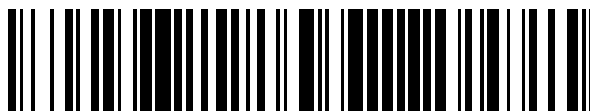


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 740 977**

51 Int. Cl.:

G01N 21/85 (2006.01)

G01N 21/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.12.2009 PCT/EP2009/066850**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.06.2011 WO11069549**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2009 E 09801196 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2510336**

54 Título: **Sonda de longitud de trayectoria variable**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.02.2020

73 Titular/es:

FOSS ANALYTICAL A/S (100.0%)

Foss Allé 1

3400 Hillerød, DK

72 Inventor/es:

BORN, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

PADIAL MARTÍNEZ, Ana Belén

ES 2 740 977 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

Sonda de longitud de trayectoria variable

5 La presente invención se refiere a una sonda que tiene una longitud de trayectoria de transmisión variable para su uso en análisis óptico, particularmente a una sonda de longitud de trayectoria variable para el análisis óptico *in situ* de un material, especialmente un material en una línea de procedimiento; recipiente de reacción; depósito de almacenamiento u otro contenedor a granel.

10 En los procedimientos industriales, a menudo se requiere la medición y supervisión de los contenidos de una línea de procedimiento o un recipiente de reacción. Puede ser importante poder seguir una reacción dentro de un depósito de procedimiento o supervisar los contenidos de una línea de procedimiento a medida que pasa a través del sistema de procesamiento sin conducir sus contenidos a través de un sistema de derivación complicado de tuberías con una bomba, válvulas y dispositivo de descarga. Dicha supervisión proporciona la posibilidad de controlar procedimientos en tiempo real. Además, en la industria farmacéutica o de preparación de alimentos puede ser importante minimizar la interacción de los contenidos con equipos externos, lo que puede aumentar el riesgo de contaminación, por lo que es preferente el análisis *in situ*.

15 El análisis espectrométrico óptico, en particular el análisis infrarrojo, no es destructivo y es particularmente adecuado para dicha medición y supervisión, ya que muchos materiales, particularmente materiales orgánicos, muestran propiedades de absorción infrarroja altamente características. Por tanto, al medir la absorción de infrarrojos dependiente de la longitud de onda en una muestra, en configuración de análisis de transmisión, reflexión o transflectancia, se puede determinar información relativa a la estructura física y composición de la muestra. La espectroscopia infrarroja se ha utilizado con éxito en el análisis de una amplia variedad de productos que incluyen leche, cereales, aceites, productos farmacéuticos y biocombustibles.

20 Por el documento WO 96/12174 se conoce la provisión de una sonda que tiene un cabezal de sonda para su ubicación en un recipiente de reacción para determinar los contenidos del mismo mediante análisis óptico en línea. La sonda comprende un primer medio de transmisión de luz en un tubo que se prolonga dentro del recipiente y está destinado a transmitir la luz a una interfaz óptica en una superficie interna de una ranura que se forma en el cabezal de sonda para recibir una muestra para su análisis. Un reflector está situado en una superficie interna opuesta de la ranura para reflejar la luz de vuelta hacia la ventana opuesta desde donde pasa al exterior del recipiente de reacción para el análisis de la muestra iluminada. Se proporciona un accionador para alterar la longitud de la trayectoria de transmisión entre el medio de transmisión de luz en el tubo y el reflector.

30 Además, por el documento US-A-5 708 273 se conoce la provisión de una sonda óptica de longitud de trayectoria variable para el análisis de un material en una línea de procedimiento. La sonda comprende un cabezal de sonda en el que se forma una abertura ranurada para recibir una muestra a iluminar. Las fibras ópticas terminan en una ventana en un primer alojamiento tubular que forma un lado de la abertura ranurada y un espejo está dispuesto en un segundo alojamiento tubular, dispuesto para un acoplamiento deslizante con el primero y forma el lado opuesto de la abertura. El espejo y la ventana cooperan conjuntamente para delimitar una trayectoria de luz a través de la abertura y, por tanto, a través de la muestra a analizar. Un accionador manual está conectado a uno o ambos alojamientos para que deslice uno con respecto al otro. La separación del espejo y la ventana se regula de este modo para variar la longitud de la trayectoria de transmisión de la luz a través de la ranura.

El documento US 5 168 367 divulga una sonda espectrofotométrica de longitud de trayectoria variable.

40 El documento EP 1 860 425 A1 trata sobre una celda de varias pasadas de alta temperatura para la espectroscopia de absorción de gases y vapores a temperaturas elevadas.

Los problemas anteriores se resuelven con una sonda óptica de acuerdo con la reivindicación 1.

45 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un cabezal de sonda en el que se forma una abertura para recibir una muestra a analizar, comprendiendo el cabezal un par de interfaces ópticas dispuestas cada una en una superficie interna opuesta de la abertura para delimitar una trayectoria de transmisión a través de la abertura, en el que al menos una del par de interfaces ópticas comprende un elemento transparente a la radiación óptica en la longitud de onda dispuesta para permitir que la radiación óptica de interés se desplace entre el interior del cabezal de sonda y la abertura. La sonda óptica comprende además un diafragma móvil, opcionalmente en forma de fuelle, en el que una del par de interfaces ópticas está situada para moverse con el mismo y un accionador conectado funcionalmente al diafragma para controlar su movimiento para variar la longitud de la trayectoria.

50 El cabezal de sonda comprende además un sistema de bisagra con capacidad cooperativa con el accionador para mover la interfaz óptica situada en el diafragma en un arco para variar la longitud de la trayectoria. El movimiento arqueado provoca una falta de paralelismo entre las interfaces ópticas, ya que la longitud de la trayectoria de luz varía y, de este modo, reduce los efectos adversos de las reflexiones entre las interfaces. Además, el sistema de bisagra puede proporcionar al diafragma una estabilidad incrementada para resistir movimientos no deseados provocados por influencias externas, tales como cambios de presión o la fuerza ejercida por un material que fluye en una tubería.

El diafragma puede comprender una lámina plana flexible o, de forma alternativa, una lámina corrugada o fuelle para proporcionar un intervalo incrementado de movimiento y se forma de modo que ejerce una fuerza de desviación que resiste la prolongación del diafragma que puede sustituir a un medio de desviación separado, tal como un resorte, cuando ello se requiera.

- 5 Opcionalmente, el otro par de interfaces ópticas también puede estar situado en un diafragma asociado que también se puede mover para variar la longitud de la trayectoria en la trayectoria de transmisión a través del material entre las interfaces.

Estas y otras ventajas llegarán estar más claras al considerar la siguiente descripción de modos de realización ejemplares del cabezal de sonda de acuerdo con la presente invención, que se hace con referencia a los dibujos de las figuras adjuntas, de las que:

10 La figura 1 ilustra un cabezal de sonda.

La figura 2 ilustra una sección AA a través del cabezal de sonda de la figura 1.

