

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 289**

51 Int. Cl.:

F28D 20/00 (2006.01)

F28D 20/02 (2006.01)

F01K 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2016 PCT/EP2016/056808**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016 WO16156321**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2016 E 16712331 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017 EP 3123094**

54 Título: **Acumulador de energía, instalación de central eléctrica con acumulador de energía y método para operar el mismo**

30 Prioridad:

30.03.2015 DE 102015104909

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

13.12.2017

73 Titular/es:

**NATURSPEICHER GMBH (100.0%)
Lise-Meitner-Strasse 9
89081 Ulm, DE**

72 Inventor/es:

**SCHECHNER, ALEXANDER;
IHLE, GERHARD y
DEROI, LUIS**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 646 289 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

Acumulador de energía, instalación de central eléctrica con acumulador de energía y método para operar el mismo

La presente invención se refiere a un acumulador de energía, a una instalación de central eléctrica con un acumulador de energía de ese tipo y a un método para operar el mismo.

5 Debido a las reservas cada vez más escasas de fuentes energéticas fósiles, la utilización de fuentes de energía regenerativas se ha intensificado en gran medida en los últimos años. Para las próximas décadas se pronostica también un aumento de la utilización de fuentes de energía regenerativas, ya que, junto con el aumento de los precios de las materias primas, que hará que la utilización de fuentes de energía fósiles no resulte rentable, en la política energética se prestará también atención a los efectos negativos sobre el clima mundial, asociados a la carga de la atmósfera con dióxido de carbono.

10 Se conocen del estado de la técnica anterior diversas fuentes de energía regenerativas, entre las cuales se encuentran, por ejemplo, el aprovechamiento de la radiación solar, de la energía eólica o de la biomasa. Sin embargo, en particular las dos primeras fuentes mencionadas se asocian a la desventaja conocida de que el aprovechamiento depende de factores externos, como la radiación solar que disponible o el viento disponible presente, que no se corresponden, sin embargo, con el consumo de energía efectivo. Se conocen varias posibilidades para remediar dicha situación. En primer lugar, se mantienen preparadas centrales eléctricas que se pueden conectar rápidamente, por lo general, basadas en fuentes de energía fósiles, que pueden compensar a corto plazo los desabastecimientos que se producen. En segundo lugar, están teniendo lugar esfuerzos por crear acumuladores de energía eficientes que almacenen de forma intermedia la energía proveniente de fuentes de energía regenerativas, de forma eléctrica o mecánica, y que, en caso necesario, puedan conducir dicha energía hacia una red eléctrica.

15 En DE 10 2011 050 032 A1 se señala un ejemplo de la acumulación mecánica de energía. Para obtener corriente en instalaciones de energía eólica y en instalaciones de llenado por bombeo se sugiere la combinación de instalaciones de ese tipo de forma que, en el espacio interior de una torre de una o de varias instalaciones de energía eólica, se disponga un recipiente acumulador de agua que sirva como depósito de agua superior de la instalación de llenado por bombeo.

20 Se conoce de DE 2 926 610 A1 un acumulador para proporcionar la energía de calor de entrada a un nivel de temperatura reducido para instalaciones de bombas de calor que absorban esa energía y la liberen nuevamente a un nivel de temperatura más elevado, en donde un embalse de agua se configura de manera que, a través de inclinaciones de la pared y la superficie y armadura correspondiente, se pueda congelar su contenido de agua sin dañar el embalse, y de manera que un sistema intercambiador de calor que se encuentra sobre el fondo del embalse o que se encuentra empotrado en el fondo del embalse permita conducir el calor de refrigeración y de congelación de ese embalse hacia el lado frío de una bomba de calor.

25 Además, se conoce de DE 10 2010 037 474 A1 un dispositivo de tanque de almacenaje para un sistema acumulador de energía que comprende al menos un tanque de almacenaje y al menos un primer medio portador de calor, en donde el tanque de almacenaje presenta una carcasa que contiene un medio acumulador y al menos una primera disposición de intercambiador de calor en contacto con el medio acumulador, en donde la, al menos, primera disposición de intercambiador de calor presenta un primer medio portador de calor. Dentro de la carcasa se encuentra dispuesta al menos una segunda disposición de intercambiador de calor con un segundo medio portador de calor, en donde el segundo medio portador de calor es esencialmente gaseoso.

30 Así pues, existe en la técnica la necesidad de un acumulador de energía que pueda formar de manera sencilla una instalación de generación de energía regenerativa y que también pueda complementar en particular una central eléctrica de llenado por bombeo.

35 Por ello, el objeto de la presente invención consiste en crear un acumulador de energía que pueda trabajar en combinación con fuentes de energía regenerativas y que pueda mejorar el rendimiento total de una instalación de ese tipo.

40 Dicho objeto se alcanzará a través de las características de la reivindicación 1. Otras variantes ventajosas de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes. Estas se pueden combinar unas con otras de forma tecnológicamente conveniente. La descripción, en particular en combinación con el dibujo, caracteriza y especifica adicionalmente la invención.

45 Según la invención, se proporciona un acumulador de energía que presenta un intercambiador de calor que se encuentra dispuesto de forma flotante en un embalse inferior diseñado a modo de lago que se puede llenar de agua mediante, preferentemente, un primer conducto de alimentación, en donde se puede conducir agua desde el

embalse inferior mediante un segundo conducto de alimentación y refrigerante de una bomba de calor que atraviesa el intercambiador de calor mediante un tercer conducto de alimentación en circuitos separados, de manera que se puede extraer energía desde el embalse inferior helando el agua del embalse inferior o en forma de calor sensible desde el agua del embalse inferior y transmitirla a un consumidor para la liberación de calor y/o para la liberación de frío.

Según a ello, el acumulador de energía se prepara sobre la superficie de un lago que se puede realizar, por ejemplo, como embalse inferior de un acumulador por bombeo. De este modo, se provee al embalse inferior de una posibilidad adicional de extracción de energía que se aprovecha en forma de calor latente. El calor latente se puede aprovechar formando hielo en el embalse inferior y se puede volver a liberar, por ejemplo, para calentar edificios, en el caso de un consumidor. De manera adicional, también se puede extraer el calor sensible que se encuentra presente en el agua del lago desde el embalse inferior. Para ello, el lago se puede llenar de agua, preferentemente, sin una entrada natural y mediante un primer conducto de alimentación, de manera que la radiación solar tenga como consecuencia un aumento de la temperatura del agua en el lago. La extracción de energía tiene lugar mediante una bomba de calor que, preferentemente, se abastece de energía eléctrica desde una fuente de energía regenerativa o neutral en cuanto al dióxido de carbono. En particular, la bomba de calor también se puede abastecer mediante un generador del acumulador por bombeo. De forma típica, el deshielo se produce debido a las condiciones ambientales predominantes, es decir, a la radiación solar o a la temperatura de la atmósfera. En otras realizaciones también se puede prever provocar el derretimiento del hielo aprovechando el frío en el hielo, por ejemplo, para acondicionar el aire en primavera o en verano. Según la invención, el acumulador de calor propiamente dicho es el embalse inferior. De este modo, la formación de hielo es una posibilidad para aprovechar el calor latente que proviene del acumulador de calor configurado como embalse inferior.

