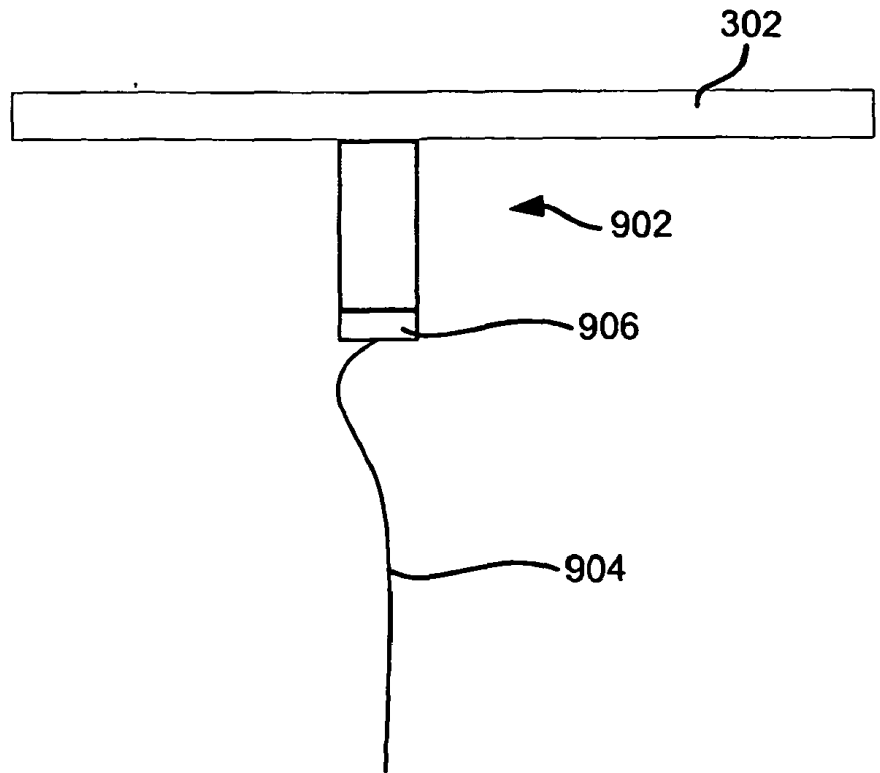


Figura 10A