Las figuras 3 ilustran el cabezal de sonda de las figuras 1 y 2 en acoplamiento óptico al analizador alternativo; en la figura 3a a un espectrómetro de rejilla local y en la figura 3b a un analizador remoto.

- 15 La figura 4 ilustra un cabezal de sonda ejemplar adicional de acuerdo con la presente invención.

Las figuras 5 ilustran varios accionadores alternativos para mover el diafragma.

Considerando ahora la figura 1 en la que se ilustra un cabezal de sonda ejemplar 2 que en esta ocasión se pretende insertar en una tubería del procedimiento, recipiente de reacción, depósito de almacenamiento u otro contenedor a granel. El cabezal de sonda 2 está provisto de una región de interfaz 4 que incluye en esta ocasión una arandela de sellado 6 y que está destinada a interconectarse y sellarse contra una interfaz correspondiente, por ejemplo, en la tubería de procedimiento (no mostrada). Esta región de interfaz 4 sirve como un límite que separa un extremo proximal 8 del cabezal de sonda 2 de un extremo distal 12. El extremo proximal 8 se encuentra, en uso, fuera de la tubería, mientras que el extremo distal 12 está destinado a sumergirse en el material, típicamente material que fluye, en la tubería. Una abertura, actualmente una ranura 10, está situada en el cabezal de sonda 2 después de la región de interfaz 6 y hacia el extremo distal 12 del cabezal de sonda 2. La ranura 10 proporciona un espacio de muestra 14 en el que puede pasar una parte de material en la línea de procedimiento, en el presente modo de realización, para su análisis. Un par de interfaces ópticas 16, 18 están situadas en oposición entre sí dentro de la ranura 10 en las respectivas superficies internas opuestas 20, 22 de la ranura 10. Se muestra que una sola de las interfaces ópticas 18 está situada en un diafragma móvil, en esta ocasión corrugado para formar un diafragma de fuelle 24, pero se apreciará que la otra parte del par de interfaces ópticas 16 también puede estar situada en su propio diafragma móvil. Las interfaces ópticas 16, 18 cooperan para delimitar juntas una longitud de trayectoria (ilustrada en general por la flecha 26) para la radiación a través de la abertura y, por tanto, a través de una muestra de material para su análisis situada en la ranura 10 entre las interfaces ópticas 16, 18.

La longitud real de la trayectoria de transmisión dependerá del material que se esté analizando y, en particular, de la región de longitud de onda de la energía óptica que se esté empleando en el análisis. Solo a modo de ejemplo, el cabezal de sonda 2 del presente modo de realización se puede configurar para el análisis usando energía óptica dentro de la región de longitud de onda de infrarrojo medio. En esta configuración, el espacio entre las interfaces ópticas 16, 18 es del orden de 40 μm y es ajustable como se describe a continuación a aproximadamente 20 μm . En dicha circunstancia, donde la variación esperada en la longitud de la trayectoria óptica es adecuada, el diafragma corrugado se puede reemplazar convenientemente por un diafragma construido como una lámina de material esencialmente plana.

El pequeño desplazamiento relativo de las interfaces ópticas 16, 18 y el requisito general de pocos sellados, ya sean dinámicos o estáticos, hacen ventajoso montar una de las interfaces 18 en el diafragma de fuelle flexible 24, típicamente metálico. Este diafragma de fuelle 24 puede ser un fuelle estándar que se suelda a un borde de la superficie interna apropiada 10 y la interfaz óptica 18 o todo se puede integrar en una parte, como se ilustra en el presente modo de realización. En cualquier caso, el diafragma de fuelle 24 se puede hacer tan rígido que, por la tensión previa durante el montaje, también puede actuar como resorte de retorno para un accionador. La construcción se puede hacer ventajosamente lo suficientemente estable para que el flujo interno de material en la tubería, las fluctuaciones de presión, etc. no tengan una influencia significativa en las posiciones relativas de las interfaces 16, 18.

Volviendo ahora a la figura 2, que es una sección A - A a través del cabezal de sonda 2 de la figura 1 y en la que los elementos comunes a las figuras tienen los mismos números de referencia. El cabezal de sonda 2 comprende una primera cavidad 28 y una segunda cavidad 30 separadas por el espacio de muestra 14. La interfaz óptica 18 comprende una primera ventana 32 que, en cooperación con el diafragma de fuelle 24, sella la primera cavidad 28 respecto a la entrada de material desde el espacio de muestra 14. Se muestra que la interfaz óptica 16 comprende una segunda ventana 34 que sella la segunda cavidad 30 respecto a la entrada de material desde el espacio de muestra 14.