El acumulador de energía presenta múltiples posibilidades de utilización y modos de funcionamiento, de manera que, en función de la temperatura ambiente o de la radiación solar, se influencia la energía que se puede extraer desde el embalse inferior como calor sensible y, en función de la demanda de energía condicionada por la época del año o prevista, se puede llenar o vaciar el acumulador de energía en el caso de un consumidor, en donde, en la extracción, se puede seleccionar si se suministra calor sensible o latente al consumidor mediante la bomba de calor. Mediante la posibilidad de selección al extraer la energía, se puede conseguir de este modo una adecuación a las condiciones del lugar y a la demanda.

Preferentemente, el funcionamiento del acumulador de energía en el ciclo de las estaciones tiene lugar de modo que, durante la entrada de energía a través de la radiación solar, es decir, en latitudes septentrionales, de forma típica, desde la primavera hasta el otoño, se produce una diferencia de temperatura. Debido a ello se reduce la potencia de radiación de la superficie del embalse inferior mediante el enfriamiento del agua que se encuentra en su interior. La diferencia de temperatura con respecto a la temperatura ambiente se sitúa aproximadamente en el rango de 5 °C a 10 °C. Al final del otoño, es decir, al disminuir el calentamiento a través de la radiación solar, comienza una fase de enfriamiento del agua en el embalse inferior a una temperatura de aproximadamente 0,5 °C para posibilitar una fase de transición sin formación de hielo. En la época invernal, la extracción de energía tiene lugar mediante la formación de hielo en la superficie del embalse inferior. En ese caso, se puede alcanzar una generación de calor continua sobre un volumen del hielo seleccionado lo suficientemente grande debido al elevado contenido energético para la cristalización del agua a hielo. En los meses de primavera y hasta el principio del verano, el hielo se derrite en el intercambiador de calor, a la vez que tiene lugar una extracción de energía reducida, y la temperatura del agua aumenta nuevamente a través de la radiación solar. Un punto importante reside en el hecho de que la capa de hielo formada después de la formación de hielo puede aislar la superficie del agua del embalse inferior con respecto a la atmósfera en el caso de condiciones climáticas determinadas, de manera que, debido a ello, se reduce su potencia de radiación.

Así pues, el concepto descrito anteriormente se puede utilizar de manera ventajosa para abastecer hogares de energía térmica mediante un suministro de calor a distancia, en donde para, por ejemplo, de 2000 a 4000 hogares, se deberían disponer aproximadamente 40000 m³ de hielo, de manera que un lago seminatural estaría lo suficientemente dimensionado como embalse inferior.

Según una forma de realización de la invención, el intercambiador de calor se forma mediante tubos que pueden ser atravesados por refrigerante.

En comparación con los elementos que se extienden sobre una superficie, el hecho de proporcionar el intercambiador de calor en forma de tubos ofrece la ventaja de que se puede seleccionar la ubicación del punto de cristalización al inicio de la formación de hielo posicionando la entrada de agua fría. Según ello, se puede adecuar la formación de hielo incipiente a las exigencias mecánicas del intercambiador de calor para, por ejemplo, evitar o reducir en gran medida tensiones mecánicas, en comparación con una formación de hielo no controlada.

Según otra forma de realización de la invención, los tubos se disponen en forma de una espiral anular.

Una espiral anular se puede adaptar en la forma y el tamaño a la línea de la orilla del embalse inferior realizado a modo de lago natural para poder aprovechar de forma conveniente la superficie del embalse inferior. En el caso de un embalse inferior circular o casi circular, la espiral anular se puede limitar mediante una línea externa circular. Sin embargo, también son posibles líneas externas elípticas o rectangulares.

- 5 Según otra forma de realización de la invención, los tubos dispuestos en forma de espiral anular se soportan mediante barras dispuestas de forma radial.

10 Un modo de proceder de este tipo posibilita una disposición estable, pero económica en cuanto al material, de la espiral anular del intercambiador de calor. Esto también es importante debido a que el intercambiador de calor se dispone de forma flotante y móvil sobre la superficie del agua, de manera que el intercambiador de calor, en el caso de modificaciones del nivel de agua, se expone a fuerzas variables, en donde el intercambiador de calor, por ejemplo, también debe resistir situaciones extremas, como una inundación, en el caso de una crecida.

Según otra forma de realización de la invención, el intercambiador de calor se rodea mediante una pared externa que rodea el intercambiador de calor a lo largo de su circunferencia externa en forma de separación vertical, de manera que se forma un cuerpo anular.

- 15 Para separar el intercambiador de calor, con el hielo que eventualmente se encuentra presente dentro, del agua del embalse inferior, no se prevé según la invención formar un volumen aislado, como sucede en los acumuladores de energía conocidos que se basan en la cristalización de agua. Según la invención, se considera muy ventajoso dejar descubiertos el lado superior y el lado inferior del intercambiador de calor, como se explicará en detalle más adelante.

- 20 Según otra forma de realización de la invención, el cuerpo anular presenta un diámetro de aproximadamente 50 m a 200 m, preferentemente, de aproximadamente 100 m.

25 El dimensionamiento según este ejemplo de realización posibilita la formación de varias decenas de miles de metros cúbicos de hielo, lo cual posibilitaría un abastecimiento para varios miles de viviendas. La energía almacenada en ese volumen de hielo corresponde a un poder calórico de algunos GWh. El dimensionamiento exacto, considerando las condiciones externas como la demanda de superficie, la demanda de energía y la potencia eléctrica disponible para el funcionamiento de la bomba de calor, se puede seleccionar o adaptar de forma correspondiente.

Según otra forma de realización de la invención, el intercambiador de calor se puede conectar a un fondo del embalse inferior mediante un elemento de anclaje.

- 30 De este modo se crea, preferentemente en el centro del intercambiador de calor una posibilidad de fijación a lo largo de un anclaje a modo de un pilote inmovilizado en el fondo del embalse inferior, en donde el intercambiador de calor, en función del nivel del agua en el embalse inferior, se puede desplazar axialmente en el anclaje. El intercambiador de calor se puede sostener, de forma adicional o en lugar del anclaje a modo de pilote, mediante cables de sujeción pretensados de forma adecuada colocados preferentemente en los radios mencionados anteriormente o en la pared externa, en el fondo del embalse inferior o en el área del talud de la orilla. La pretensión de los cables de sujeción, bien la ubicación del intercambiador de calor en el anclaje a modo de pilote también se pueden regular mediante un controlador externo.

