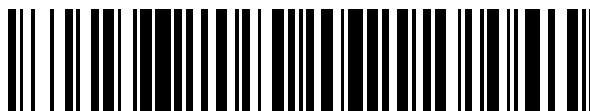


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 126**

51 Int. Cl.:

G21C 9/00 (2006.01)

G21C 11/02 (2006.01)

G21C 11/08 (2006.01)

G21C 13/00 (2006.01)

G21C 15/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2011 E 11008261 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2015 EP 2450905**

54 Título: **Reactor nuclear con recipiente a presión del reactor inundable desde el exterior**

30 Prioridad:

04.11.2010 DE 102010050211

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

01.10.2015

73 Titular/es:

**AREVA GMBH (100.0%)
Paul-Gossen-Strasse 100
91052 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:

**WORSCH, MARCUS y
SCHELER, REINER**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 547 126 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

Reactor nuclear con recipiente a presión del reactor inundable desde el exterior

5 La invención se refiere a un reactor nuclear, en especial un reactor de agua ligera, que se utiliza en una central nuclear para la producción de corriente eléctrica. En el curso del desarrollo de la tecnología de los reactores nucleares o de reactores de agua ligera, deben aumentarse por una parte la efectividad así como la rentabilidad, y por otra parte debe reducirse la probabilidad de aparición de posibles fallos a través de estándares de calidad y seguridad más altos. Ya que los fallos en general, y a pesar de todas las medidas de seguridad no pueden, sin embargo, descartarse totalmente, en un concepto de seguridad de un reactor nuclear se incluyen siempre en el cálculo determinados fallos, para que procediendo adecuadamente también entonces pueda impedirse que se ponga en riesgo a la población. En este contexto se denomina como accidente más grave asumible (AMGA) un fallo para el que el concepto de seguridad de un reactor nuclear está todavía preparado.

El documento US 2008/198960 A1 da a conocer un reactor nuclear con un aislamiento térmico que rodea el recipiente a presión del reactor (que en español también se conoce como vasija), con un espacio de inundación entre el recipiente a presión del reactor y el aislamiento térmico, así como un anillo de protección.

15 En la publicación para información de solicitud de patente DE 35 07 931 A1 se describe un reactor nuclear, entre cuyo revestimiento del núcleo o recipiente a presión del reactor y su encofrado de hormigón está previsto un espacio libre. En este espacio libre se encuentra un escudo de protección frente a la radiación a partir de elementos dispuestos en forma de corona alrededor del revestimiento del núcleo. Dichos elementos están fabricados de un material absorbente y deben impedir la extensión de la radiación desde el núcleo del reactor al espacio libre entre el revestimiento del núcleo y el encofrado de hormigón o revestimiento de hormigón.

20 Por la publicación WO 2009 / 053322 A1 se conoce un reactor nuclear, para cuyo recipiente a presión del reactor está prevista una refrigeración externa en caso de fallo, más exactamente, en caso de un sobrecalentamiento del reactor nuclear y con ello, de una amenaza de fusión del núcleo. La refrigeración externa tiene lugar con ayuda de un fluido que en caso de necesidad se conduce a un espacio libre o hueco entre el recipiente a presión del reactor y la envuelta de hormigón y absorbe una parte de la energía térmica. En funcionamiento normal, por el contrario, las pérdidas térmicas no son deseadas, por lo que el concepto de la refrigeración externa del recipiente a presión del reactor es, a este respecto, desventajoso.

30 Partiendo de ahí la invención se basa en el objetivo de desarrollar un reactor nuclear de tal modo que se garantice una refrigeración externa de emergencia rápida y efectiva del recipiente a presión del reactor con al mismo tiempo buena protección frente a la radiación y pérdidas térmicas reducidas en funcionamiento normal.

Este objetivo se resuelve con la combinación de características de la reivindicación 1 de manera acorde con la invención. Las reivindicaciones dependientes incluyen perfeccionamientos de esta invención que son en parte convenientes, y en parte inventivos en sí mismos.

