

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 231**

51 Int. Cl.:

**G21C 19/10** (2006.01)

**G21C 17/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2017 E 17177860 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018 EP 3273445**

---

54 Título: **Dispositivo de intervención para un ensamblaje de combustible nuclear**

---

30 Prioridad:

**20.07.2016 FR 1656897**

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

**09.07.2018**

73 Titular/es:

**REEL (100.0%)  
69, rue de la Chau  
69450 Saint-Cyr-au-Mont-d'Or, FR**

72 Inventor/es:

**CASTAING, JEAN-LOUIS y  
KOPECKY, BERNARD**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 675 231 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 de intervención para un ensamblaje de combustible nuclear

5 Campo de la invención

La presente invención se aplica al sector técnico de la industria nuclear y se refiere a los dispositivos de intervención para los ensamblajes de combustibles nucleares.

10 La invención encuentra, de manera más particular, su aplicación en el mantenimiento y la inspección de los ensamblajes de combustible nuclear.

Estado de la técnica anterior

15 De manera general, los ensamblajes de combustible nuclear están constituidos por barras, que constan de un apilamiento de pastillas sinterizadas del combustible propiamente dicho, estando estas barras ensambladas entre sí por medio de rejillas - travesaños, distribuidos según la altura del ensamblaje. Estos ensamblajes presentan tradicionalmente una sección transversal con forma cuadrada.

20 En el campo de los reactores nucleares, conviene proceder a inspecciones periódicas de un cierto número de ensamblajes de combustible nuclear.

25 Tras un periodo determinado de irradiación, se observa que dichos ensamblajes presentan diferentes tipos de deformación, en concreto, tales como torsiones, deformaciones en arco de círculo o en forma de "plátano", pandeos, estas deformaciones tienden a aumentar fuertemente con la duración o el grado de irradiación.

30 Otros defectos pueden aparecer, tales como la perforación de las barras lo que las vuelve no estancas, la deformación o desprendimiento de trozos de rejillas provocada por las fricciones de los combustibles entre sí durante el mantenimiento en la caba.

35 Por lo tanto, resulta deseable poder inspeccionar dichos ensamblajes regularmente con el fin de medir estas deformaciones, detectar las barras no estancas, comprobar el estado de las rejillas.

40 La inspección tiene por objeto determinar el diámetro de las barras a lo largo de toda su altura, la anchura y la forma de las rejillas, la distancia entre las barras para distintas alturas, la deformación longitudinal del ensamblaje, la desviación pie/cabeza del ensamblaje cuando este está simplemente posado sobre su pie, la presencia de agua en las barras. La inspección precisa, por tanto, la implementación de varias herramientas de medición diferentes y el acceso a las cuatro caras del ensamblaje de combustibles y a lo largo de toda su altura.

45 Tradicionalmente, la inmersión de los combustibles nuevos se efectúa desde el nivel superior de una piscina, por medio de una jaula susceptible de desplazarse verticalmente por encima de la piscina. La jaula está configurada para soportar dicho ensamblaje y desplazar dicho ensamblaje por toda la altura de la piscina.

50 Las inspecciones habitualmente se efectúan utilizando la jaula para desplazar las herramientas de inspección, estando el combustible suspendido de la pasarela del puente.

55 Por ejemplo, las inspecciones se pueden efectuar a un nivel superior de la piscina equipando una parte superior de esta última con un conjunto de herramientas de visualización y desplazando dicho ensamblaje en perpendicular a las herramientas de visualización.

Otro método de inspección consiste en disponer en el fondo de la piscina, un puesto de inspección que consta de un conjunto de herramientas de visualización, colocándose el ensamblaje en el puesto de inspección con la ayuda de la pasarela del puente.

60 Unos ejemplos típicos de tales aparatos de inspección se describen en los documentos US 5.737.377 y US 4.036.686.

65 Estos dos modos de inspección imponen numerosas operaciones de mantenimiento de herramientas y de los ensamblajes a inspeccionar. Por otra parte, el puesto precisa disponer de sitio en el fondo de la piscina.