Según otra forma de realización de la invención, en el intercambiador de calor se forma una capa de hielo radialmente desde el interior hacia el exterior, y, después, aumenta eventualmente en su espesor.

- 40 La estabilidad del intercambiador de calor flotante aumenta a través de la formación radial desde el interior hacia el exterior, de manera que son necesarias pocas, o no es necesaria ninguna medida adicional costosa para equilibrar el intercambiador de calor durante la formación de hielo en el embalse inferior. Para ello, el suministro del refrigerante tiene lugar desde la bomba de calor hacia el centro del intercambiador de calor. Por consiguiente, en primer lugar se produce la formación radial de la capa de hielo para obtener una capa de hielo cerrada. A continuación, el grosor de la capa de hielo aumenta por arriba y por debajo de los tubos del intercambiador de calor. De este modo, se prevé la conformación de la capa de hielo de hasta aproximadamente 1 m a cada lado de los tubos. Por una parte, la capa de hielo sirve para proporcionar un acumulador de frío para la refrigeración en verano, para poder realizar una extracción de frío. Sin embargo, como ya se ha descrito anteriormente, la formación de hielo también es una posibilidad para la extracción de calor desde el agua del embalse inferior.

- 50 Según otra forma de realización de la invención, el intercambiador de calor presenta una entrada superior, mediante la cual el agua, al formarse hielo en el intercambiador de calor, puede introducirse en la capa de hielo producida, de manera que la capa de hielo se encuentra por debajo de la superficie del agua del embalse inferior.

- 5 En el caso de que se encuentre disponible una capa de hielo, este modo de proceder posibilita crear en esta una carga adicional, de manera que el intercambiador de calor descienda en el embalse inferior y la capa de hielo llegue a situarse por debajo de la superficie del agua del embalse inferior. Gracias a ello se logra que, a pesar de la presencia de una capa de hielo, la temperatura del agua en el embalse inferior no se mantenga innecesariamente reducida también en el caso de radiación solar, sino que más bien pueda aumentar, ya que la radiación solar es absorbida en el área de la superficie del agua al aumentar la temperatura del agua próxima a la superficie, de manera que solo tiene lugar una entrada de energía reducida hacia la capa de hielo.
- Según otra forma de realización de la invención, se dispone una capa de aislamiento entre la capa de hielo y el agua fría que puede ser suministrada.
- 10 Gracias a ello tiene lugar una separación de la capa de hielo con respecto al entorno, lo que reduce en particular el intercambio de calor, de manera que la capa de hielo se mantiene durante más tiempo.
- Según otra forma de realización de la invención, se puede conformar un colchón de aire por debajo de la capa de hielo y sobre el lado de la capa de hielo apartado de la superficie del agua.
- 15 Gracias a ello tiene lugar una separación de la capa de hielo con respecto al agua del embalse inferior, lo que reduce en particular el intercambio de calor, de manera que la capa de hielo se mantiene durante más tiempo.
- Según otra forma de realización de la invención, se pueden conformar varias capas de hielo independientes unas de otras, situadas unas sobre las otras.
- De este modo se puede conformar un volumen mayor de la capa de hielo, en donde las capas de hielo individuales también sirven como portadores de energía de forma aislada y se pueden utilizar de forma separada, según sea necesario por parte de los consumidores para el abastecimiento con un sistema de energía urbana. Además, en un sistema de varias capas, la capa superior puede representar una especie de "formación de hielo rápida". Es decir, en la capa superior se puede formar rápidamente un hielo de capa delgada. Ésta puede formarse a aproximadamente hasta 10 cm a cada lado del tubo de refrigeración. Esta capa puede cubrir picos de potencia, o bien puede emplearse para aislar el embalse inferior con respecto a la atmósfera. La idea consiste en que se forme una capa de hielo en la formación de hielo rápida, por ejemplo, durante la noche, para aislar el embalse inferior con respecto a la atmósfera, mientras que durante el día se bombea agua sobre el hielo para absorber la radiación solar, derritiendo la capa de hielo delgada. Por consiguiente, la formación de hielo rápida, en el caso de un balance energético positivo (por ejemplo, durante el día) debe servir como colector solar y, en el caso de un balance energético negativo (por ejemplo, en una noche fría), puede servir como aislamiento. De este modo, durante el día puede obtenerse rápidamente agua "tibia" en el colector, alcanzando una eficiencia elevada en la bomba de calor. Durante la noche se pierde menos energía hacia la atmósfera a través del aislamiento.
- 20
- 25
- 30
- Según otra forma de realización de la invención, se separan capas de hielo directamente contiguas a través de capas de aislamiento.
- 35 Gracias a ello tiene lugar una separación de la capa de hielo con respecto al ambiente, lo que reduce en particular el intercambio de calor, de manera que la capa de hielo se mantiene durante más tiempo.
- Además, se señala una instalación de central eléctrica que comprende un embalse inferior que se puede llenar de agua de una central eléctrica de llenado por bombeo, en donde el embalse inferior se encuentra conectado a una bomba mediante un primer conducto de alimentación y conectado a un depósito superior mediante un conducto de alimentación que puede conectarse con el primer conducto de alimentación y que atraviesa la central eléctrica de llenado por bombeo, en donde el embalse inferior está provisto de un acumulador de energía como el descrito anteriormente.
- 40
- Este modo de proceder contribuye a un balance energético claramente mejorado, ya que, además de la acumulación en la central de llenado por bombeo, se efectúa también una acumulación de energía en el embalse inferior ya presente de todas formas para la central de llenado por bombeo. De este modo, la potencia requerida del acumulador de energía se produce mediante la central de llenado por bombeo.
- 45
- Según una forma de realización, el depósito superior forma parte de una central de energía eólica, en donde la bomba se puede accionar mediante energía eléctrica generada por la central de energía eólica para bombear agua desde el embalse inferior hacia el depósito superior.
- 50 En particular, la potencia variable de la instalación de energía eólica debido a condiciones variables del viento se puede compensar hasta cierto punto mediante la central de llenado por bombeo, de manera que la central de llenado por bombeo puede emitir potencia en épocas de poco viento y, en el caso de una potencia excedente de la central de llenado por bombeo, puede almacenar energía.

