



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 017**

51 Int. Cl.:  
**B65G 27/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10169347 .1**  
96 Fecha de presentación : **13.07.2010**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2279970**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.02.2011**

54 Título: **Procedimiento para transportar un granulado de silicio en una canaleta transportadora encapsulada.**

30 Prioridad: **31.07.2009 DE 10 2009 028 166**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**14.10.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**14.10.2011**

73 Titular/es: **WACKER CHEMIE AG.**  
**Hanns-Seidel-Platz 4**  
**81737 München, ES**

72 Inventor/es: **Baumann, Bernhard;**  
**Ellinger, Norbert y**  
**Forstpointner, Gerhard**

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 366 017 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

Procedimiento para transportar un granulado de silicio en una canaleta transportadora encapsulada.

5 La invención concierne a un procedimiento para transportar un granulado de silicio en una canaleta transportadora encapsulada.

10 En la fabricación de un granulado de silicio policristalino en un reactor de lecho fluidizado es necesario que, durante el proceso en marcha, se añada dosificadamente material de silicio al reactor a intervalos regulares o bien continuamente y, en otro sitio, se retire del reactor un granulado ya terminado de crecer.

15 A este fin, se utilizan en la producción casi siempre unos sencillos accesorios de grifería de apertura-cierre, tales como, por ejemplo, correderas. Para excluir una contaminación del silicio de alta pureza se emplean aquí generalmente correderas de material de silicio. Sin embargo, es desventajoso aquí el alto desgaste de estas correderas, el cual es el resultado de la abrasividad del granulado de silicio. Por este motivo, estos accesorios de grifería tienen que cambiarse dentro de un corto ciclo.

20 Otra desventaja de estas correderas es la tendencia a bloquearse. En este caso, se tiene que parar la respectiva instalación para eliminar manualmente el bloqueo del accesorio de grifería. Además, mediante el sencillo control de apertura-cierre se puede conseguir solamente una regulación limitada de la cantidad de dosificación y de retirada.

Usualmente, se emplean en la técnica para el transporte de productos a granel unas canaletas transportadoras abiertas y cerradas con un acoplamiento directo mediante motores de vibración eléctricos o neumáticos.

25 Por motivos de pureza, en la fabricación de monocristales de silicio se tienen que realizar bajo atmósfera de vacío la carga y la recarga de un crisol de fusión con material de silicio altamente puro.

30 Se conoce por el documento US 5,462,010 un dispositivo para realizar un transporte continuo de polisilicio granular hasta el crisol de fusión. La disposición está constituida por un complejo sistema transportador de alimentación que consta de un depósito de suministro grande, un depósito intermedio y el depósito principal asentado sobre el accionamiento de vibración. El sistema completo está alojado en una cámara de vacío común. En esta disposición es desventajoso el accionamiento de vibración controlado con mucho coste desde fuera, el cual, debido a las perforaciones necesarias para líneas de alimentación y elementos de control eléctricos, favorece pérdidas de estanqueidad en el sistema. Como consecuencia de las altas frecuencias que se necesitan para mover el material de silicio, hay que contar también con una alta abrasividad. Dado que el granulado de silicio altamente puro entra aquí en contacto con muchos materiales diferentes (sondas de medida, etc.), hay que contar también con una elevada contaminación del material.

40 Se conoce por el documento US 6,609,870 un procedimiento para transportar silicio granular por medio de un dispositivo neumático. El sistema está montado aquí bajo vacío en un sistema cerrado. El objetivo de este sistema es liberar también el granulado de partículas de polvo por medio del aire circulante. Sin embargo, es desventajoso en el sistema el hecho de que se trata aquí de un sistema abierto en el que tiene que agregarse constantemente un gas altamente puro como medio de transferencia que se contamina después con polvo durante el transporte.

45 Se conoce por el documento EP 1 043 249 A1 un procedimiento para transportar silicio triturado según el preámbulo de la reivindicación 1.

50 Por el contrario, en la fabricación de un granulado de polisilicio en un reactor de lecho fluidizado este reactor con sus tuberías de aportación y de retirada representa un sistema cerrado que trabaja en general con una presión de diseño de hasta 10 bares de sobrepresión. Por este motivo, no se pueden utilizar canaletas transportadoras oscilantes conocidas con un motor de vibración eléctrico o neumático que se acople directamente a la canaleta oscilante.