- Una fuente de radiación óptica 34, en esta ocasión una fuente de radiación infrarroja media, está situada en la segunda cavidad 30 para generar radiación óptica para su transmisión a través de la segunda ventana 34, a lo largo de la trayectoria de luz 26 delimitada por la segunda y la primera ventana 34, 32 y en la primera cavidad 28 a través de la primera ventana 32. La fuente de radiación óptica 36 recibe energía de una fuente externa (no mostrada) a través de conectores eléctricos que pasan a través de un conducto 38 en el cabezal de sonda 2.
- En un modo de realización alternativo, la fuente 36 se puede remplazar por una fibra óptica adecuada que puede pasar a través del conducto 38 y terminar en la segunda cavidad 30 detrás de la segunda ventana 34.
- Se proporcionan ópticas de enfoque 40, 42 en un soporte deslizable 44 y enfocan la luz desde la fuente 36 después de haber atravesado la trayectoria de luz 26. El soporte 44 está dispuesto para proporcionar un acoplamiento mecánico entre el diafragma de fuelle (en esta ocasión a la interfaz óptica 18) y un accionador, en esta ocasión un accionador piezoeléctrico 46. Se pueden proporcionar calzas 48 para proporcionar un ajuste de tipo arboleda del ángulo de la primera ventana 32 con respecto a la segunda ventana 34 y en esta ocasión se muestran dispuestas entre un extremo del accionador 46 y una parte interna fija 50 del cabezal de sonda 2.
- En este modo realización, se elige un accionador piezoeléctrico circular 46 ya que es muy preciso, rápido y tiene una alta repetibilidad. La carrera y la velocidad de elevación/relajación se pueden controlar eléctricamente. Este accionador 46 también puede mantener una elevación que es paralela a escala micrométrica. Este accionador piezoeléctrico es un producto estándar y una propuesta podría ser uno con un diámetro exterior de aproximadamente 20 mm y un diámetro interior de 12 mm. Este tipo y tamaño es muy poderoso con una fuerza de bloqueo de aproximadamente 8000 N que se abre para el uso de un resorte de retorno muy rígido. En este diseño, también es fácil realizar un ajuste inicial mediante las calzas 48, que es mucho más estable, firme y fiable que los tornillos de ajuste o similares, que por supuesto pueden sustituir a las calzas 48.
- La figura 3 ilustra diferentes construcciones ejemplares del extremo proximal 8 del cabezal de sonda 2 de las figuras 1 y 2. En la figura 3a, el cabezal de sonda 2 de las figuras 1 y 2 se muestra con su extremo proximal 8 formado como una cabina para un espectrómetro de rejilla local, cuyo espectrómetro se indica en general con el número 52.
- Contenida en el extremo proximal 8 y formando parte del espectrómetro 52, se encuentra una rejilla de difracción estática 54 y una serie de detectores complementarios 56. La rejilla 54 y la serie se disponen mutuamente en una configuración convencional de manera que la luz recibida en la rejilla 54 se dispersa de acuerdo con su longitud de onda y cada región de longitud de onda incide en una región asociada diferente de la serie de detectores 56. De esta manera, se pueden realizar mediciones de intensidad dependientes de la longitud de onda en la luz recibida y se puede determinar la información de la composición sobre el material dentro del espacio de muestra 14 incluido en la trayectoria de luz 26.
- Como se conoce en la técnica, en el presente modo de realización también se proporciona un acondicionador óptico, en esta ocasión una guía de ondas de cuña 58, como un elemento del espectrómetro 52 y conecta ópticamente la rejilla 54 y la serie de detectores 56. De manera útil, este acondicionador óptico 58 se puede configurar para presentar la luz incidente de manera óptima primero a la rejilla 54 y luego a la serie de detectores 56. Las ópticas de enfoque 40, 42 sirven para enfocar la luz que entra en la primera cavidad 28 a través de la ventana 32 en la guía de ondas 58. A continuación, la luz se guía hacia la rejilla 54 y la luz dispersada desde la rejilla 54 a la serie de detectores 56.
- La configuración del espectrómetro de rejilla 52 del cabezal de sonda 2 es muy atractiva, ya que la única parte móvil es la disposición del diafragma 24 y la ventana 32. Por lo tanto, se espera que sea muy insensible a las vibraciones y que también sea fácil de manejar durante la calibración o el control, donde un operario puede necesitar desmontar el sensor de la tubería.
- La electrónica de control para uno de la serie de detectores 56 y la fuente de luz 36 o ambos puede estar alojada convenientemente por la cabina 8. Opcionalmente, se puede proporcionar un cartucho de secado 62, tal como uno lleno con el desecante conocido, gel de sílice, para mantener el interior de la cabina 8 seco.
- En la figura 3b, el cabezal de sonda 2 de las figuras 1 y 2 se muestra con su extremo proximal 8 formado como una cabina para un extremo 64 de una fibra óptica 68, cuyo extremo 64 se mantiene dentro del cabezal de sonda 2 fijo y de forma central por un soporte 70.
- En el presente modo de realización, la óptica de enfoque 40, 42 actúa enfocando la luz que entra en la primera cavidad 28 a través de la ventana 32 en el extremo 64 de la fibra óptica 68. La fibra óptica 68 actúa como un acoplamiento óptico entre el cabezal de sonda 2 y un analizador remoto (no mostrado) tal como un analizador de transformada de Fourier, un espectrómetro u otro analizador adecuado para su uso en la determinación de información de la composición u otra información (presencia o ausencia de material, por ejemplo) de la luz así recogida. Esta disposición tiene las ventajas de pocas partes móviles y es de diseño relativamente compacto en comparación con, por ejemplo, el sistema de espectrómetro de la figura 3a.
- En el modo de realización descrito actualmente, que se usa con luz infrarroja media, la fibra óptica 68 es relativamente frágil y susceptible a daños mecánicos, por ejemplo, por vibraciones en el entorno operativo del cabezal de sonda 2.

En este caso, un tubo flexible 72 se puede emplear de forma ventajosa para proporcionar algo de protección mecánica a la fibra óptica 68. De hecho, dicha protección se puede emplear de manera útil con otros tipos de fibra óptica.

Un cabezal de sonda 74 de acuerdo con la presente invención se ilustra en la figura 4 y, como sabrá el experto, puede sustituir fácilmente el cabezal de sonda 2 en los montajes descritos en las figuras 3.

5 En la figura 4 se ilustra esa parte del cabezal de sonda 74 que constituye una primera cavidad 78 del cabezal de sonda 74 similar a la primera cavidad 28 del cabezal de sonda 2 de la figura 2. En el presente modo de realización, similar a la figura 2 pero no mostrada, el cabezal de sonda 74 también comprende una segunda cavidad en la que está situada una fuente de radiación óptica.

10 También similar al cabezal de sonda 2 de la figura 2, la primera cavidad 78 del presente cabezal de sonda 74 contiene un soporte deslizante 80 para sostener la óptica de enfoque 82, 84 y proporcionar un contacto mecánico entre un accionador 86, en esta ocasión un solo accionador piezoeléctrico apilado a diferencia del circular usado en el cabezal de sonda de la figura 2, y un diafragma de fuelle 88. De manera similar a la figura 2, una interfaz óptica 90 que comprende una ventana 92 se sostiene en el diafragma de fuelle 88 para que se mueva con el mismo mientras el accionador 86 funciona empujando el soporte deslizante 80 para prolongar el diafragma de fuelle 88, actuando contra el resorte de retorno formado en el diafragma de fuelle. Se puede proporcionar adicionalmente o de forma alternativa un resorte de retorno separado que tiende a desviar el diafragma de fuelle 88 hacia una posición contraída.

Se proporciona un sistema de bisagra 94 en conexión mecánica con un lado del diafragma de fuelle 88, en conexión mecánica con un lado del soporte deslizante 80, en general opuesto al punto en el que el accionador 86 está configurado para aplicar una fuerza para empujar el diafragma de fuelle 88.

20 El sistema de bisagra 94 proporciona de forma ventajosa una mayor rigidez al diafragma de fuelle 88 que tiende a resistir cualquier movimiento de la ventana 92 que pueda estar provocado por el flujo interno de material en la tubería, las fluctuaciones de presión, etc. El sistema de bisagra 94 coopera con el accionador 86 para proporcionar un pequeño movimiento angular de la ventana 92 respecto a la otra ventana de la segunda cavidad a medida que el accionador mueve el diafragma de fuelle 88. Esto crea una ausencia de paralelismo limitada entre las dos ventanas que puede evitar de manera ventajosa la creación de artefactos de reflexión no deseados entre las ventanas.

Se muestra que el sistema de bisagra 94 de la invención comprende una sola bisagra, pero se puede emplear una pluralidad de bisagras, por ejemplo, dos bisagras estrechas separadas de forma radial por un ángulo entre 30 y 60 grados, para proporcionar una rigidez incrementada.

30 Se pueden proporcionar calzas 96 para hacer un ajuste angular de tipo arboleda a la ventana 92 y se pueden emplear calzas adicionales 98 para establecer una separación de base entre las ventanas.