Además, las nuevas centrales nucleares, por ejemplo, las que implementan la tecnología EPR de "Reactor Presurizado Europeo", integran unas piscinas, en las que el espacio disponible es reducido.

Por consiguiente, la integración de un puesto de inspección es más difícil.

Una solución alternativa consiste en equipar la jaula con un descenso y un conjunto de herramientas de visualización montadas sobre uno de los lados de la jaula. La jaula rueda sobre unos rieles con los que está equipado el descenso. Estas herramientas son móviles en traslación a lo largo de la jaula de manera que se pueda visualizar un lado del ensamblaje en toda su longitud.

Sin embargo, este modo de inspección no permite visualizar la totalidad de los parámetros de dicho ensamblaje si se utiliza la cesta estándar del descenso. Además, cuando se requiere un cambio de herramienta, es necesario extraer el combustible de la jaula para poder remontarla a la superficie y efectuar el cambio de herramienta. En efecto, un combustible irradiado no puede remontarse hasta la superficie de la piscina ya que contiene demasiada radiación.

El problema técnico que la invención pretende resolver consiste, por tanto, en obtener un dispositivo de intervención en un ensamblaje de combustible nuclear capaz de ocupar un espacio mínimo en la piscina, de asegurar el desplazamiento y la inspección *in situ* de dicho ensamblaje, y en el que las mediciones de dicho ensamblaje sean tan completas como sea posible con la posibilidad de cambiar las herramientas de inspección sin tener que desplazar el combustible.

Además, el equipo debe poder soportar el ensamblaje de combustible de manera segura en todas sus configuraciones, incluso en caso de sismo. Esto debe respetarse, de manera muy particular, cuando el combustible está posado sobre su pie sin estar retenido directamente por la cabeza.

Exposición de la invención

La invención busca resolver este problema técnico, proponiendo un dispositivo de intervención que consta de un descenso configurado para soportar un ensamblaje combustible y un soporte de herramienta independiente de dicho descenso y configurado para transportar una pluralidad de herramientas al nivel de dicho ensamblaje.

A tal efecto, la invención se refiere a un dispositivo de intervención en un ensamblaje de combustible nuclear, constando dicho dispositivo de:

- una jaula configurada para mantener y desplazar un ensamblaje de combustible nuclear a lo largo de toda la altura de una piscina de un reactor nuclear, y
- al menos una herramienta configurada para medir un parámetro de dicho ensamblaje de combustible nuclear mantenido por dicha jaula, estando dicha herramienta montada en un portaherramientas configurado para mantener y desplazar al menos una herramienta a lo largo de toda la altura de la piscina de un reactor nuclear independientemente de dicha jaula.

Según la invención, la jaula consta de un brazo de soporte dispuesto en una parte superior de dicha jaula y una bandeja que forma un extremo inferior de dicha jaula, estando esta última configurada para mantener un ensamblaje de combustible nuclear apoyado sobre dicha bandeja y rodeada por una abertura de dicho brazo de soporte.

La invención permite de esta manera utilizar un gran número de herramientas intercambiables, montadas alternativamente en el portaherramientas, incluso aunque se mantenga un ensamblaje de combustible nuclear en posición sobre la jaula. La invención permite inspeccionar libremente una parte de un ensamblaje de combustible nuclear situado entre el brazo de soporte y la bandeja así como un extremo superior de dicho ensamblaje.

Se deduce que la invención permite mejorar las mediciones efectuadas en el ensamblaje sin aumentar el volumen de las herramientas y sin desplazar el ensamblaje en una zona dedicada a la inspección.

Según un modo de realización, el dispositivo de intervención consta de un alvéolo que penetra en la abertura de dicho brazo de soporte y está configurado para recibir un ensamblaje de combustible nuclear con dicho brazo de soporte durante un desplazamiento del ensamblaje por la jaula. En este modo de realización, el ensamblaje está asegurado por la presencia del alvéolo que sujeta lateralmente el ensamblaje entre el brazo y la bandeja. El alvéolo permite guiar el ensamblaje durante su carga en la jaula y soportar las cargas laterales en caso de sismo en las fases de bajada o de subida del ensamblaje.