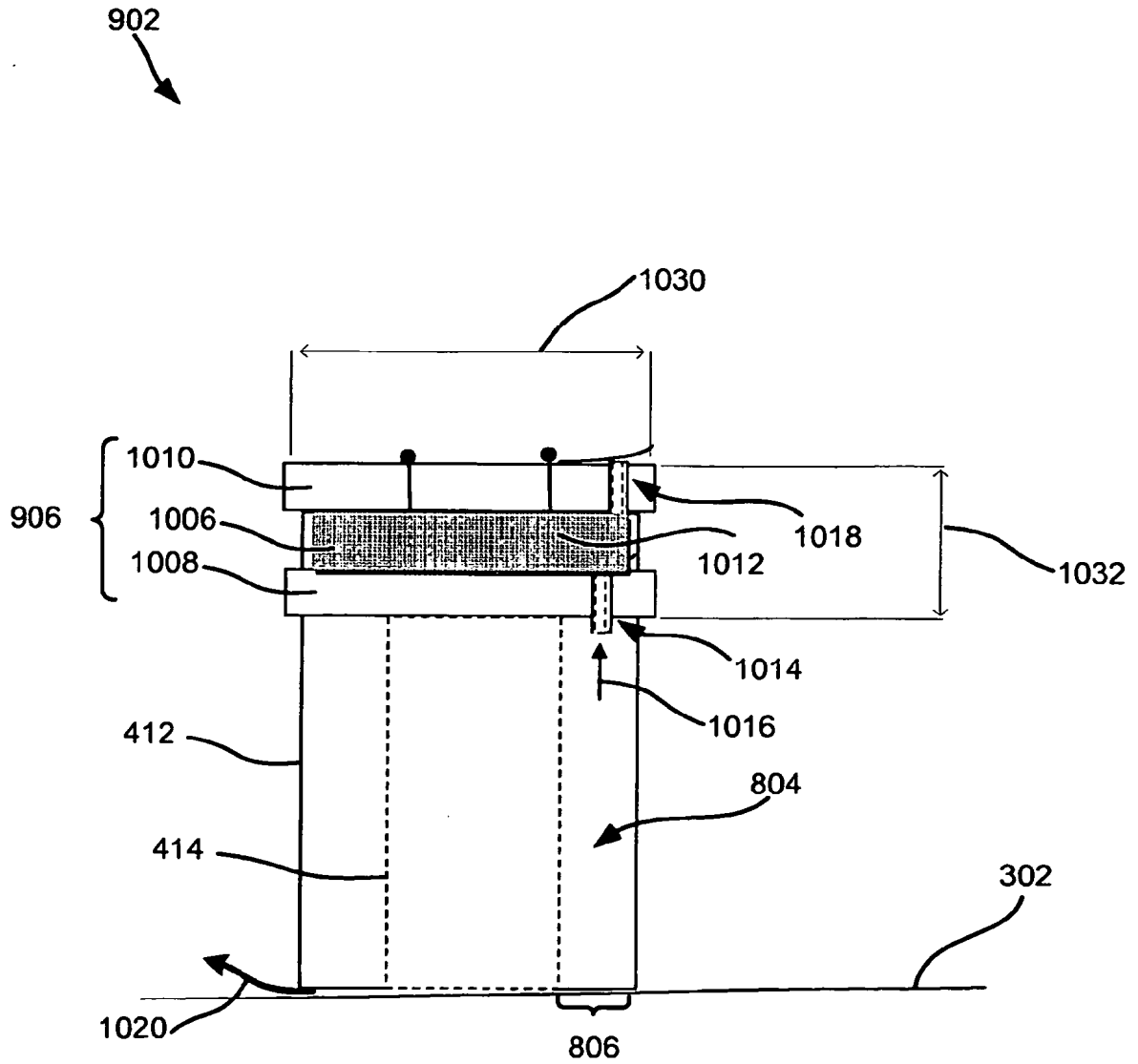


Figura 10B

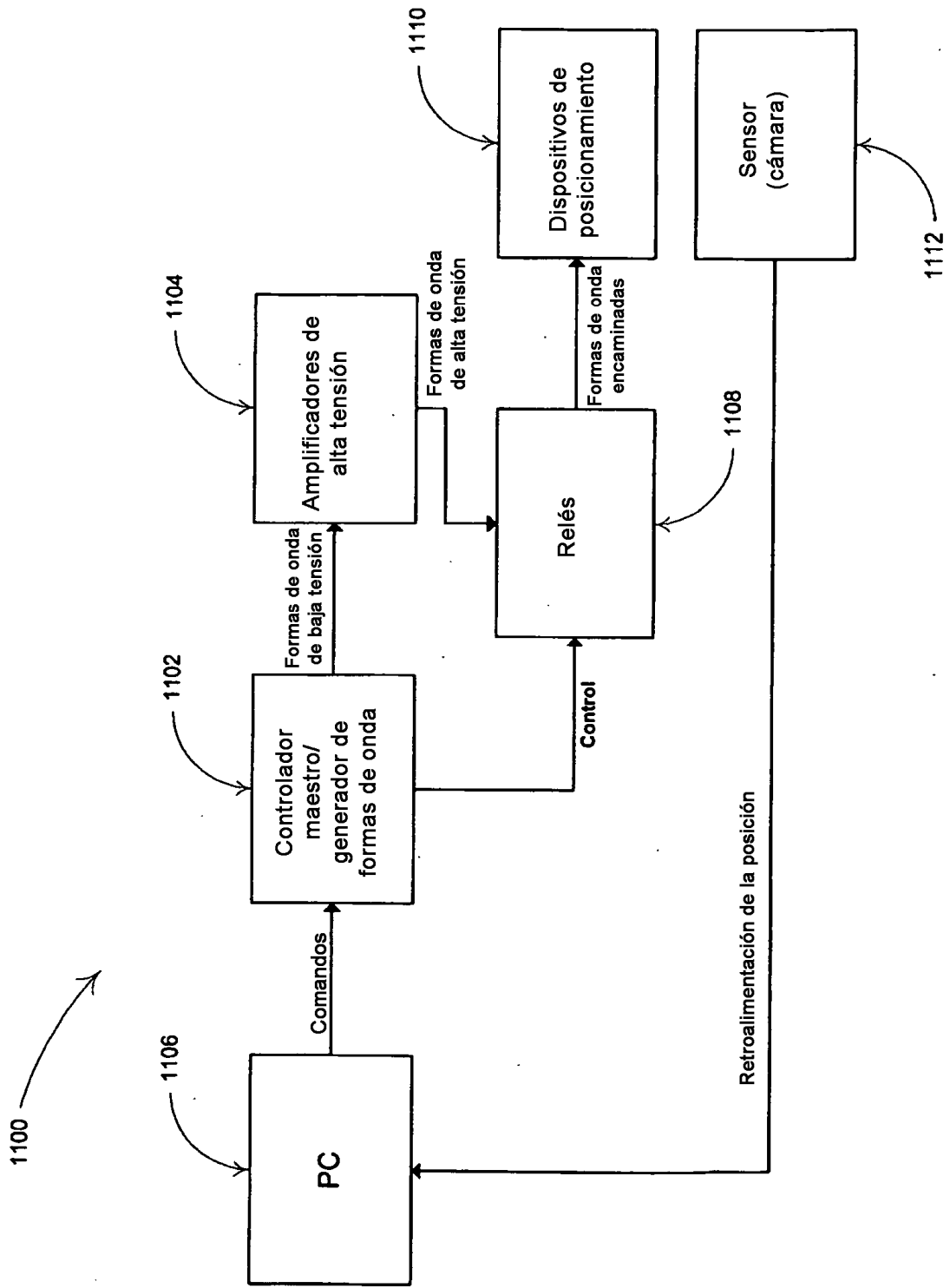