Aunque los modos de realización analizados anteriormente describen cabezales de sonda para mediciones de transmisión en los que se emplean ventanas en una interfaz óptica para definir una trayectoria de luz a través de una muestra, se apreciará que se pueden proporcionar otras interfaces ópticas mediante las que se pueden lograr mediciones de transmisión en una sonda óptica de longitud de trayectoria variable de acuerdo con la presente invención. Una o ambas ventanas se pueden remplazarse con una lente u otro elemento óptico transparente; uno de los elementos ópticos se puede remplazar por un reflector, la segunda cavidad se puede eliminar y tanto la generación como la recogida de luz se pueden realizar en la primera cavidad, quizás usando una disposición de fibra óptica adecuadamente configurada. En una modificación adicional de la sonda de acuerdo con la presente invención, la otra interfaz óptica del par también se puede incorporar en su propio diafragma móvil, similar a los descritos en relación con los modos de realización ejemplares expuestos en el presente documento o tal vez formadas de forma alternativa como una lámina plana de material flexible tal como una lámina de metal.

45 También se pueden usar otros accionadores como sustituto de los accionadores piezoeléctricos descritos con referencia a las figuras 2 y 4 anteriores, apartándose de la invención reivindicada. Se describen de forma resumida ejemplos de otros cuatro accionadores que son adecuados para su uso en la presente invención con referencia a las ilustraciones de las figuras 5. Para facilitar la comparación con los modos de realización descritos previamente, la figura 5a ilustra un cabezal de sonda 100a que funciona en general de acuerdo con la descripción del cabezal de sonda 2 dado anteriormente y la figura 5b ilustra un cabezal de sonda 100b que funciona en general de acuerdo con la descripción del cabezal de sonda 74 dado anteriormente.

50 El cabezal de sonda 100a de la figura 5a emplea un accionador piezoeléctrico circular 102a para que actúe sobre un conducto hueco 104a que está unido hacia un extremo a un diafragma de fuelle ajustable 106a en el que se encuentra una ventana 108a. La ventana 108a está dispuesta dentro de una ranura 110a formada en el cabezal de sonda 100a para recibir un material de muestra y está opuesta a una segunda ventana 112a. Las ventanas 108a y 112a delimitan una trayectoria de luz entre una parte del material de muestra a analizar. A diferencia del cabezal de sonda 2 descrito anteriormente, también se proporciona un resorte 114a para sustituir, o al menos aumentar, la fuerza del resorte de desviación de retorno del diafragma de fuelle 106a que tiende a contraer el diafragma de fuelle 106a.

55 El cabezal de sonda 100b de la figura 5b difiere del de la figura 5a en que un solo accionador piezoeléctrico 102b apilado reemplaza al circular 102a de la figura 5a y en que se proporciona una bisagra 116b que coopera con el

accionador 102b para producir una ventana 108b situado en un diafragma de fuelle 106b para que experimente un pequeño movimiento angular cuando el diafragma de fuelle se expande para reducir la trayectoria de luz entre las ventanas opuestas 108b, 112b. Se proporciona nuevamente un resorte 114b para que tienda a desviar el diafragma de fuelle 106b hacia un estado contraído.

5 Considerando ahora el cabezal de sonda 100c ilustrado en la figura 5c, el accionador comprende una leva 118c acoplada directamente al conducto de luz hueco 104c, de manera que a medida que la leva 118c gira, el conducto de luz 104c y, por tanto, la ventana 108c experimenta un movimiento recíproco que varía la trayectoria de luz. En el
10 cabezal de sonda 100d, ilustrado en la figura 5d, una leva 118d actúa indirectamente sobre el conducto de luz 104d mediante un acoplamiento mecánico flexible 120d. El acoplamiento 120d se fija hacia un extremo en el conducto de luz 104d y también hacia el extremo opuesto. A medida que la leva 118d gira, se provoca que el acoplamiento mecánico 120d se doble, moviendo el conducto de luz 104d que varía la trayectoria de luz.

De acuerdo con el modo de realización de un cabezal de sonda 100e que se ilustra en la figura 5e, se proporciona un accionador de imán o solenoide (en esta ocasión, un imán) 122e para que actúe directamente sobre el conducto de luz 104e, provocando que se mueva para variar la longitud de trayectoria de la trayectoria de transmisión según se
15 activa y desactiva el accionador. En el cabezal de sonda 100f de la figura 5f, un accionador de imán o solenoide (en esta ocasión, un solenoide) 122f actúa indirectamente sobre el conducto de luz 104f mediante un acoplamiento mecánico flexible 120f. El acoplamiento 120f se fija hacia un extremo en el conducto de luz 104f y también hacia el extremo opuesto. A medida que el accionador se activa y desactiva, provoca que el acoplamiento mecánico 120f se doble, moviendo el conducto de luz 104f que varía la longitud de la trayectoria.

20 A modo de ejemplo, el cabezal de sonda de acuerdo con la presente invención se puede emplear útilmente para realizar mediciones ópticas en dos o más longitudes de trayectoria diferentes y los resultados se pueden usar para hacer un análisis en el que se realiza la compensación del arrastre sin recurrir al uso de un muestra de referencia para el llamado "ajuste de cero". La metodología y los fundamentos aplicados en esta ocasión son similares a los descritas en el documento WO 2006/058741, cuyos contenidos se incorporan en el presente documento por referencia, en
25 relación con la longitud de trayectoria múltiple, típicamente la longitud de trayectoria doble, mediciones realizadas usando un portamuestras de cubeta articulada para lograr la longitud de trayectoria variable a través de la muestra a analizar. Por tanto, la cabezal de sonda de acuerdo con la presente invención se puede fabricar para que presente una pluralidad de diferentes longitudes de trayectoria para la radiación emitida desde la fuente. Se calcula un valor que depende de la proporción de intensidades de radiación que han atravesado dos longitudes de trayectoria de la pluralidad de diferentes longitudes de trayectoria para una misma de una o más longitudes de onda emitidas y de la
30 que se pueden generar una o ambas indicaciones cuantitativas y cualitativas de la muestra.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una sonda óptica que tiene un cabezal de sonda para su inserción en un material, en cuyo cabezal de sonda hay una abertura formada para recibir una muestra del material a analizar, comprendiendo el cabezal de sonda un par de interfaces ópticas, cada una dispuesta en una superficie interna opuesta del abertura para delimitar una trayectoria para la radiación óptica a través de la abertura, en la que al menos una del par de interfaces ópticas comprende un elemento adecuadamente transparente adaptado para permitir que la radiación óptica en una o más regiones de longitud de onda de interés se desplace entre el interior del cabezal de sonda y la abertura, comprendiendo además el cabezal de sonda un diafragma móvil en el que una del par de interfaces ópticas está situada para que se mueva con el mismo y un accionador conectado funcionalmente al diafragma para controlar su movimiento para variar la longitud de dicha trayectoria para la radiación óptica **caracterizada por que** el cabezal de sonda comprende además un sistema de bisagra que coopera con el accionador para mover la interfaz óptica situada en el diafragma móvil en un arco para variar dicha longitud de trayectoria, para evitar artefactos de reflexión debidos al paralelismo entre las interfaces ópticas.
- 15 2. Una sonda óptica de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** el diafragma móvil está formado como un fuelle.
3. Una sonda óptica como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, **caracterizada por que** el elemento adecuadamente transparente está situado en el diafragma móvil.
4. Una sonda óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** la otra del par de interfaces ópticas está situada en un segundo diafragma, móvil para variar la longitud de trayectoria.
- 20 5. Una sonda óptica como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, **caracterizada por que** la otra del par de interfaces ópticas también comprende un elemento adecuadamente transparente adaptado para permitir que la luz se desplace entre el interior del cabezal de sonda y la abertura.
- 25 6. Una sonda óptica de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada por que** la sonda óptica comprende además una fuente de energía óptica dispuesta en el cabezal de sonda detrás de uno de los elementos ópticamente transparentes y **por que** un colector de energía óptica complementario está dispuesto detrás del otro de los elementos ópticamente transparentes para recolectar energía óptica de la fuente después de haber atravesado la trayectoria para la radiación óptica.
7. Una sonda óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** la otra interfaz óptica comprende un reflector dispuesto para reflejar la luz hacia el elemento transparente.
- 30 8. Una sonda óptica como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, **caracterizada por que** el accionador comprende un accionador piezoeléctrico.
9. Una sonda óptica como se reivindica en la reivindicación 1, **caracterizada por que** el cabezal de sonda comprende además un espectrómetro de rejilla alojado en un extremo proximal de la misma para recibir la luz que ha pasado a través de la interfaz óptica situada en el diafragma después de atravesar la trayectoria para la radiación óptica.
- 35 10. Una sonda óptica como se reivindica en la reivindicación 1, **caracterizada por que** el accionador está situado dentro del cabezal de sonda.