35 En un reactor nuclear según la invención su recipiente a presión del reactor está rodeado de un aislamiento térmico, lo que tiene como consecuencia una reducción de las pérdidas de calor en el funcionamiento normal del reactor nuclear. Ambos elementos del reactor, el recipiente a presión del reactor y el aislamiento térmico, están separados entre sí en el espacio mediante un espacio de inundación. En el aislamiento térmico está prevista una brecha que se puede cerrar, a través de la que, en caso de fallo, puede conducirse un fluido refrigerante, por ejemplo agua fría, en el espacio de inundación para la refrigeración externa del recipiente a presión del reactor. De esta manera se hace efectiva una refrigeración de emergencia en caso de necesidad, cuya efectividad no está esencialmente comprometida por las barreras térmicas utilizadas. Dentro del espacio de inundación está fijado un anillo de protección, que subdivide a éste en dos cámaras de inundación separadas entre sí. Dicho anillo de protección actúa así sobre todo como barrera material para la protección contra la radiación de una zona de inspección del reactor nuclear, que es frecuentada por el personal temporalmente. Para una refrigeración de emergencia lo más efectiva posible es necesario, sin embargo, que el fluido refrigerante llegue a ambas cámaras de inundación. Por ello ambas cámaras de inundación están conectadas entre sí por un canal de derivación que en funcionamiento normal del reactor nuclear está cerrado y ha de abrirse en caso de fallo.

50 Según una forma de realización preferida se lleva el canal de derivación afuera, pasando por el anillo de protección, al menos en parte por dentro de un revestimiento de hormigón que envuelve el recipiente a presión del reactor junto con su aislamiento térmico. De esta manera queda inalterado el anillo de protección y se mantiene completamente el efecto protector.

Como ventaja se contempla adicionalmente que se prevea disponer varios canales de derivación distribuidos a lo largo de la circunferencia del anillo de protección. Con ello puede tener lugar la introducción del fluido refrigerante en ambas cámaras de inundación en un tiempo más corto.

55 En una configuración preferida en funcionamiento normal del reactor nuclear un cuerpo de cierre cierra aquel extremo de un canal de derivación que desemboca en aquella cámara de inundación en la que está dispuesta la brecha a través del aislamiento térmico. Este cuerpo de cierre está unido de manera impulsada a través de un

5 acoplamiento mecánico, a un flotador que está situado igualmente en la cámara de inundación mencionada. Si se da el caso de un fallo correspondiente, se llena así aquella cámara de inundación con el fluido refrigerante. Sobre el flotador actúa entonces una fuerza impulsora ascendente resultante, que pone el flotador en movimiento. A través del acoplamiento mecánico tiene lugar una transferencia de la fuerza impulsora resultante y con ello, del movimiento, sobre el cuerpo de cierre y en consecuencia, una apertura del canal de derivación. Con ello se hace efectivo un sencillo mecanismo pasivo de apertura y cierre. Los mecanismos pasivos de este tipo no necesitan ninguna dirección activa y ningún suministro de energía adicional desde el exterior y son por ello, característicamente, menos susceptibles a la avería o las incidencias.

10 A este respecto es también una ventaja un dispositivo de conducción para el aparato de movimiento. Así, puede tratarse, por ejemplo, de un cuerpo en forma de tubo, en el que se dirige el flotador durante su movimiento de impulso ascendente. Un dispositivo de conducción tal actúa al mismo tiempo como protección contra sacudidas, como las que pueden producirse, por ejemplo, durante un terremoto.

15 De manera correspondiente a una realización preferida está previsto un elemento de agarre por el lado inferior del flotador para comprobar el funcionamiento en el marco de una labor de inspección. Con ello puede controlarse la movilidad del mecanismo de cierre mediante un movimiento hacia arriba o hacia abajo de la mano a intervalos regulares. Es decir, es posible una comprobación recurrente muy sencilla y rápida.

Finalmente, también es apropiado fabricar el cuerpo de cierre de un material aislante térmico. Con ello puede compensarse en parte la falta de efecto aislante térmico en la zona de una derivación, que con objeto de circunvalar el anillo de protección también consigue el aislamiento térmico.

20 Por medio de un ejemplo de realización se seguirá describiendo la invención a continuación. Muestran, respectivamente, en representación esquemática:

- la Figura 1 un corte longitudinal a través de un reactor nuclear, en especial del tipo reactor de agua en ebullición, con espacio de inundación y anillo de protección en el espacio de inundación,
- 25 la Figura 2 un corte transversal a través de un canal de derivación y su entorno más cercano en el reactor nuclear,
- la Figura 3 una representación esquemática de un mecanismo de cierre para el canal de derivación en funcionamiento normal del reactor nuclear, y
- la Figura 4 una representación esquemática de un sistema de cierre para el canal de derivación en caso de fallo.

Las partes que se corresponden entre sí están provistas en todas las figuras con los mismos símbolos de referencia.