55 Por tanto, el problema de la invención consistía en proporcionar un nuevo sistema y un procedimiento para transportar un granulado de silicio, en los que el dispositivo pueda ser alojado en el recinto de presión sin una unión directa exterior y en los que no puedan actuar grandes movimientos de vibración sobre el granulado, para impedir una abrasión en el granulado y en las piezas mecánicas. Asimismo, el sistema deberá poder instalarse fuera del reactor de una manera favorable para el mantenimiento a fin de facilitar un eventual acceso.

60 El objeto de la invención es un procedimiento para transportar silicio en forma de granulado por medio de un movimiento horizontal y/o vertical del dispositivo de transporte, caracterizado porque el dispositivo de transporte está completamente encapsulado hacia fuera y el movimiento de avance del granulado por efecto de un movimiento de balanceo del dispositivo de transporte es generado por un campo electromagnético por medio de la excitación de al menos un imán permanente montado en el dispositivo de transporte, aplicándose al dispositivo encapsulado el campo electromagnético de una bobina dispuesta fuera del recinto de presión.

65

5 Frente a canaletas transportadoras que son excitadas por medio de motores de vibración, el movimiento de sacudidas del procedimiento según la invención en la canaleta transportadora encapsulada se efectúa por efecto del movimiento de balanceo de un imán permanente que es excitado por un campo electromagnético alterno externo. De este modo, el dispositivo de transporte puede ser completamente encapsulado hacia fuera en una carcasa y no necesita conductos de paso para líneas de alimentación eléctrica o para tuberías de aire comprimido.

10 El dispositivo de transporte para el procedimiento según la invención posee hacia fuera al menos dos posibilidades de acometida, preferiblemente con una de ellas actuando siempre como entrada y salida en cada lado de la canaleta transportadora. Estas acometidas están configuradas preferiblemente como racores o uniones de bridas para conectar el dispositivo de transporte, de una manera hermética a la presión, a una tubería, un reactor o un depósito de almacenamiento de granulado. De este modo, el dispositivo puede utilizarse, por ejemplo, como un aparato de presión certificado en una instalación de lecho fluidizado para fabricar polisilicio.

15 Según el diseño de los componentes, el dispositivo de transporte puede hacerse funcionar en vacío o con una presión elevada. Preferiblemente, el procedimiento se ejecuta a una presión de 0,1 bares a 100 bares y de manera especialmente preferida a una presión de 1 a 10 bares.

20 Debido al encapsulado completo en una carcasa, el dispositivo de transporte puede utilizarse también en instalaciones con altas presiones de diseño y/o altos requisitos de pureza.

25 La canaleta transportadora dispuesta en el interior del dispositivo de transporte no es ella misma un componente solicitado con presión y, por tanto, puede construirse con un material adecuado para el respectivo producto a transportar. De este modo, se pueden elegir materiales para la carcasa, la canaleta interior, los compensadores y los imanes que estén diseñados especialmente en cuanto a su longevidad y que no contaminen o contaminen poco el producto que se debe transportar. El gasto de mantenimiento es así muy pequeño.

La carcasa de la canaleta transportadora encapsulada consiste preferiblemente en una tubería metálica con un racor de soldadura y una unión de bridas en las entradas y salidas.

30 La canaleta transportadora dispuesta dentro del dispositivo encapsulado está fijada a la carcasa en forma móvil. Preferiblemente, la canaleta transportadora consiste en una tubería en forma de un tubo cerrado con aberturas de entrada y salida que están unidas de manera flexible en al menos un punto con el alojamiento exterior. Los sujetadores flexibles pueden estar constituidos, por ejemplo, por muelles, cintas de goma, cintas de retención móviles u otros equipos flexibles.

35 Por motivos de pureza del producto, los racores de entrada y salida están provistos de forros interiores de plástico. En un extremo del tubo de plástico está fijado un potente imán permanente. Éste puede estar conectado, por ejemplo, en una cámara separada fijada a este tubo para evitar una contaminación del recinto interior por el imán. Se prefiere especialmente una realización en la que un potente imán permanente de forma cilíndrica está soldado en un recipiente de plástico que está montado en el tubo de transporte.