Según un modo de realización, el dispositivo de intervención consta de un espaciador entre la abertura del brazo de soporte y un ensamblaje de combustible nuclear. Este modo de realización le permite al ensamblaje deformarse longitudinalmente y lateralmente sin topar contra la abertura, para medir un defecto de verticalidad del ensamblaje. En caso de sismo, la cabeza del ensamblaje llegará a apoyarse contra el brazo de soporte y lo retendrá para evitar que el combustible se salga de la jaula y caiga al fondo de la piscina.

Según un modo de realización, el dispositivo de intervención consta de un soporte de cabeza que penetra en la abertura del brazo de soporte y está configurado para montar un ensamblaje de combustible nuclear libre en rotación con respecto a dicho brazo de soporte. Este modo de realización permite efectuar una rotación del ensamblaje con el fin de inspeccionar las cuatro caras del ensamblaje sin desplazar las herramientas.

Según un modo de realización, en el que el dispositivo de intervención consta de un soporte de pie móvil en rotación con respecto a la bandeja. Este modo de realización permite asimismo efectuar una rotación del ensamblaje con el fin de inspeccionar las cuatro caras del ensamblaje sin desplazar las herramientas.

- 5 Según un modo de realización, el brazo de soporte y la bandeja están configurados para establecer una distancia superior a 15 centímetros entre el cuerpo longitudinal de la jaula y un ensamblaje de combustible nuclear montado en dicha jaula. Este modo de realización permite limitar el riesgo de contacto entre el cuerpo de la jaula y el ensamblaje en caso de sismo.
- 10 Según un modo de realización, el portaherramientas consta de un carro destinado a soportar la herramienta y montado sobre una plataforma, estando dicho carro configurado para desplazarse según dos direcciones ortogonales sobre una superficie de dicha plataforma. Este modo de realización permite desplazar la herramienta lo más cerca posible del ensamblaje.
- 15 Según un modo de realización, el carro consta de unos medios de detección de una resistencia al desplazamiento de dicho carro configurados para detectar si una fuerza de resistencia supera un umbral predeterminado. Este modo de realización permite detener los desplazamientos del carro cuando la fuerza de resistencia es demasiado grande, con el fin de limitar el riesgo de hundimiento de las barras del ensamblaje por dicha herramienta.
- 20 Según un modo de realización, la jaula está montada sobre una primera guía y el portaherramientas está montado sobre una segunda guía.

#### Breve descripción de los dibujos

- 25 La manera en la que la invención puede realizarse así como las ventajas que se derivan de ello se apreciarán mejor con los siguientes ejemplos de realización, aportados a modo indicativo y no limitativo con el respaldo de las figuras adjuntas.

30 La figura 1 es una representación frontal esquemática de un dispositivo de intervención según un modo de realización de la invención.

Las figuras 2a y 2b son unas representaciones esquemáticas de perfil y en planta de una jaula del dispositivo de intervención de la figura 1, en una configuración de desplazamiento de un ensamblaje de combustible nuclear.

35 Las figuras 3a y 3b son unas representaciones esquemáticas de perfil y en planta de una jaula del dispositivo de intervención de la figura 1, en una configuración de medición de una primera deformación de un ensamblaje de combustible nuclear.

40 Las figuras 4a y 4b son unas representaciones esquemáticas de perfil y en planta de una jaula del dispositivo de intervención de la figura 1, en una configuración de medición de una segunda deformación de un ensamblaje de combustible nuclear.

45 La figura 5 es una representación esquemática de perfil de un portaherramientas del dispositivo de intervención de la figura 1.