30 Un reactor nuclear 1 según la invención se representa de forma esquemática en la Figura 1. En el tercio superior del corte longitudinal representado por secciones se encuentra el así llamado núcleo 2 del reactor nuclear 1, en el que se desencadena la fragmentación en cadena moderada del núcleo. Está encerrado el núcleo 2 bañado por el medio refrigerante del reactor en un recipiente a presión del reactor 3. En la base del recipiente a presión del reactor 3 se disponen las barras de control o dirección 4, con las que en caso de necesidad puede desplazarse hasta el interior del núcleo 2. El aparataje está incrustado en un revestimiento de hormigón. Este revestimiento de hormigón 5 sirve, por una parte, como soporte para el recipiente a presión del reactor 3 junto con las barras de dirección 4, y por otra parte como envuelta de protección frente a la radiación. Entre el revestimiento de hormigón 5 y el recipiente a presión del reactor 3 está previsto un aislamiento térmico 6, que en funcionamiento normal del reactor nuclear 1 reduce las pérdidas térmicas no deseadas.

40 En el concepto de seguridad del reactor nuclear 1 descrito en el presente documento se considera como accidente más grave asumible (AMGA) un fallo que lleva a una fusión del núcleo. Si se da un fallo de este tipo tiene lugar entonces una refrigeración externa del recipiente a presión del reactor 3 mediante un fluido refrigerante, por ejemplo agua. A este respecto está previsto entre el recipiente a presión del reactor 3 y el aislamiento térmico 6 un espacio hueco o espacio de inundación 7, que, a través de una brecha no representada a través del aislamiento térmico 6 en la zona de la base del recipiente a presión del reactor 3, está unido a una cámara 8 por debajo del mismo. En esta cámara 8 incorporada en el revestimiento de hormigón 5, en la que también está situada la parte de las barras de dirección 4 que sobresale del recipiente a presión del reactor 3, respectivamente, su elemento de impulso, puede conducirse el fluido refrigerante si fuera necesario. El espacio alrededor del recipiente a presión del reactor 3 junto con el aislamiento térmico 6 y a través de la brecha también el espacio de inundación 7 se llenan luego de abajo a arriba con el fluido refrigerante.

55 Dentro del espacio de inundación 7 está fijado un anillo de protección 9 algo por debajo del núcleo 2. Éste actúa igual que una plancha de protección 10 en la zona de la base del recipiente a presión del reactor 3 como barrera material para la protección frente a la radiación de la cámara 8, que es frecuentada también temporalmente por personal de mantenimiento. El anillo de protección 9 separa el espacio de inundación 7 en dos cámaras de inundación 11 separadas. Como consecuencia en primer lugar puede llenarse, en caso de fallo, sólo la cámara de inundación inferior 11, en la que desemboca la brecha a través del aislamiento térmico 6, con fluido refrigerante.

Para que, sin embargo, la refrigeración del recipiente a presión del reactor 3 tenga lugar de la manera más efectiva en caso necesario, se prevé que también se conduzca fluido refrigerante en la cámara de inundación superior 11. Para ello sirve un canal de derivación 12 representado en la Figura 2, que se lleva alrededor del anillo de protección 9 o pasando por fuera en el mismo y que conecta ambas cámaras de inundación 11.

5 En el ejemplo de realización el canal de derivación 12 presenta una forma básica similar a una U con, por ejemplo, un corte transversal en forma circular. Con ello, la base de la forma básica discurre en dirección axial 13 a través del revestimiento de hormigón 5 y ambos ramales se llevan en dirección radial 14 como una especie de tubo pasando a través del aislamiento térmico 6. Para garantizar un flujo de fluido refrigerante a través del canal de derivación 12 se incorporan además secciones de transición respectivamente por ambos lados, entre ramal y base, incorporados oblicuamente en el mismo.

10 A causa de la forma y disposición elegidas del canal de derivación 12 el recipiente a presión del reactor 3 y anillo de protección 9 quedan inalterados respecto a la representación en la Figura 1. Al mismo tiempo con ello resulta que ambas realizaciones discurren en dirección radial 14 a través del aislamiento térmico 6, la zona en la que el efecto de aislamiento térmico se pierde se mantiene lo más pequeña posible. En funcionamiento normal del reactor nuclear 1 se localiza además un cuerpo de cierre 15 preferentemente en forma de T o cilíndrico de un material aislante térmico en la realización de la cámara de inundación inferior 11. Éste cierra el canal de derivación 12 de manera hermética y sustituye a través de esto la sección del aislamiento térmico 6 ausente. En la realización de la cámara de inundación superior 11 se localiza igualmente un cuerpo de cierre 25 (véanse las Figuras 2 a 4).