- Este modo de proceder contribuye a un balance energético claramente mejorado, ya que, además de la acumulación de la potencia variable de la instalación de energía eólica en la central de llenado por bombeo, también se efectúa una acumulación de energía en el embalse inferior ya presente de todas formas para la central de llenado por bombeo. De este modo, la potencia requerida del acumulador de energía se produce mediante la central de llenado por bombeo.
- Por último, se señala un método para operar un acumulador de energía de ese tipo, en donde la bomba de calor se controla en función de la temperatura ambiente, de la radiación solar y de la temperatura del agua, de manera que la capa de hielo en el intercambiador de calor se forma cuando no se puede obtener energía a partir de la temperatura del agua del embalse inferior.
- Además, según una forma de realización del método se puede llevar a cabo un descenso de la capa de hielo mediante una carga de agua para proteger la capa de hielo de la radiación solar.
- Controlando la carga de agua mediante el conducto de alimentación superior, se puede reducir el efecto de la radiación solar en la capa de hielo. Debido a ello, se puede reducir la radiación solar mediante el agua, puesto que el hielo reflejaría en gran parte la radiación solar. De este modo aumenta considerablemente la cantidad de energía irradiada hacia el embalse inferior en comparación con una situación con una capa de hielo que flota encima.
- Según otra forma de realización del método, el acumulador de energía puede presentar una estructura de varias capas, en donde la capa más próxima a la superficie del agua se emplea primero para formar una capa de hielo preferentemente delgada.
- Según ello, en un sistema de varias capas, la capa superior puede representar una especie de "formación de hielo rápida". Es decir, se puede formar rápidamente una capa delgada de hielo en la capa superior. Ésta puede formarse a aproximadamente hasta 10 cm a cada lado del tubo de refrigeración. Dicha capa puede cubrir picos de potencia, pero también puede emplearse para aislar el embalse inferior con respecto a la atmósfera. La idea es que se forme una capa de hielo en la formación de hielo rápida, por ejemplo, durante la noche, para aislar el embalse inferior con respecto a la atmósfera, mientras que se bombee agua sobre el hielo durante el día para absorber la radiación solar y derretir la capa de hielo delgada. Por consiguiente, en el caso de un balance energético positivo (por ejemplo, durante el día), la formación de hielo rápida debe servir como colector solar, y, en el caso de un balance energético negativo (por ejemplo, en una noche fría), puede servir como aislamiento. De este modo, durante el día se puede obtener rápidamente agua "tibia" en el colector y, con ello, alcanzar una eficiencia elevada en la bomba de calor. Durante la noche, se pierde menos energía hacia la atmósfera a través del aislamiento.
- A continuación, se explican en mayor detalle ejemplos de realización mediante los dibujos. Las figuras muestran:
- Figura 1:** una representación esquemática de una instalación de central eléctrica según la invención para la realización de la invención,
- Figura 2:** un acumulador de energía según la invención en una representación esquemática,
- Figura 3:** un intercambiador de calor como componente de un acumulador de energía según la invención, como un producto semiacabado, en una vista lateral en perspectiva,
- Figura 4:** el intercambiador de calor de la forma de realización según la Figura 3 en una vista lateral,
- Figura 5:** el intercambiador de calor de la forma de realización según la Figura 3 en otra vista lateral,
- Figura 6:** el intercambiador de calor de la forma de realización según la Figura 3 en otra vista lateral y
- Figura 7:** el intercambiador de calor de la forma de realización según la Figura 3 en otra vista lateral.
- En las figuras, los componentes idénticos o que actúan funcionalmente del mismo modo están provistos de los mismos signos de referencia.
- En lo sucesivo, en la Figura 1 se muestra una primera forma de realización de la invención. En la Figura 1, se representa de forma esquemática una instalación de central eléctrica que comprende una o varias instalaciones de energía eólica WKA. Las instalaciones de energía eólica WKA se encuentran dispuestas sobre una cresta de una montaña, por ejemplo, sobre un valle o un sitio similar. Debajo de las instalaciones de energía eólica WKA se encuentra una central eléctrica de llenado por bombeo KR, en donde la central eléctrica de llenado por bombeo KR se encuentra conectada a un depósito superior OR de las instalaciones de energía eólica WKA mediante un conducto de alimentación LT. El depósito superior se puede realizar, por ejemplo, a modo de embalse disponiendo

las instalaciones de energía eólica individuales de manera que el depósito superior OR forme una base de la instalación de energía eólica WKA. En otras formas de realización, el depósito superior OR se puede integrar en un poste de la instalación de energía eólica WKA o se puede realizar como un acumulador separado, de forma contigua con respecto a la instalación de energía eólica WKA.

5 Además, la central eléctrica de llenado por bombeo KR presenta un generador GE conectado al conducto de alimentación LT que se configura de manera que el agua que se conduce desde el depósito superior OR hacia un embalse inferior UB mediante el conducto de alimentación LT, a través del generador GE, se puede transformar en potencia eléctrica. En la dirección opuesta, se puede bombear agua desde el embalse inferior UG hacia el depósito superior mediante un primer conducto de alimentación ZU1 y una bomba PU. El generador GE se conecta a una red eléctrica SN de manera se puede suministrar la energía eléctrica generada.

10 Además, la central eléctrica de llenado por bombeo KR presenta una capa de hielo EI en el embalse inferior UB, la cual, como se explicará con más detalle a continuación, se dispone sobre la superficie del embalse inferior UB llenado de agua WA, tal como se indica a través de la flecha PF. El embalse inferior UB llenado de agua WA se conecta a una bomba de calor WP mediante un segundo conducto de alimentación ZU2.

15 En otras realizaciones, el embalse inferior UB también se puede realizar sin una central eléctrica de llenado por bombeo KR, es decir, por ejemplo, como lago o, en general, como agua superficial.

20 Se puede suministrar un refrigerante para formar la capa de hielo EI mediante un tercer conducto de alimentación ZU3, igualmente mediante la bomba de calor WP, hacia un intercambiador de calor WTA dispuesto en el embalse inferior UB. La bomba de calor WP genera calor que se puede suministrar a una pluralidad de consumidores VR en forma de un sistema de energía urbana a través de la extracción de calor sensible desde el agua WA del embalse inferior UB o a través de la extracción de calor latente desde la capa de hielo EI en el embalse inferior UB.

25 La bomba de calor WP requiere potencia eléctrica que, por ejemplo, se puede proporcionar desde el generador GE. La bomba de calor WP se encuentra preferentemente dentro de la central eléctrica de llenado por bombeo KR o dispuesta de forma directamente contigua con respecto a esta. La bomba PU se abastece ventajosamente mediante la potencia eléctrica emitida desde las instalaciones de energía eólica WKA.

El embalse inferior UB forma un acumulador de energía EN junto con la capa de hielo EI y con el agua WA que se encuentra presente en el embalse inferior UB, junto con la bomba de calor WP.

En la Figura 2 se muestra esquemáticamente el acumulador de energía EN, en donde, según la Figura 2 se representan particularmente en detalle los flujos de líquido individuales entre los diferentes componentes.