40 La libertad de movimiento dentro de la cámara para el imán ha de calcularse de modo que el imán permanente, por un lado, tenga un espacio libre para su movimiento de balanceo que pone en vibración a la canaleta transportadora, pero, por otro lado, no admita un movimiento de giro libre del imán.

45 El movimiento de balanceo del imán permanente es inducido por un campo electromagnético alterno externo de una bobina que está acoplado con el imán permanente.

50 El eje del imán tiene que estar dispuesto perpendicularmente al eje de la bobina (eje del campo electromagnético). Para proteger el imán permanente contra abrasión por efecto de los movimientos de balanceo permanentes, este imán está preferiblemente revestido o soldado en una envoltura de acero fino.

55 Como materiales para el imán permanente pueden emplearse todos los imanes técnicamente utilizables. Se prefieren imanes que contengan tierras raras, de manera especialmente preferida imanes de samario-cobalto. La composición exacta de los imanes y su fuerza magnética no son decisivas para la invención. En principio, el imán permanente puede poseer una forma cualquiera, pero se utiliza preferiblemente una forma cilíndrica.

Preferiblemente, se utilizan imanes con una relación de tamaño (altura a diámetro) de 1,3:1.

60 El alojamiento de imán en el que está montado el imán permanente necesita un espacio libre suficiente para que este imán se pueda mover libremente en un movimiento de balanceo y se origine así una correcta transmisión de impulsos al tubo de transporte. La relación de la cavidad del alojamiento del imán al diámetro de este imán asciende preferiblemente a 1,2:1 y la altura preferida de la cámara del imán con respecto a la altura de este imán está en la relación de 1,2:1.

65

El imán permanente empleado se monta preferiblemente en posición vertical. Cuando se aplica un campo alterno, el imán permanente intenta centrarse en el campo y, durante este movimiento de giro, transmite impulsos a la pared del alojamiento del imán y, por tanto, a la canaleta transportadora fijada a ésta.

5 La cantidad de granulado de silicio que pasa por el dispositivo de transporte se ajusta como magnitud analógica por medio de la modulación de amplitud (corriente de la bobina) y frecuencia del campo electromagnético alterno de la bobina, por ejemplo por medio de un convertidor de frecuencia. La frecuencia se sintoniza aquí con la frecuencia intrínseca de la canaleta transportadora en la respectiva situación de montaje. Mediante la selección del material magnético correspondiente, el dimensionamiento del diámetro de la cavidad, la inclinación de la canaleta transportadora interior y el tamaño del imán permanente se pueden definir zonas de trabajo para casos de aplicación diferentes.

15 Para excitar el imán se emplea un campo magnético monofásico. Se prefiere aquí una frecuencia variable de 0,1 a 1000 Hz, prefiriéndose especialmente 5 a 100 Hz. La frecuencia se sintoniza a resonancia de conformidad con las condiciones de montaje. Para la sintonización se puede utilizar, por ejemplo, un convertidor de frecuencia. La frecuencia del movimiento de balanceo corresponde a la frecuencia del campo excitador.

20 Para ajustar la cantidad necesaria que pasa por la canaleta transportadora se puede regular sin escalones la amplitud de la corriente. Este se efectúa preferiblemente en un intervalo de 0,1 a 100 A, prefiriéndose especialmente un intervalo de 0,1 a 5 A.

La intensidad de campo es el resultado del número de amperios-vueltas utilizados y varía con la intensidad de la corriente ajustada para la cantidad de transporte necesaria.

25 La figura 1 muestra una forma de realización del procedimiento según la invención. La canaleta transportadora 2 está montada de manera hermética a la presión dentro de un alojamiento 1. Para establecer una unión flexible de la canaleta transportadora interior 2, ésta está unida a la brida de entrada y salida por medio de un compensador flexible 3. La propia canaleta transportadora está unida también de forma flexible dentro del alojamiento 1 por medio de varios muelles de retención 7. En un extremo de la canaleta transportadora interior 2 está montado un alojamiento 5 para un imán permanente 4. Éste es puesto en movimiento por un campo alterno exteriormente aplicado 6. Debido al movimiento de la canaleta transportadora interior 2, el granulado de silicio introducido a través de la abertura de alimentación 8 es movido hacia delante hasta la abertura para la salida 9 del producto.