#### Descripción detallada de la invención

50 La figura 1 ilustra un dispositivo de intervención 10 que actúa en una piscina 30 de un reactor nuclear. De manera más particular, el dispositivo de intervención 10 consta de una jaula 11 adecuada para desplazar un ensamblaje 12 de combustible nuclear desde la parte de arriba de la superficie superior 31 de la piscina 30 hasta el fondo 32 de la piscina 30. Para ello, la jaula 11 está montada mediante unas ruedas sobre dos guías 21 que se extienden sustancialmente por toda la altura de la piscina 30. La jaula 11 consta de un cuerpo 25 que se extiende longitudinalmente con respecto a las guías 21 sobre el que las ruedas están montadas. El cuerpo de la jaula 11 se desplaza a lo largo de las guías 21 bajo el control de una unidad de control.

55 El ensamblaje 12 de combustible nuclear se mantiene en la jaula 11 por medio de una bandeja 17 que se extiende perpendicularmente con respecto al cuerpo 25, y que forma un extremo inferior de la jaula 11. El ensamblaje 12 está posado sobre la bandeja 17 y mantenido axialmente por un brazo de soporte 16. A tal efecto, el brazo de soporte 16 consta de una abertura 23 destinada a rodear el ensamblaje 12. El brazo de soporte 16 se extiende, por una parte superior de la jaula 11, en perpendicular con respecto al cuerpo 25.

60 Preferentemente, la bandeja 17 y la abertura 23 del brazo de soporte 16 se disponen de manera que se establezca una distancia superior a 15 centímetros entre el ensamblaje 12 y el cuerpo 25 de la jaula 11.

65 Tal como se ilustra en las figuras 2a y 2b, para subir o bajar un ensamblaje 12, la jaula 11 está equipada con un alvéolo 18 que penetra por la abertura 23, y está configurado para fijar el ensamblaje 12 entre la bandeja 17 y el

brazo de soporte 16. La subida/bajada de la jaula se efectúa por medio de una grúa exclusiva posicionada en el borde de la piscina. Cuando la jaula está en la posición de abajo, el combustible se coloca en la jaula o se extrae por medio de una herramienta de mantenimiento del combustible enganchada a un puente de mantenimiento.

5 El dispositivo de intervención 10 consta asimismo de un portaherramientas 15 configurado para mantener y desplazar una o varias herramientas 14. Las herramientas 14 utilizadas pueden ser de naturaleza muy variada: utillaje de medición de la anchura de las rejillas de ensamblajes de combustible, utillaje de medición del diámetro de las barras, utillaje de verificación de la presencia de agua en las barras, cámaras... De este modo, las herramientas 14 permiten medir al menos un parámetro del ensamblaje 12 mantenido en la jaula 11.

10 El portaherramientas 15 está montado mediante unas ruedas sobre dos guías 22 que se extienden sustancialmente por toda la altura de la piscina 30. Las guías 22 del portaherramientas 15 son independientes de las guías 21 de la jaula 11. De este modo, el portaherramientas 15 permite cambiar de herramienta 14 sin desplazar la jaula 11 ni el ensamblaje 12.

15 Como variante, los sistemas de desplazamiento del portaherramientas 15 y de la jaula 11 pueden variar sin cambiar la invención a poco que sean independientes el uno del otro.

20 Tal y como se ilustra en la figura 5, el portaherramientas 15 consta de un carro 41 montado sobre una plataforma 40. El carro 40 soporta las diferentes herramientas 14 y desplaza las diferentes herramientas 14 lo más cerca posible del ensamblaje 12. Para ello, el carro 40 es susceptible de ser desplazado sobre una superficie de la plataforma 40 según dos direcciones ortogonales. Cuando el carro 40 se desplaza en dirección al ensamblaje 12, se efectúa una medición de la resistencia al desplazamiento con el fin de detener los desplazamientos del carro 40 si una fuerza de resistencia supera un umbral predeterminado.