30 El embalse inferior UB forma un componente de la central eléctrica de llenado por bombeo KR mediante el primer conducto de alimentación ZU1. De esta forma, se puede suministrar agua al embalse inferior UB o extraerla del embalse inferior UB mediante el primer conducto de alimentación ZU1 para ser conducida hacia el depósito superior OR mediante la bomba PU. Además, se suministra agua WA del embalse inferior UB hacia la bomba de calor WP mediante el segundo conducto de alimentación ZU2. El suministro se identifica como ZU2-H en la Figura 2. El conducto de retorno que abandona de forma refrigerada el agua WA contenida en el embalse inferior UB, por lo general, después de atravesar la bomba de calor WP, se identifica con la referencia ZO2-R en la Figura 2. Por una parte, el agua refrigerada puede volver a llegar al embalse inferior UB mediante el conducto de alimentación ZU2-R'. Además, se puede suministrar el agua refrigerada al intercambiador de calor WTA mediante el conducto de alimentación superior ZL.

40 En un circuito que funciona de forma separada de la bomba de calor WP, se suministra líquido refrigerante hacia el intercambiador de calor WTA mediante la tercera línea de entrada ZU3. El líquido refrigerante llega al intercambiador de calor WTA mediante el conducto de alimentación identificado con la referencia ZU3-H; el conducto de retorno se identifica con la referencia ZU3-R en la Figura 2. Como ya se ha mencionado, la bomba de calor WP se abastece ventajosamente de potencia eléctrica mediante el generador GE. La bomba de calor WP libera calor a los consumidores VR para el sistema de calefacción urbana FW, como se ha explicado en relación con la Figura 1.

45 A continuación se describe una posible forma de realización del intercambiador de calor WTA haciendo referencia a la Figura 3. El intercambiador de calor WTA se dispone de forma flotante sobre el embalse inferior UB llenado de agua WA y comprende tubos RO que se disponen en forma de espiral anular. El intercambiador de calor WTA se limita hacia el exterior mediante una pared externa AW que rodea el intercambiador de calor WTA a lo largo de su circunferencia externa. Los tubos RO, así como la pared externa AW, se sostienen mediante radios SRC dispuestos de forma radial. El conducto de alimentación superior ZL se dispone por encima de los tubos RO en la pared externa AW.

En la Figura 3 se señala además la posición del suministro de líquido de refrigeración mediante el tercer conducto de alimentación ZO3-H. Introduciendo el líquido de refrigeración en el punto central de los tubos RO dispuestos en forma de espiral anular se puede refrigerar el agua WA que se encuentra en el embalse inferior UB, de manera que se puede formar la capa de hielo EI alrededor de los tubos RO. De este modo, la formación de hielo tiene lugar radialmente desde el interior hacia el exterior, lo que aumenta en particular la estabilidad del intercambiador de calor WTA que flota en el embalse inferior UB. Mediante la duración del conducto de alimentación, así como mediante la temperatura del líquido de refrigeración, se puede controlar el grosor de la capa de hielo en el intercambiador de calor WTA.

La forma de realización del intercambiador de calor WTA mostrada en la Figura 3 se representa nuevamente en una vista lateral en la Figura 4. La vista lateral según la Figura 4 tiene lugar a lo largo de un corte radial que se extiende a través del centro del intercambiador de calor WTA. Puede observarse que el suministro del tercer conducto de alimentación ZU3-H se dispone cerca del centro del intercambiador de calor WTA. El conducto de retorno, es decir, el tercer conducto de alimentación ZU3-R, se encuentra más cercano a la pared externa AW.

El conducto de alimentación superior ZL se dispone encima de la espiral anular RS. La pared externa AW se realiza de forma que la espiral anular RS se cubre completamente respecto a su altura, de manera que por encima de la espiral anular RS y por debajo de la espiral anular RS se crean subáreas individuales que igualmente forman parte del intercambiador de calor WTA. En la subárea que se encuentra debajo de la espiral anular RS se puede conducir aire hacia el intercambiador de calor WTA mediante un suministro de aire LZ, lo cual se explicará a continuación.

Para posibilitar una disposición flotante del intercambiador de calor WTA en el embalse inferior UB, se proporciona un anclaje a modo de pilote (no representado en la Figura 4) que se fija con su extremo inferior en un fondo del embalse inferior UB. El intercambiador de calor WTA se puede desplazar de forma axial A lo largo de dicho anclaje a modo de pilote, dependiendo del nivel de agua, en el embalse inferior UB. Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 4 a través de un punto de fijación BS que se une al anclaje a modo de pilote mediante los medios de unión móviles adecuados. En lugar del anclaje a modo de pilote, o bien de forma adicional al anclaje a modo de pilote, el intercambiador de calor WTA se puede unir al fondo del embalse inferior UB mediante cables de sujeción pretensados adecuadamente (no mostrado en la Figura 4). Los cables de sujeción pueden también se pueden inmovilizar en el área de la orilla del embalse inferior UB.

A continuación, se explicará en detalle el funcionamiento del intercambiador de calor WTA mediante un primer ejemplo de realización.

En la Figura 5 se muestra nuevamente el intercambiador de calor WTA en el embalse inferior UB llenado de agua WA. Suministrando el refrigerante se forma la capa de hielo EI a lo largo de los tubos RO, la cual se limita hacia fuera mediante la pared externa AW. El calor latente se puede aprovechar mediante la formación de hielo en el embalse inferior en forma de la capa de hielo EI, y se puede volver a liberar mediante el intercambiador de calor WTA para, por ejemplo, calentar edificios en el caso de un consumidor. Para poder conservar la capa de hielo EI en el caso de la radiación solar, se bombea agua WA a la superficie de la capa de hielo EI mediante la entrada superior ZL, preferentemente, mediante el retorno de agua fría ZU2-R, de manera que el peso del intercambiador de calor WTA se incrementa. Por consiguiente, la capa de hielo EI desciende por debajo de la superficie del agua WA en el embalse inferior UB y la capa de agua WA dispuesta sobre la capa de hielo EI impide que la radiación solar incida directamente sobre la capa de hielo EI. Según ello, la capa de hielo EI se separa de un aire ambiente UL, de manera que la radiación solar es absorbida mediante el agua en el embalse inferior UB. Debido a ello aumenta la cantidad de energía irradiada, ya que, de lo contrario, la radiación solar se reflejaría en su mayor parte debido al hielo.

En la Figura 6 se continúa con el concepto presentado en la Figura 5, en donde se dispone una capa de aislamiento IS entre la capa de agua WA que llega al intercambiador de calor WTA mediante la entrada superior ZL y la capa de hielo EI, la cual contribuye a otra mejora con respecto a la separación del aire del entorno UL.

En la Figura 7 se muestra una forma de realización alternativa en la que se considera particularmente el aislamiento respecto al agua WA en el embalse inferior UB. Mediante el suministro de aire LZ se puede configurar un colchón de aire LT debajo de la capa de hielo EI que actúa como aislamiento respecto al agua WA del embalse inferior UB.