35 Pueden estar dispuestas también varias entradas y salidas en el dispositivo de transporte, por ejemplo para varios depósitos de suministro o para la extracción de cantidades de granulado relativamente pequeñas de su recorrido de transporte para la realización de pruebas.

40 Como una forma de realización especial del procedimiento según la invención se utiliza un dispositivo de transporte encapsulado en el que es posible un dispositivo adicional para la extracción de una muestra del producto (figura 2). En este caso, se disponen dos racores de salida 9 y 10 uno tras otro. Mediante el cierre de un accesorio de grifería dispuesto por debajo de la primera salida 9 se represa el producto a transportar y se bloquea esta salida. El movimiento de sacudidas de la canaleta transporta adicionalmente el producto hasta la segunda salida 10, desde la cual este producto pasa después a la línea de pruebas. Se pone fin a la toma de muestras reabriendo el accesorio de grifería situado debajo de la primera salida.

45 El procedimiento según la invención es adecuado para transportar silicio altamente puro, tal como, por ejemplo, silicio de grado solar para la fabricación de células solares o silicio hiperpuro para la fabricación de cristales de silicio monocristalinos o multicristalinos para la industria eléctrica.

50 Se explica seguidamente la invención con más detalle ayudándose del ejemplo siguiente.

#### **Ejemplo:**

55 Se ejecutó el procedimiento según la invención en una canaleta transportadora según la figura 1. El alojamiento 1 de acero fino tenía un diámetro de 120 mm y una longitud de 1000 mm. El tubo de transporte 2 consistía en un tubo de plástico con un diámetro de 50 mm y una longitud de 700 mm. El alojamiento de plástico para el imán permanente tenía un diámetro de 50 mm y una longitud de 100 mm. Entre la brida de entrada y salida y el tubo de transporte se instalaron compensadores 3 de plástico flexible. Los muelles de retención 7 consistían en metal y plástico. Como bridas se eligieron bridas de soldadura de acero fino para sellar el dispositivo por medio de juntas de bridas DIN.

60 Para el campo excitador externo se arrolló una bobina 6 sobre un cilindro y se la posicionó sobre el tubo exterior a la altura del imán permanente 4. Como imán permanente se utilizó un imán de cobalto-samarium con un diámetro exterior de 30 mm y una longitud de 40 mm en un encamisado de acero fino. La frecuencia del movimiento de balanceo se varió entre 0,1 y 70 Hz. Se pudo ajustar entonces sin escalones un transporte del producto a transportar de 0 a 100 kg/h. El producto a transportar consistía en un granulado de silicio con un alto grado de pureza (silicio hiperpuro para aplicaciones electrónicas y solares) y una distribución de tamaños de grano de 20 µm a 1000 µm y tamaños medios de grano comprendidos entre 300 µm y 500 µm. En el granulado de silicio y en el propio dispositivo no se

podieron detectar impurezas después del paso por el dispositivo según la invención.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para transportar silicio en forma de granulado por medio de un movimiento horizontal y/o vertical del dispositivo de transporte, **caracterizado** porque el dispositivo de transporte está completamente encapsulado hacia fuera y el movimiento de avance del granulado por efecto de un movimiento de balanceo del dispositivo de transporte es generado por un campo electromagnético por medio de la excitación de al menos un imán permanente montado en el dispositivo de transporte, aplicándose el campo electromagnético desde fuera al dispositivo encapsulado.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el procedimiento se ejecuta en vacío o a presión elevada.
- 15 3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque el imán permanente está encapsulado en un casquillo metálico con miras a su estabilización.
4. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque la cantidad de granulado de silicio que pasa por el dispositivo de transporte se ajusta como una magnitud analógica por medio de la modulación de amplitud (corriente de la bobina) y frecuencia del campo electromagnético alterno de la bobina.
- 20 5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** porque la modulación se efectúa por medio de un convertidor de frecuencia.
- 25 6. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque, para la excitación del imán, se emplea un campo magnético monofásico con una frecuencia de 0,1 a 1000 Hz.
7. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque, para ajustar la cantidad necesaria que pasa por la canaleta transportadora, se regula sin escalones la amplitud de la corriente eléctrica dentro de un intervalo de 0,1 a 100 A.
- 30 8. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque están dispuestas varias entradas y salidas en el dispositivo de transporte.
- 35 9. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque el dispositivo de transporte añade dosificadamente silicio granular a un reactor de lecho fluidizado y/o lo retira de éste.
10. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque el dispositivo de transporte transporta silicio granular a una instalación de cristalización para fabricar cristales de silicio monocristalinos o multicristalinos.
11. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 10 para transportar silicio de grado solar y/o silicio hiperpuro.