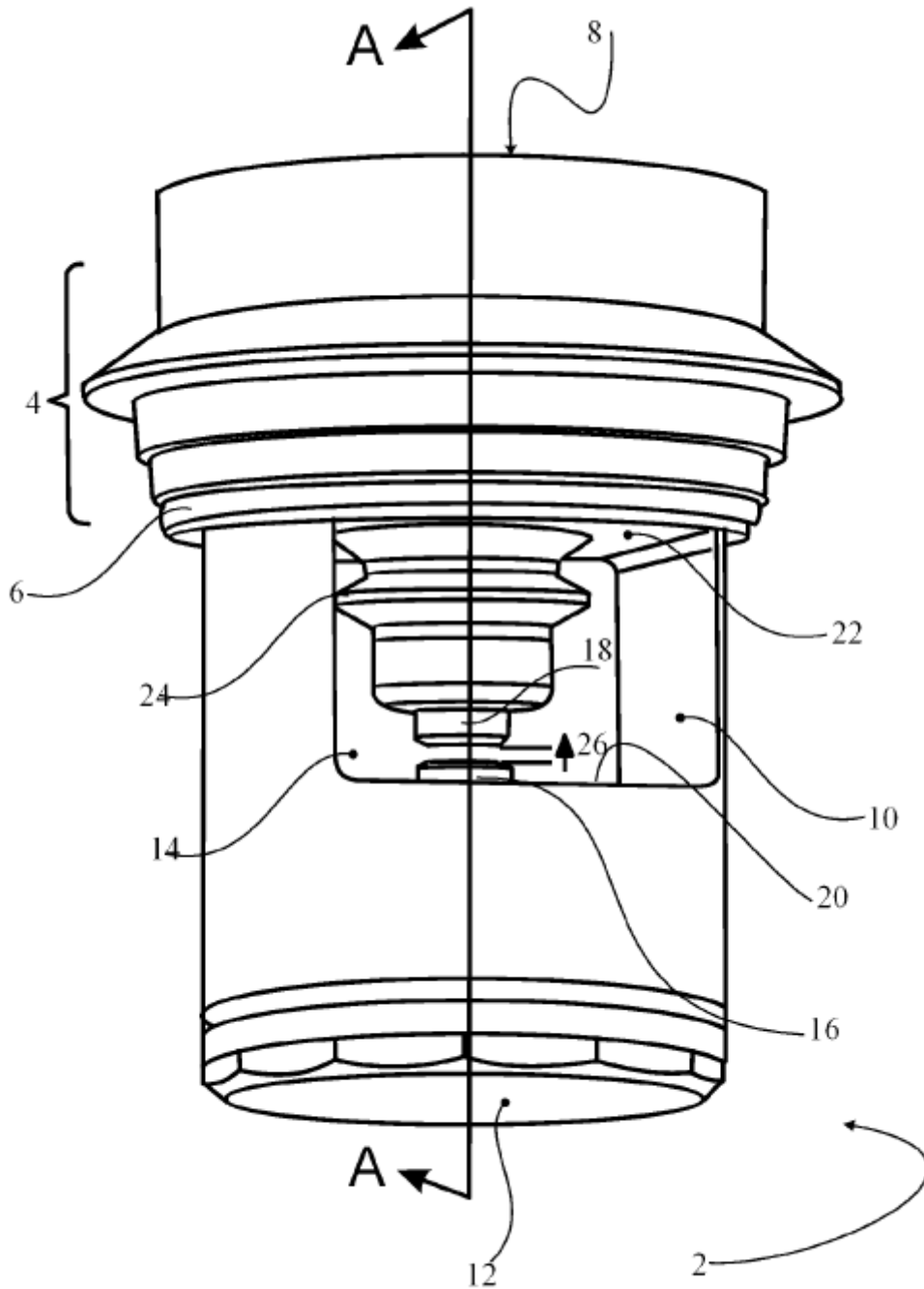


Fig.1

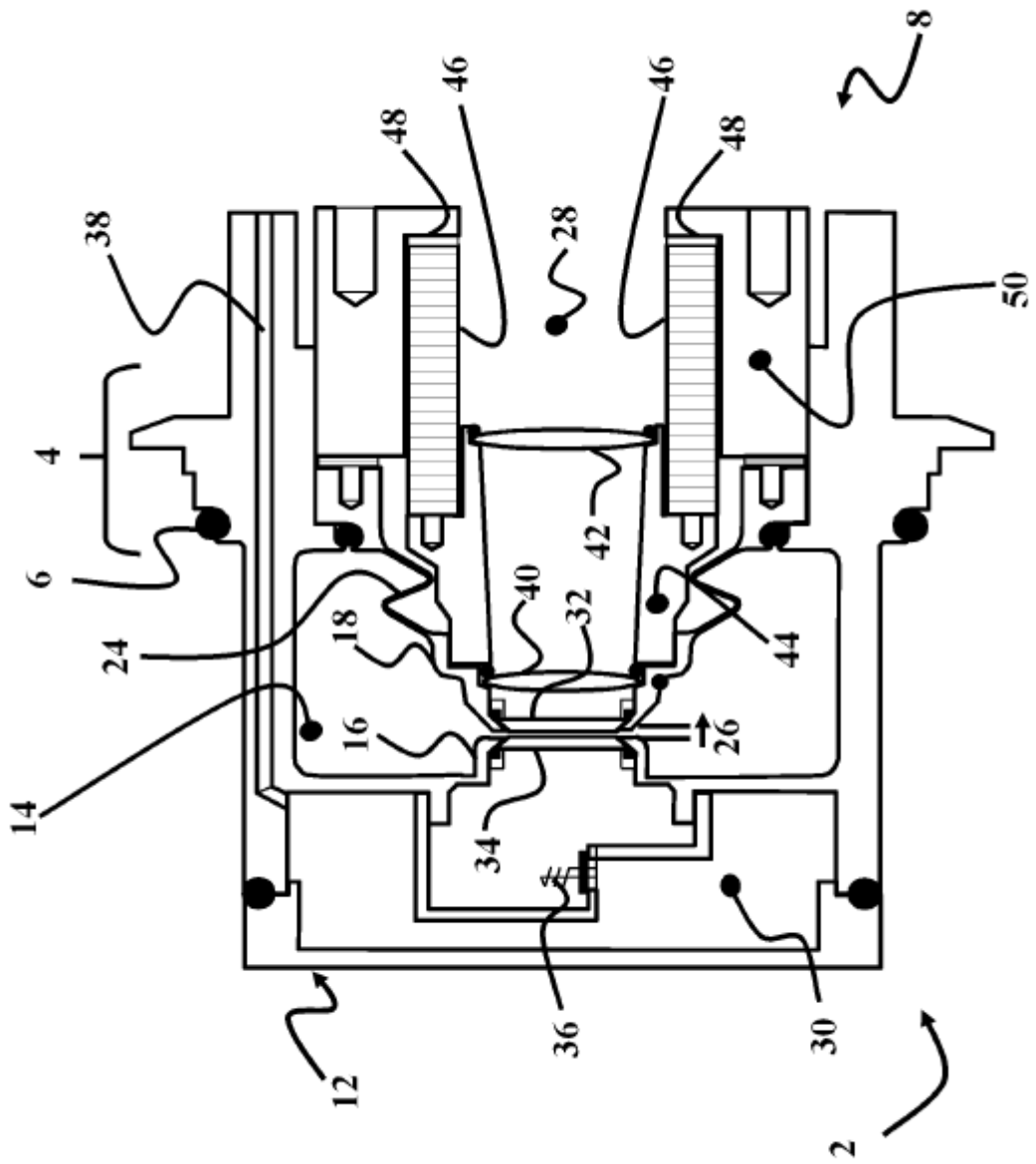


Fig. 2