20 En caso de fallo, sin embargo, el canal de derivación 12 deber estar desbloqueado, para que el agua de refrigeración pueda afluir no sólo en la cámara de inundación inferior sino también en la cámara de inundación superior 11. Para ello el cuerpo de cierre 15 está unido de manera propulsada a través de un acoplamiento mecánico 16 situado en la cámara de inundación inferior 11, con un flotador 17 dispuesto igualmente en esta cámara de inundación 11. Si se da un correspondiente fallo, entonces se llena aquella cámara de inundación inferior 11 con el fluido refrigerante que entra a través de la brecha en la zona de la base del recipiente a presión del reactor 3. Sobre el flotador 17, que está depositado en una conducción 18 en forma de tubería, actúa luego una fuerza impulsora resultante, que pone a éste en movimiento. A través del acoplamiento mecánico 16 tiene lugar una transferencia de la fuerza impulsora resultante sobre el cuerpo de cierre 15, de modo que éste se extrae en dirección radial hacia el interior, hacia el recipiente a presión del reactor 3 desde una apertura de desembocadura del canal de derivación 12 y, en consecuencia, el canal de derivación 12 se libera. Con ello se hace efectivo un sencillo mecanismo pasivo de apertura y cierre. Mecanismos pasivos de este tipo no necesitan ninguna dirección activa o medio de impulsión dependiente de energía externa y son por ello, característicamente menos susceptibles a la avería o las incidencias.

25 Como acoplamiento mecánico 16 pueden utilizarse distintas realizaciones correspondientes al estado actual de la técnica. Las representaciones en las Figura 3 y Figura 4 muestran una variante construida de manera sencilla, que actúa de manera puramente mecánica, con un miembro de señal 19, una pieza de acoplamiento 20 y una biela oscilante 21. Estos componentes similares a varas o palancas están unidos entre sí a través de articulaciones de giro 22 y además de eso con una suspensión 23. En un perfeccionamiento preferido se prevé utilizar adicionalmente un elemento reforzante, que se activa tan pronto como el flotador 17 se pone en movimiento. De esta manera se garantiza que el mecanismo cambie del estado cerrado al abierto en tiempo muy breve. Para evitar una indeseada oscilación hacia atrás de la biela oscilante 21, y con ello, del mecanismo en su conjunto, es apropiado además incorporar un tope, con el que la biela oscilante 21 se mantiene en estado abierto en su posición final.

30 En la base del flotador 17 está fijado finalmente aun un elemento de agarre 24, preferentemente un anillo de agarre. Con ello es posible acometer manualmente una comprobación de función del mecanismo de apertura y cierre con intervalos regulares, presionando el flotador 17 hacia arriba y retirándolo a continuación.

45 Para el cuerpo de cierre superior 25 puede estar previsto un mecanismo de accionamiento y apertura similar. Alternativamente, el cuerpo de cierre 25 no se asienta de manera totalmente firme en la apertura de la desembocadura correspondiente del canal de derivación 12 y se presiona por la presión del medio refrigerante que afluye en el canal de derivación hacia el interior, hacia el recipiente a presión del reactor 3 y deja con ello, como una especie de cierre por expansión, la apertura libre.

50 **Lista de números de referencia**

1	Reactor nuclear
2	Núcleo
3	Recipiente a presión del reactor
4	Barra de dirección
55	5 Cubierta de hormigón
6	Aislamiento térmico
7	Espacio de inundación
8	Cámara
9	Anillo de protección

	10	Plancha de protección
	11	Cámara de inundación
	12	Canal de derivación
	13	Dirección axial
5	14	Dirección radial
	15	Cuerpo de cierre
	16	Acoplamiento mecánico
	17	Flotador
	18	Conducción
10	19	Miembro de señal
	20	Pieza de acoplamiento
	21	Biela oscilante
	22	Articulación de giro
	23	Suspensión
15	24	Elemento de agarre
	25	Cuerpo de cierre