No obstante, las formas de realización explicadas en relación con las Figuras 5 a 7 también se pueden combinar, de manera que se puede, por ejemplo, conformar tanto una capa de aislamiento SI, como un colchón de aire LP. Además, se pueden extender los tubos RO del intercambiador de calor WTA en varios planos, de manera que se configuren varias capas de hielo EI situadas unas sobre otras de forma paralela en un intercambiador de calor WTA. Las capas de hielo EI dispuestas de forma contigua de modo individual se pueden aislar unas con respecto a otras mediante capas de aislamiento, de forma similar a la capa de aislamiento IS de la Figura 6. Asimismo, en el caso de una estructura de varias capas, cada capa puede estar provista de un suministro propio de refrigerante, de modo que cada capa se puede controlar independientemente de la otra. De este modo, en particular la capa superior puede formar un nivel de formación de hielo rápida. Además, en la capa superior puede formarse rápidamente un

- hielo de capa delgada. Ésta se puede formar a aproximadamente hasta 10 cm a cada lado del tubo de refrigeración. Dicha capa puede cubrir picos de potencia, o bien puede emplearse para aislar el embalse inferior con respecto a la atmósfera. La idea es que se forme una capa de hielo en la formación de hielo rápida, por ejemplo, durante la noche, para aislar el embalse inferior respecto a la atmósfera, mientras que se bombee agua sobre el hielo durante el día para absorber la radiación solar y derretir la capa de hielo delgada. Por consiguiente, la formación de hielo rápida debe servir como colector solar en el caso de un balance energético positivo (por ejemplo, durante el día), y como aislamiento en el caso de un balance energético negativo (por ejemplo, en una noche fría). De este modo, durante el día puede obtenerse rápidamente agua "tibias" en el colector y alcanzar una eficiencia elevada en la bomba de calor. Durante la noche, se pierde menos energía hacia la atmósfera mediante el aislamiento.
- 5
- 10 El funcionamiento del acumulador de energía EN en el ciclo de las estaciones tiene lugar de modo que se produce una diferencia de temperatura a través de la radiación solar durante la entrada de calor, es decir, en latitudes septentrionales usualmente desde la primavera hasta el otoño. Debido a ello se reduce la potencia de radiación de la superficie del embalse inferior UB mediante el enfriamiento del agua WA que se encuentra en el mismo. La diferencia de temperatura del aire del entorno UL respecto a la temperatura ambiente se sitúa aproximadamente en
- 15 el rango de 5°C a 10°C.
- Al final del otoño, es decir, al disminuir el calentamiento a través de la radiación solar, comienza una fase de enfriamiento del agua WA en el embalse inferior UB a una temperatura de aproximadamente 0,5 °C para posibilitar una fase de transición sin formación de hielo.
- 20 En la época invernal, la extracción de energía tiene lugar a través de la formación de hielo en la superficie del embalse inferior UB, es decir, mediante la capa de hielo EI en el intercambiador de calor WTA. De este modo, con la bomba de calor WP puede alcanzarse una generación de calor continua mediante el intercambiador de calor WTA mediante un volumen de la capa de hielo EI seleccionado lo suficientemente grande, debido al elevado contenido de energía para la cristalización de agua WA para formar hielo en la capa de hielo EI.
- 25 En los meses de primavera hasta la primera parte del verano, el hielo de la capa de hielo EI se derrite en el intercambiador de calor WTA, al mismo tiempo que se reduce aún más la extracción de energía, donde la temperatura del agua WA en el embalse inferior UB aumenta nuevamente a través de la radiación solar.
- El concepto descrito anteriormente puede utilizarse de manera ventajosa para el abastecimiento doméstico de energía térmica mediante un suministro de calor a distancia, en donde, por ejemplo, para 2000 hasta 4000 hogares debería disponerse de aproximadamente 40000 m³ de hielo, de manera que un lago seminatural estaría lo
- 30 suficientemente dimensionado como embalse inferior UB.
- En épocas de temperaturas ambiente elevadas, el hielo existente de la capa de hielo EI también se puede utilizar para la refrigeración en el caso de los consumidores VR.
- 35 Las características señaladas anteriormente y en las reivindicaciones, así como aquellas que se desprenden de las ilustraciones se pueden realizar de forma ventajosa tanto de forma individual como en una combinación diferente. La invención no se limita a los ejemplos de realización descritos, sino que puede modificarse en todo tipo de formas dentro del marco de las habilidades especializadas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Acumulador de energía que presenta un intercambiador de calor (WTA) dispuesto de forma flotante en un embalse inferior (UB) configurado como un lago, el cual se puede llenar de agua (WA) mediante un primer conducto de alimentación (ZU1), en donde se puede suministrar agua (WA) desde el embalse inferior (UB) mediante un segundo conducto de alimentación (ZU2) y se puede suministrar refrigerante de una bomba de calor (WP) que atraviesa el intercambiador de calor mediante un tercer conducto de alimentación (ZU3), de manera que se puede extraer energía mediante el intercambiador de calor (WTA) a través de la formación de hielo del agua del embalse inferior o en forma de calor sensible desde el agua del embalse inferior y transmitirla a un consumidor para una liberación de calor y/o para una liberación de frío.
- 10 2. Acumulador de energía según la reivindicación 1, en donde el intercambiador de calor está formado por tubos en los que puede circular refrigerante, en donde los tubos se disponen preferentemente en forma de espiral anular.
3. Acumulador de energía según la reivindicación 2, donde las barras dispuestas de forma radial soportan los tubos dispuestos en forma de espiral anular.
- 15 4. Acumulador de energía según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el intercambiador de calor se rodea de una pared externa que rodea el intercambiador de calor a lo largo de su circunferencia externa en forma de una separación vertical, de modo que se forma un cuerpo anular.
5. Acumulador de energía según la reivindicación 4, en donde el cuerpo anular presenta un diámetro de aproximadamente 50 m a 200 m, preferentemente, de aproximadamente 100 m.
- 20 6. Acumulador de energía según una de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el intercambiador de calor se puede unir a un fondo del embalse inferior mediante un elemento de anclaje.
7. Acumulador de energía según una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde una capa de hielo se conforma radialmente desde el interior hacia el exterior en el intercambiador de calor y, después, su espesor aumenta eventualmente.
- 25 8. Acumulador de energía según una de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el intercambiador de calor presenta una entrada superior mediante la cual se puede introducir agua en la capa de hielo producida en el caso de una formación de hielo en el intercambiador de calor, de manera que la capa de hielo se encuentre por debajo de la superficie del agua del embalse inferior.
9. Acumulador de energía según la reivindicación 8, en donde se dispone una capa de aislamiento entre la capa de hielo y el agua fría que se puede suministrar.
- 30 10. Acumulador de energía según la reivindicación 8 o 9, en donde se puede conformar un colchón de aire debajo de la capa de hielo y sobre el lado de la capa de hielo apartado de la superficie del agua.
11. Acumulador de energía según una de las reivindicaciones 7 a 10, en donde se pueden conformar varias capas de hielo que se sitúan unas sobre otras, en donde las capas de hielo directamente contiguas se separan preferentemente mediante capas de aislamiento.
- 35 12. Instalación de central eléctrica con un acumulador de energía según una de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende un embalse inferior de una central eléctrica de llenado por bombeo que se puede llenar de agua, en donde el embalse inferior se une a una bomba mediante un primer conducto de alimentación y se une a un depósito superior mediante un conducto que atraviesa la central eléctrica de llenado por bombeo y que se puede unir al primer conducto de alimentación, en donde el embalse inferior forma parte de un acumulador de energía según una de las reivindicaciones 1 a 11.
- 40 13. Instalación de central eléctrica según la reivindicación 12, en donde el depósito superior forma parte de una instalación de energía eólica, en donde la bomba se puede accionar mediante energía eléctrica generada por la instalación de energía eólica para bombear agua desde el embalse inferior hacia el depósito superior.
- 45 14. Método para operar un acumulador de energía según una de las reivindicaciones 1 a 11, en donde la bomba de calor se controla en función de la temperatura ambiente, de la radiación solar y de la temperatura del agua de manera que la capa de hielo en el intercambiador de calor se forma cuando no se puede obtener energía a partir de la temperatura del agua del embalse inferior, en donde, preferentemente, se puede llevar a cabo un descenso de la capa de hielo a través de la carga de agua.