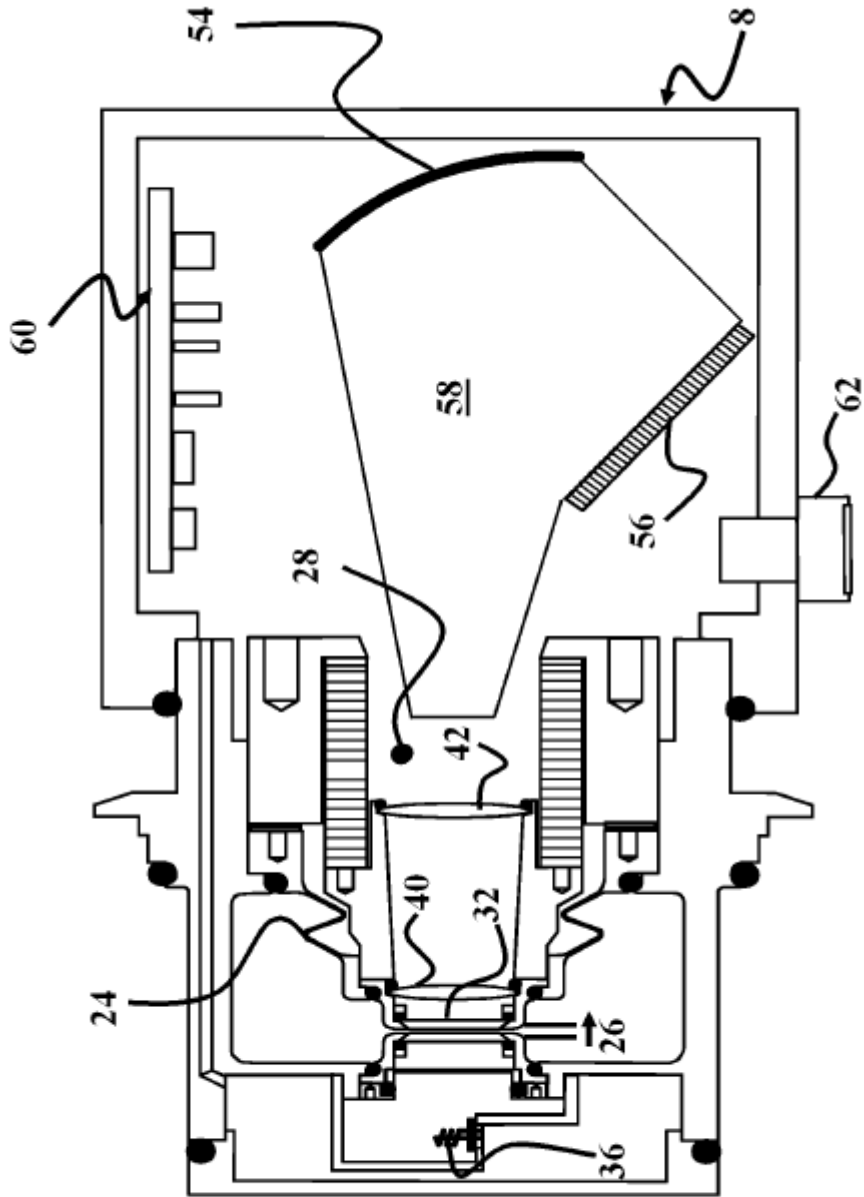


Fig. 3a

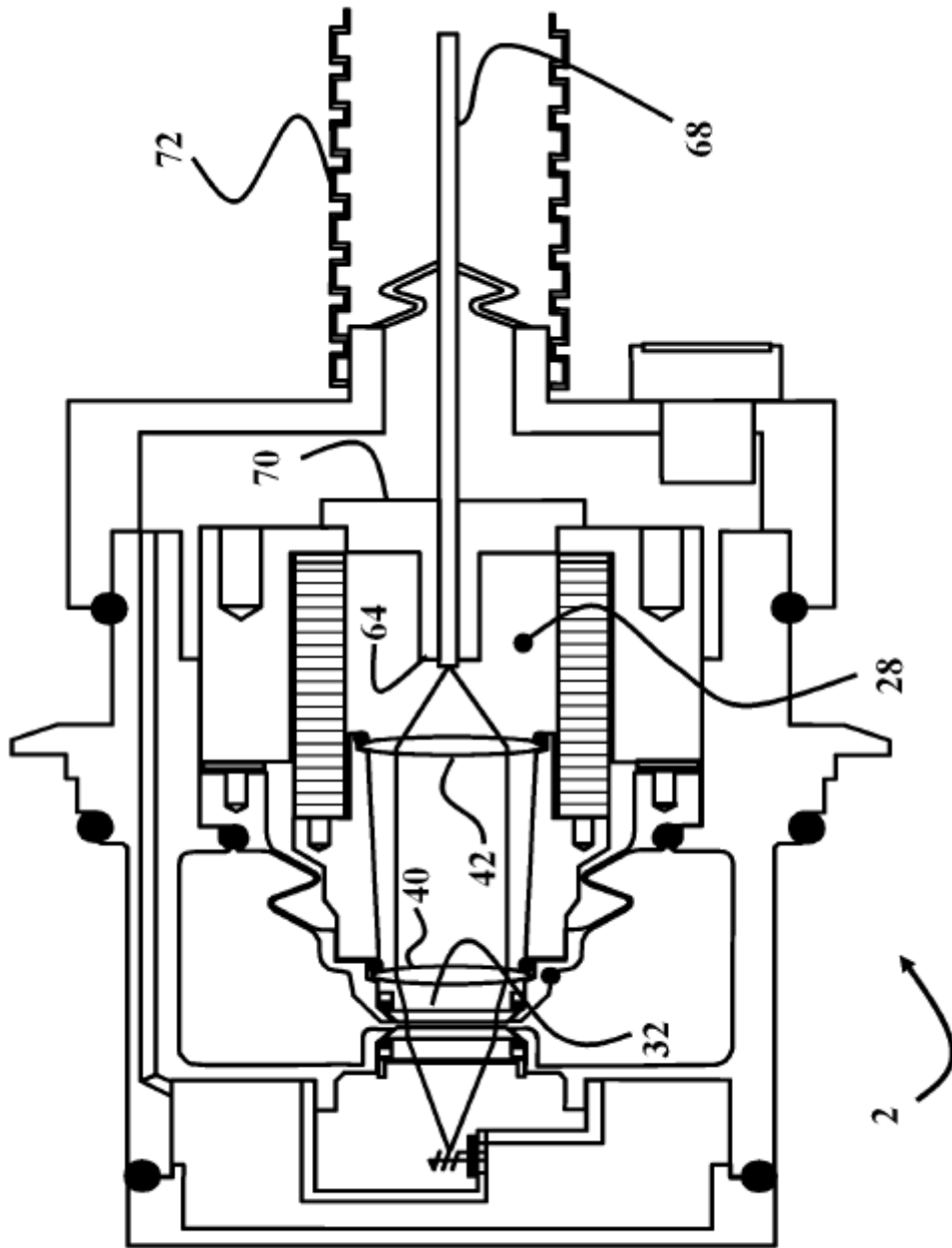


Fig. 3b