25 Las figuras 3 y 4 ilustran dos inspecciones distintas del ensamblaje 12 mediante una herramienta 14. En el modo de realización de las figuras 3a y 3b, se busca la deformación D1 de tipo "plátano", en S o cualquier otra en el ensamblaje 12. Para medir esta deformación D1, el ensamblaje 12 se monta en un soporte de pie 20 móvil en rotación con respecto a la bandeja 17. La parte superior del ensamblaje 12 se monta igualmente en la abertura 23 del brazo de soporte 16 mediante un soporte de cabeza 19, de manera que se permita la rotación del ensamblaje 12 con respecto al brazo de soporte 16. Una herramienta 14 o cualquier otra cámara indica la posición y permite la inspección del ensamblaje 12 en la zona Z1 situada por encima del brazo de soporte 16 y en la zona Z2 situada entre el brazo de soporte 16 y la bandeja 17. Durante la medición de la posición y de la inspección del ensamblaje 12, este se desplaza en rotación desde el soporte de pie 20, con el fin de visualizar las cuatro caras del ensamblaje 12.

30 La medición de la rectitud del ensamblaje 12 puede efectuarse en presencia de un sistema de referencias montado sobre la jaula 11. En el ejemplo de la figura 3a, el sistema de referencias está constituido por un soporte 45 montado entre la bandeja 17 y el brazo de soporte 16, y está configurado para tender un hilo 46 a la vertical. La medición de la posición del ensamblaje 12 se efectúa, entonces, calculando la distancia entre el ensamblaje 12 y el hilo 46.

35 En el modo de realización de las figuras 4a y 4b, se busca una deformación D2 de tipo "torre de pisa" o "desviación pie/cabeza" en el ensamblaje 12. Esta deformación D2 corresponde a una desviación entre los extremos inferior y superior del ensamblaje 12 cuando el combustible se coloca sobre su remate inferior y no suspendido como se realiza habitualmente. Para medir esta deformación D2 con respecto al eje longitudinal L, el ensamblaje 12 se monta en un soporte de pie 20 móvil en rotación con respecto a la bandeja 17. La parte superior del ensamblaje 12 se monta en la abertura 23 del brazo de soporte 16 de manera que se forme un espaciado 24 entre el ensamblaje 12 y el brazo de soporte 16. El ensamblaje 12 puede entonces trasladarse sin chocar con una pared interna de la abertura 23 del brazo de soporte 16. En esta configuración, una herramienta 14 indica la posición del ensamblaje 12 con el fin de estimar la deformación D2 del ensamblaje 12. La abertura 23 del brazo es lo bastante grande como para evitar el contacto entre el combustible y el soporte (varios centímetros).

40 La invención permite así simplificar y aumentar el número de mediciones posibles en el ensamblaje 12 de combustible nuclear. Las mediciones pueden asimismo efectuarse sin volver a subir el ensamblaje 12 y sin utilizar un puesto de medición que ocupa espacio en la piscina 30.

55

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de intervención (10) en un ensamblaje (12) de combustible nuclear en el interior de una piscina de un reactor nuclear, constando dicho dispositivo de:

- una jaula (11) configurada para mantener y desplazar un ensamblaje (12) de combustible nuclear por toda la altura de la piscina, y
- al menos una herramienta (14) configurada para medir un parámetro de dicho ensamblaje (12) de combustible nuclear mantenido por dicha jaula (11), estando dicha al menos una herramienta (14) montada en un portaherramientas (15) configurado para mantener y desplazar dicha al menos una herramienta (14) por toda la altura de la piscina de manera independiente a dicha jaula (11),

caracterizado por que la jaula (11) consta de un brazo de soporte (16) dispuesto en una parte superior de esta última y una bandeja (17) que forma un extremo inferior de dicha jaula (11), y por que la jaula (11) está configurada para mantener un ensamblaje (12) de combustible nuclear apoyado sobre dicha bandeja (17) y por que está rodeada por una abertura (23) de dicho brazo de soporte (16).

2. Dispositivo de intervención de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de intervención (10) consta de un alvéolo (18) que penetra en la abertura (23) del brazo de soporte (16), estando dicho alvéolo (18) configurado para recibir un ensamblaje (12) de combustible nuclear con dicho brazo de soporte (16) cuando la jaula (11) desplaza dicho ensamblaje (12) de combustible nuclear.