Figura 11

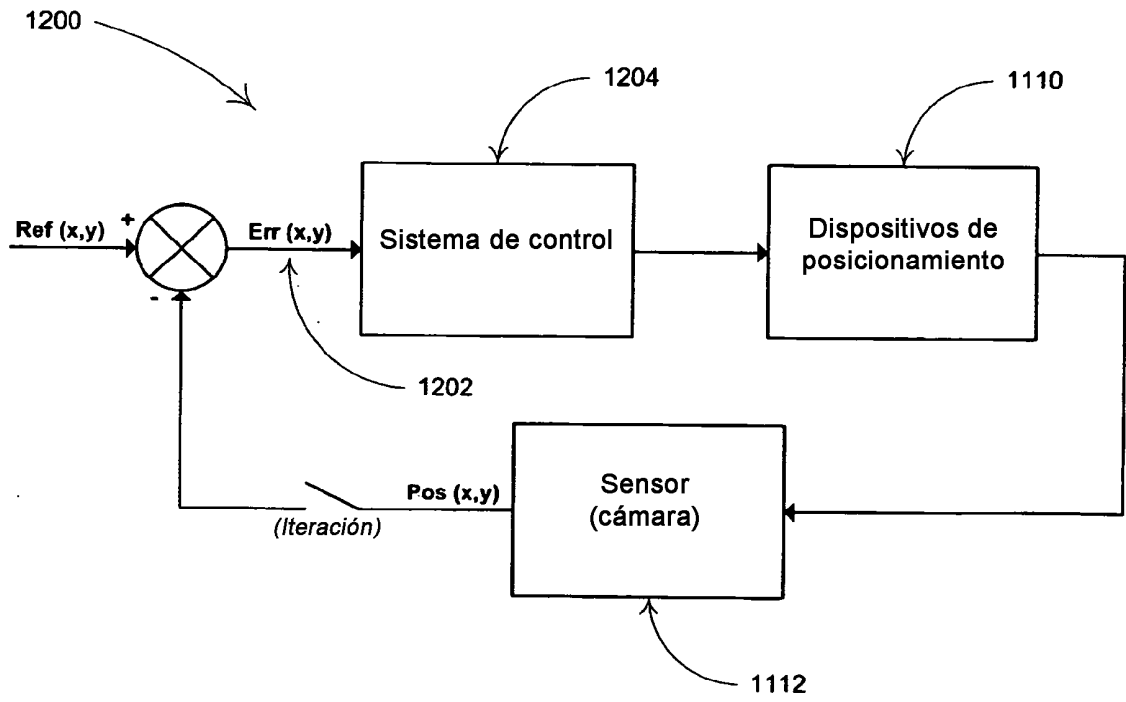


Figura 12