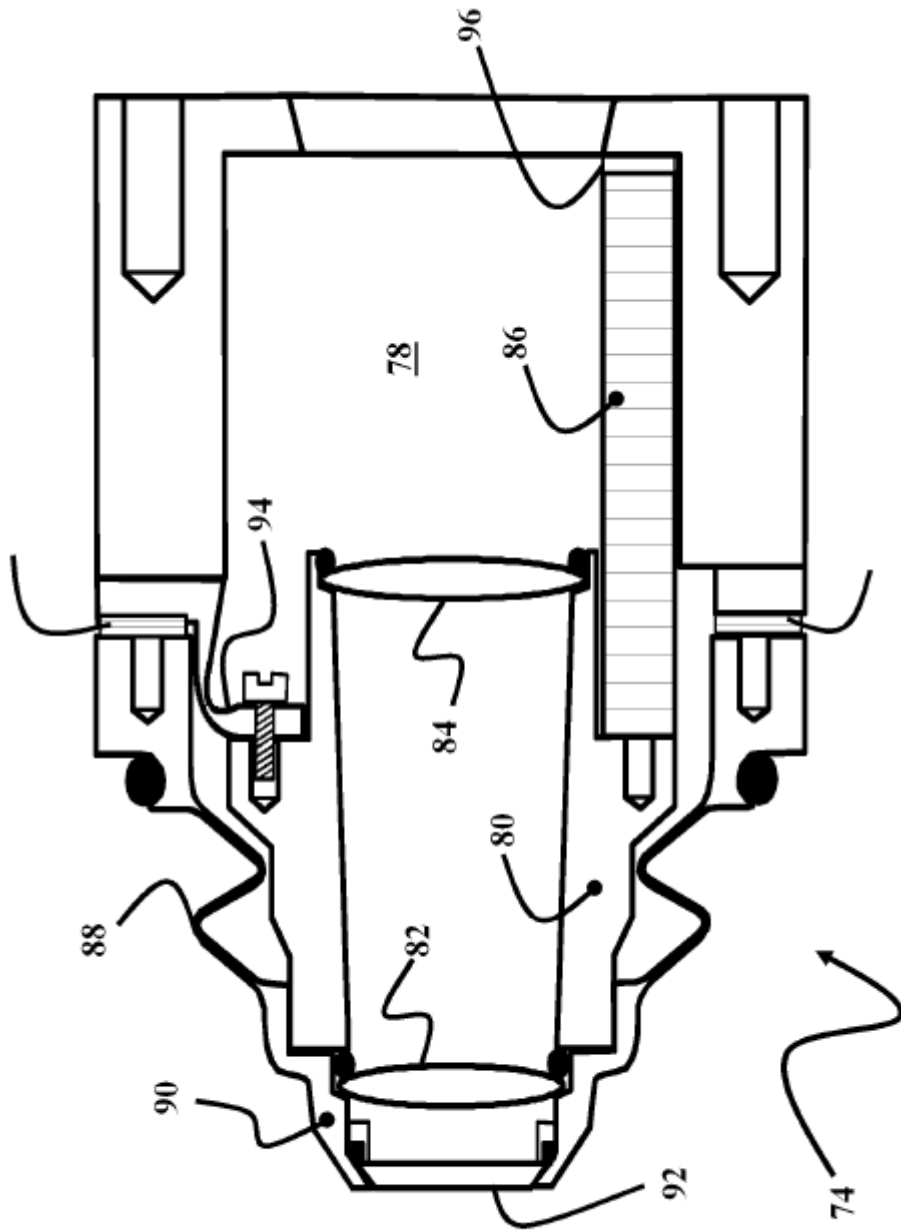
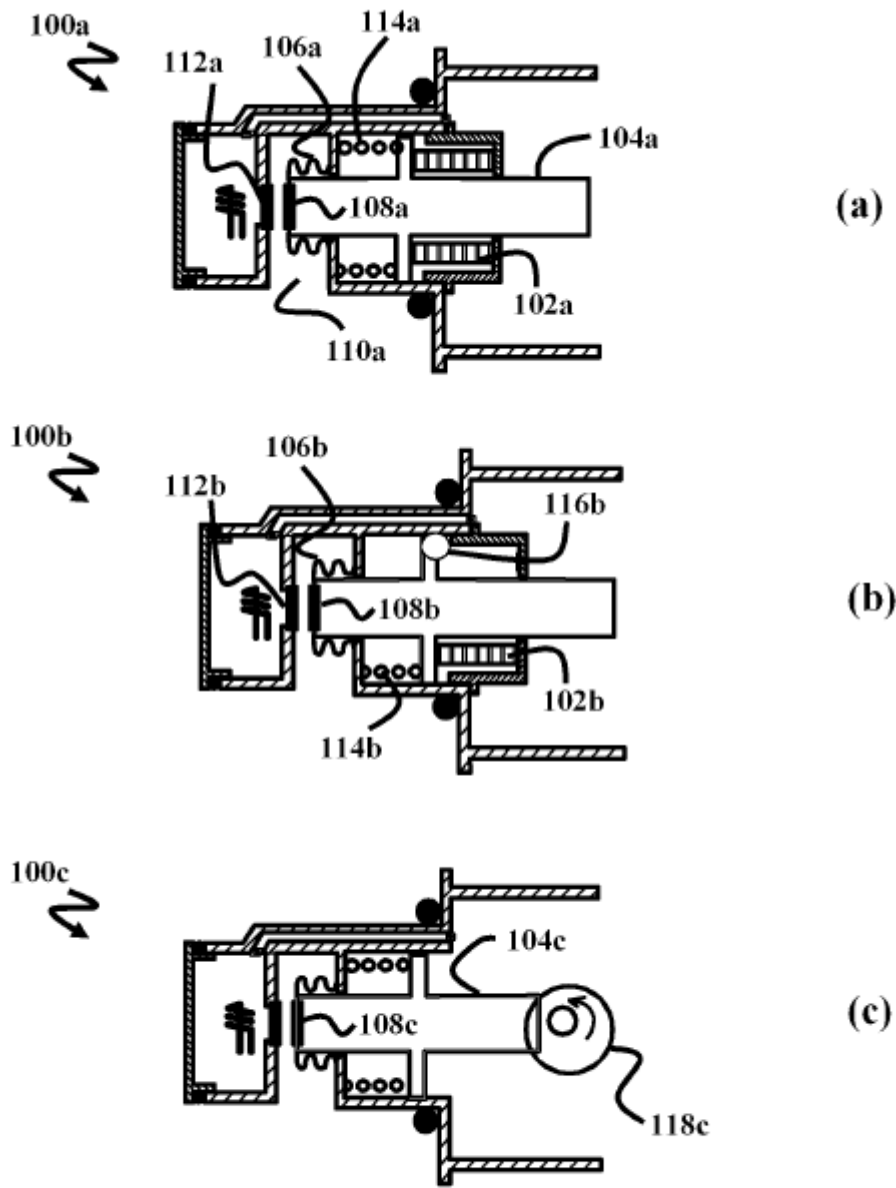
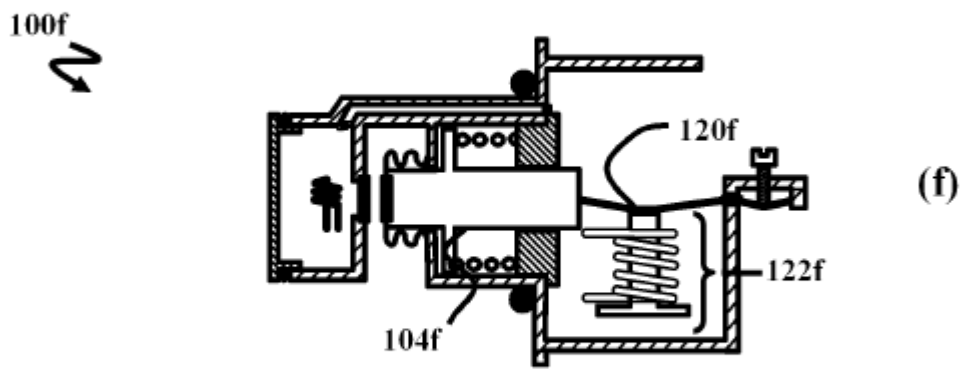