3. Dispositivo de intervención de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de intervención (10) consta de un espaciamiento (24) entre la abertura (23) del brazo de soporte (16) y un ensamblaje (12) de combustible nuclear.

4. Dispositivo de intervención de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de intervención (10) consta de un soporte de cabeza (19) que penetra en la abertura (23) del brazo de soporte (16), estando dicho soporte de cabeza (19) configurado para montar un ensamblaje (12) de combustible nuclear libre en rotación con respecto al brazo de soporte (16).

5. Dispositivo de intervención según una de las reivindicaciones 3 y 4, en el que el dispositivo de intervención (10) consta de un soporte de pie (20) móvil en rotación con respecto a la bandeja (17).

6. Dispositivo de intervención según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el brazo de soporte (16) y la bandeja (17) están configurados para establecer una distancia comprendida superior a 15 centímetros entre un cuerpo longitudinal (25) de la jaula (11) y un ensamblaje (12) de combustible nuclear montado en dicha jaula (11).

7. Dispositivo de intervención según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el portaherramientas (15) consta de un carro (41) destinado a soportar dicha al menos una herramienta (14), estando dicho carro (41) montado sobre una plataforma (40), estando dicho carro (41) configurado para desplazarse según dos direcciones ortogonales sobre una superficie de dicha plataforma (40).

8. Dispositivo de intervención de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el carro (41) consta de unos medios de detección de una resistencia a su desplazamiento, configurados para detectar si un esfuerzo de resistencia supera un umbral predeterminado.

9. Dispositivo de intervención según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la jaula (11) está montada sobre una primera guía (21) y en el que el portaherramientas (15) está montado sobre una segunda guía (22).