REIVINDICACIONES

1. Reactor nuclear (1)
- con un aislamiento térmico (6) que rodea el recipiente a presión del reactor (3),
 - con un espacio de inundación (7) entre el recipiente a presión del reactor (3) y el aislamiento térmico (6), así como
 - con un anillo de protección (9) fijado en el espacio de inundación (7), que subdivide como barrera material el espacio de inundación (7) en dos cámaras de inundación (11) separadas, conectando un canal de derivación (12) ambas cámaras de inundación (11) entre sí, que en funcionamiento normal del reactor nuclear (1) está cerrado y ha de abrirse en caso de fallo.
2. Reactor nuclear (1) según la reivindicación 1, en el que el canal de derivación (12), rodeando el anillo de protección (9), está guiado al menos en parte dentro de un revestimiento de hormigón (5) que envuelve el recipiente a presión del reactor (3) junto con su aislamiento térmico (6).
3. Reactor nuclear (1) según la reivindicación 1 o 2, con varios canales de derivación (12) dispuestos de manera distribuida a lo largo de la circunferencia del anillo de protección (9).
4. Reactor nuclear (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que un flotador (17) está situado en el espacio de inundación (7), que controla un cuerpo de cierre (15) del canal de derivación (12) dispuesto igualmente en el espacio de inundación (7), en función del nivel del fluido en el espacio de inundación (7), y para ello está conectado de manera propulsada con el mismo a través de un mecanismo de acoplamiento, en especial un acoplamiento mecánico (16).
5. Reactor nuclear (1) según la reivindicación 4, en el que está prevista una conducción (18) para el flotador (17) y/o los elementos del acoplamiento mecánico (16).
6. Reactor nuclear (1) según una de las reivindicaciones 4 a 5, en el que en el lado inferior del flotador (17) está formado un elemento de agarre (24) para la comprobación de función en caso de inspección.
7. Reactor nuclear (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el cierre de un canal de derivación (12) está fabricado esencialmente de un material aislante térmico.