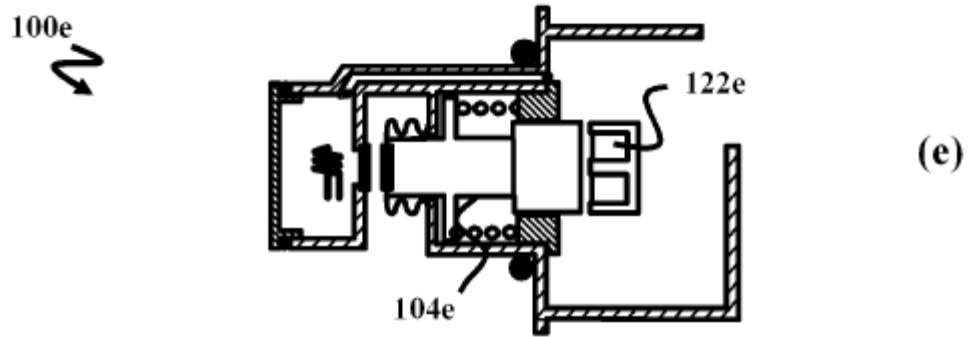
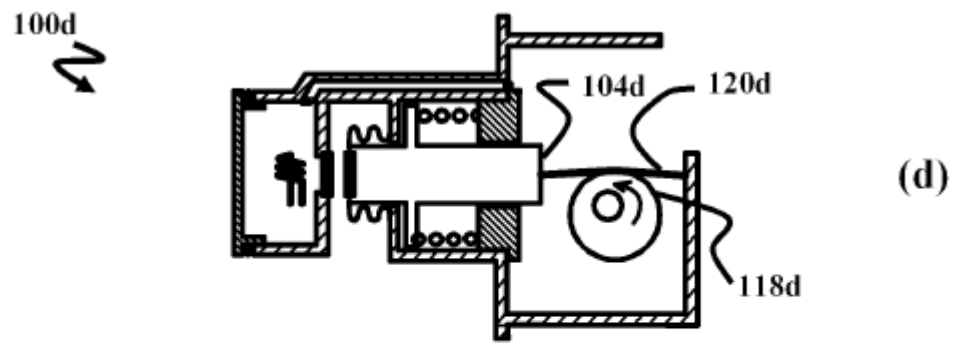


Fig. 4



Figs. 5



Figs. 5