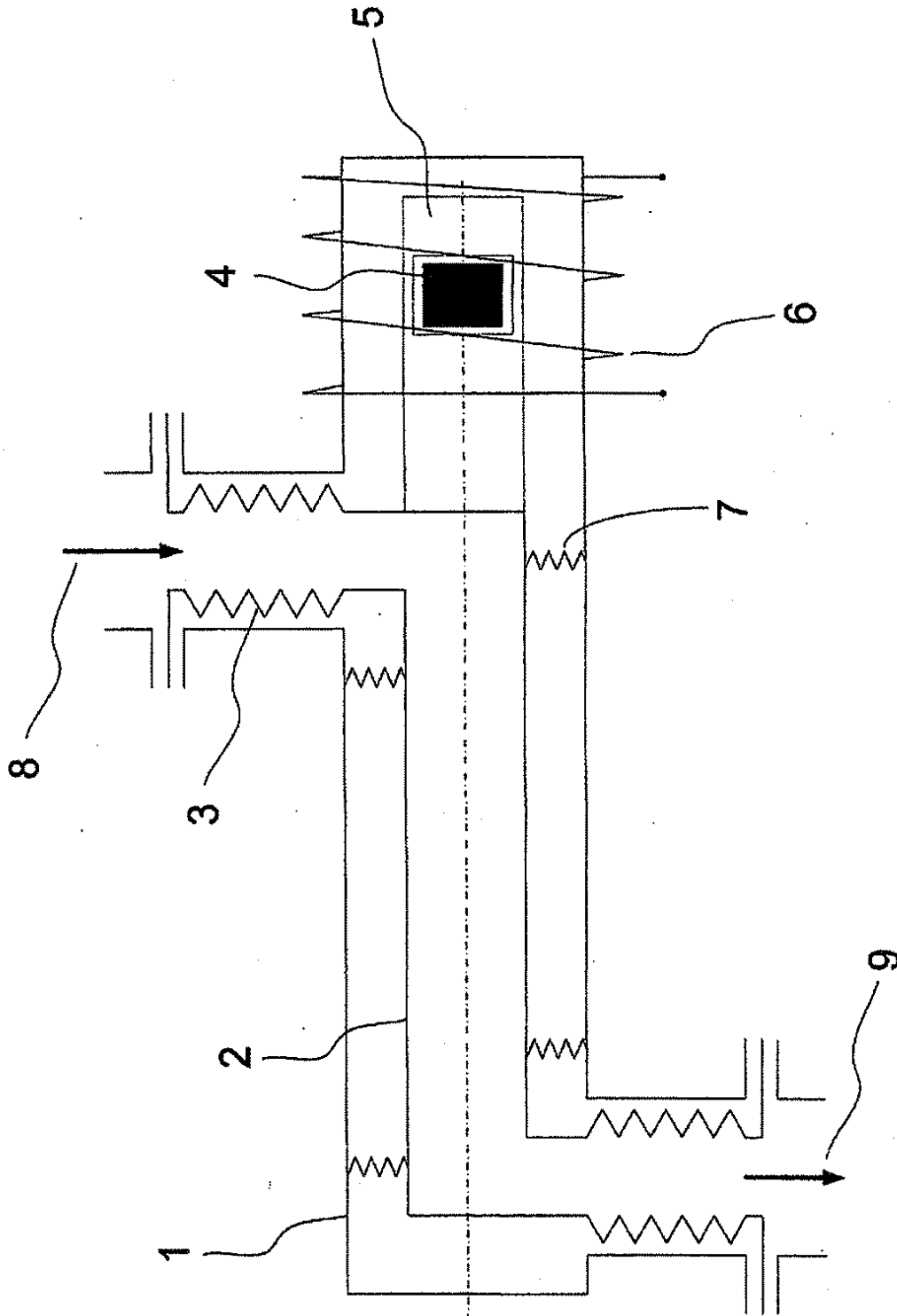


FIG. 1