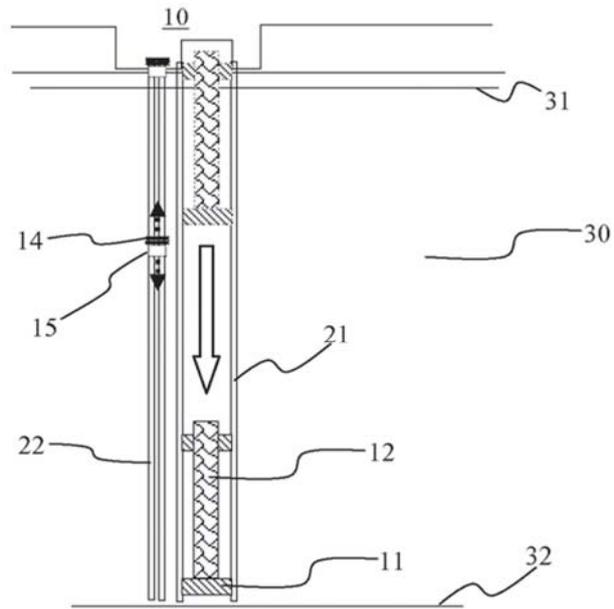


Fig. 1

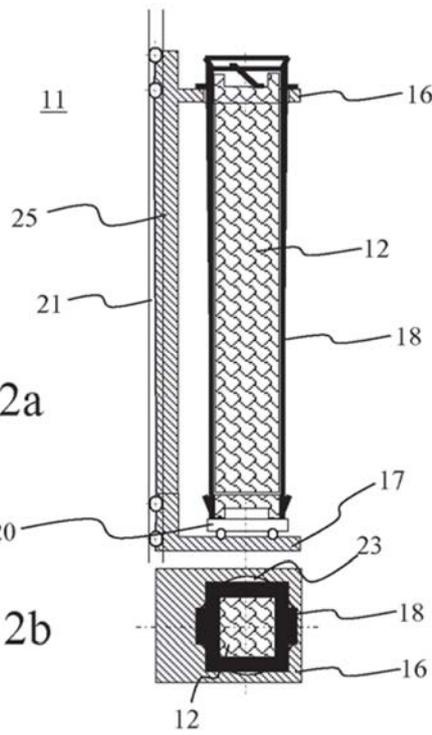
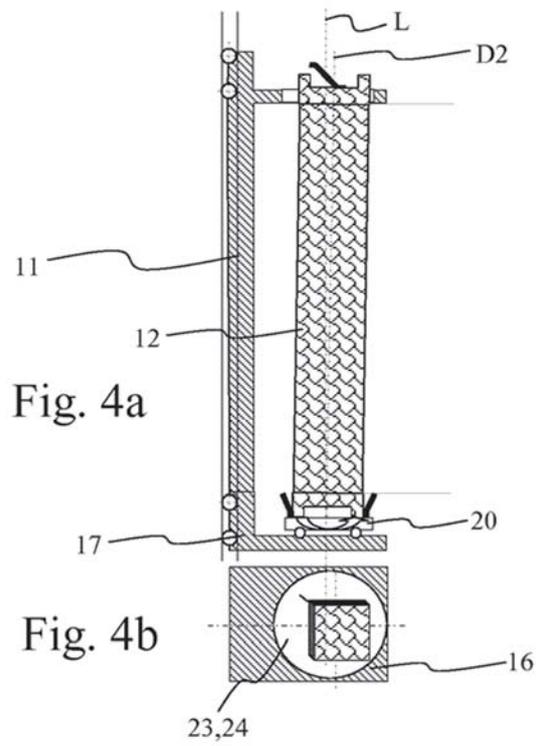
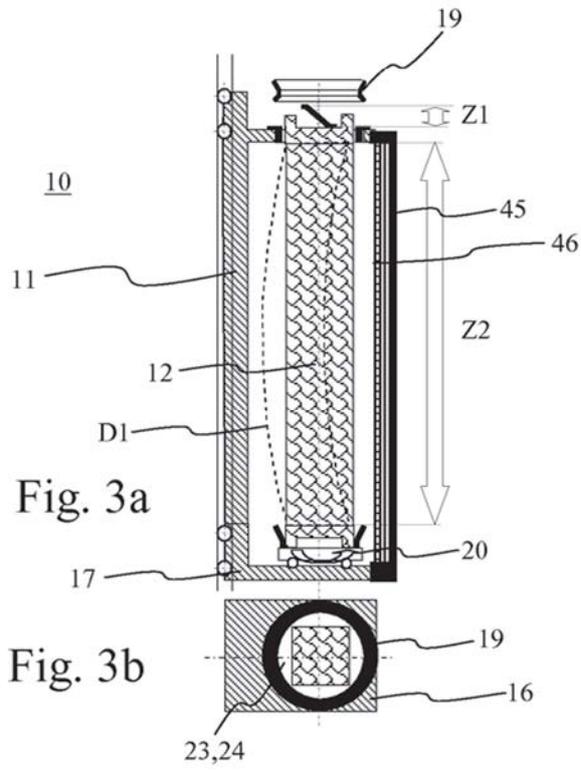


Fig. 2a

Fig. 2b



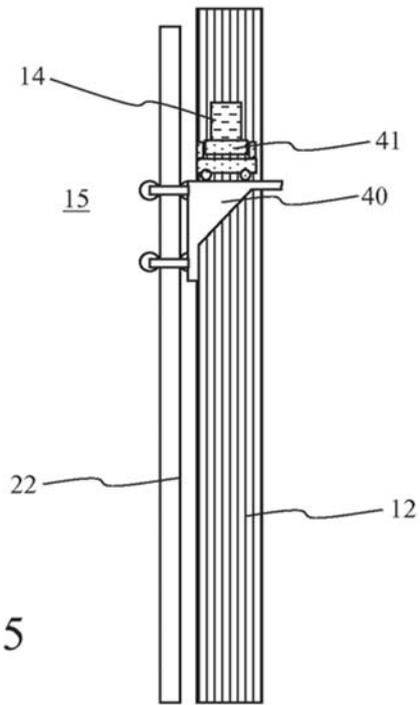


Fig. 5