FIG. 1

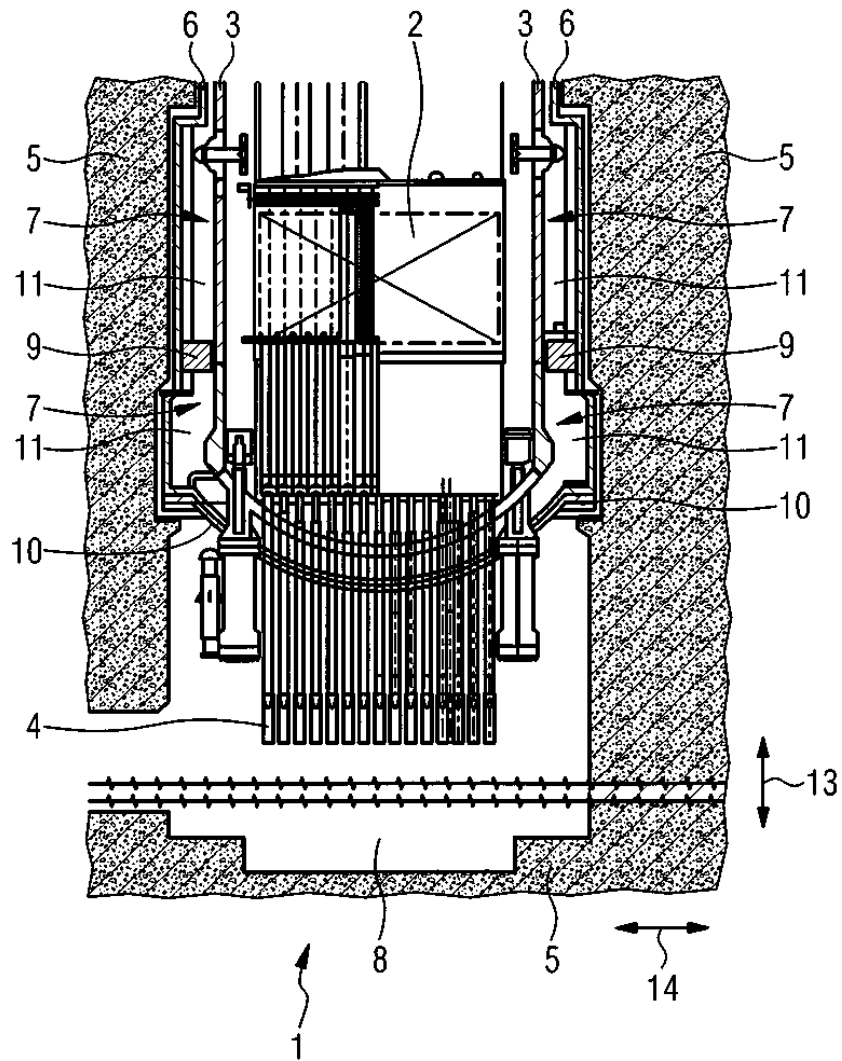


FIG. 2

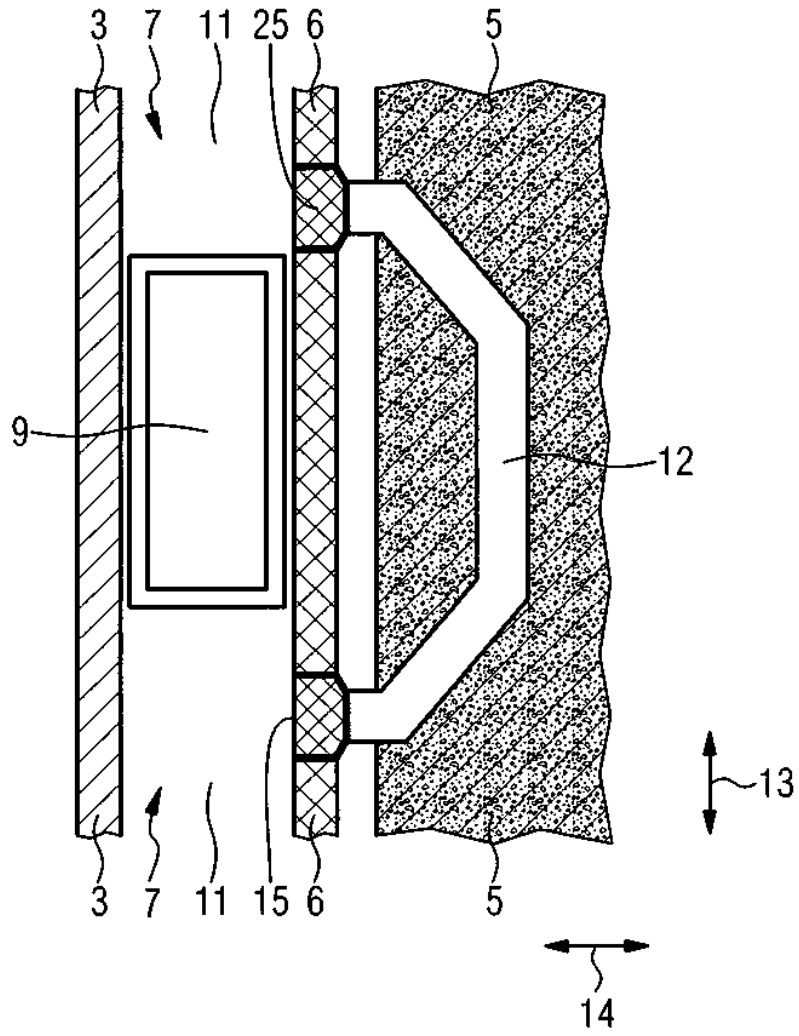


FIG. 3

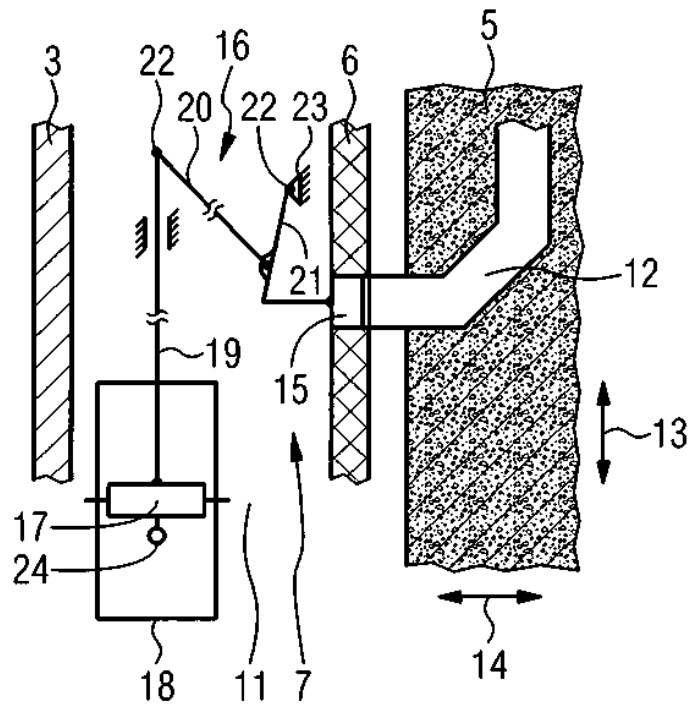


FIG. 4