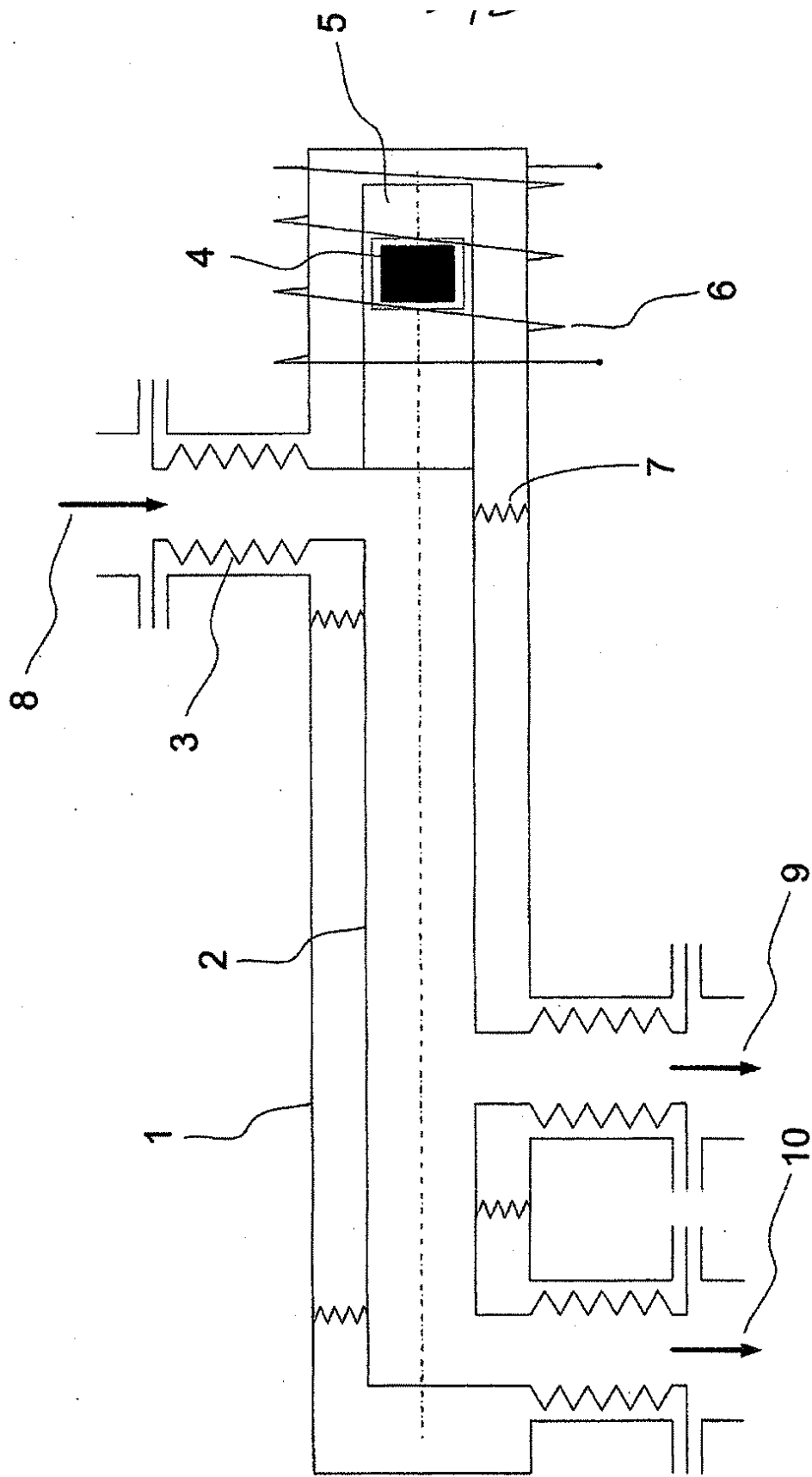


Fig.2