15. Método según la reivindicación 14, en donde el acumulador de energía presenta una estructura de varias capas, en donde la capa situada más próxima a la superficie del agua se emplea en primer lugar para formar una capa de hielo preferentemente delgada.

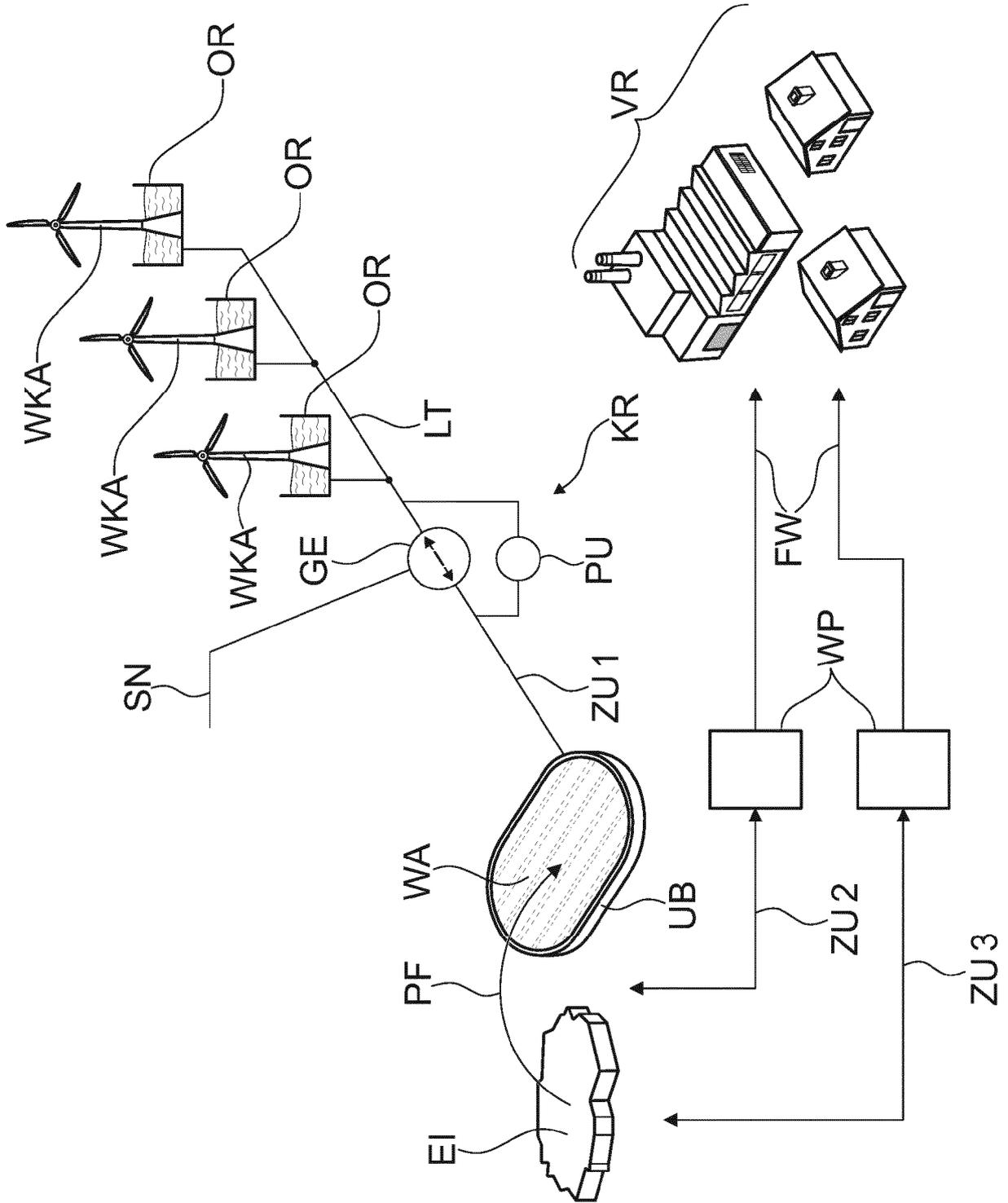


Fig. 1

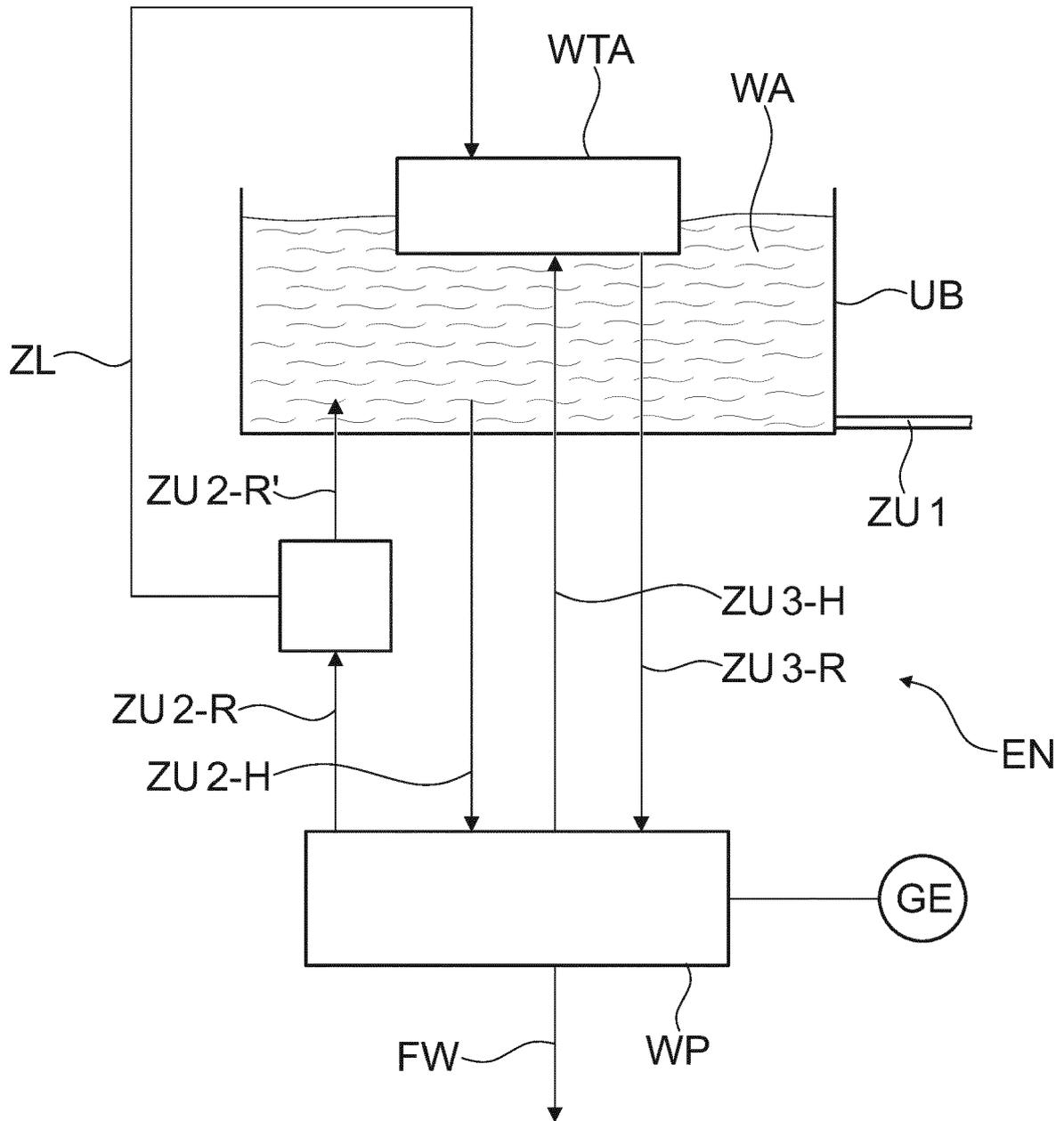


Fig. 2

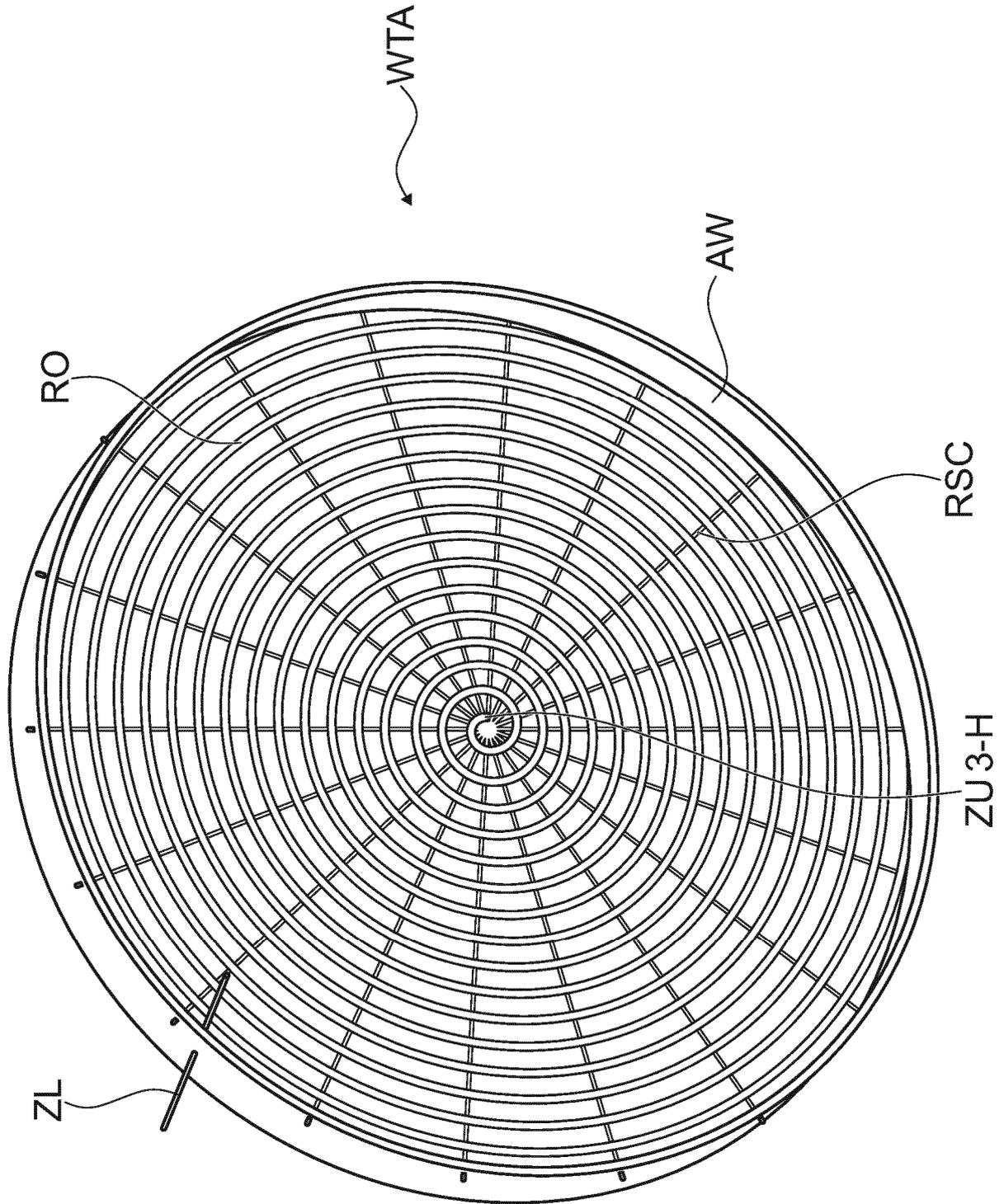


Fig. 3

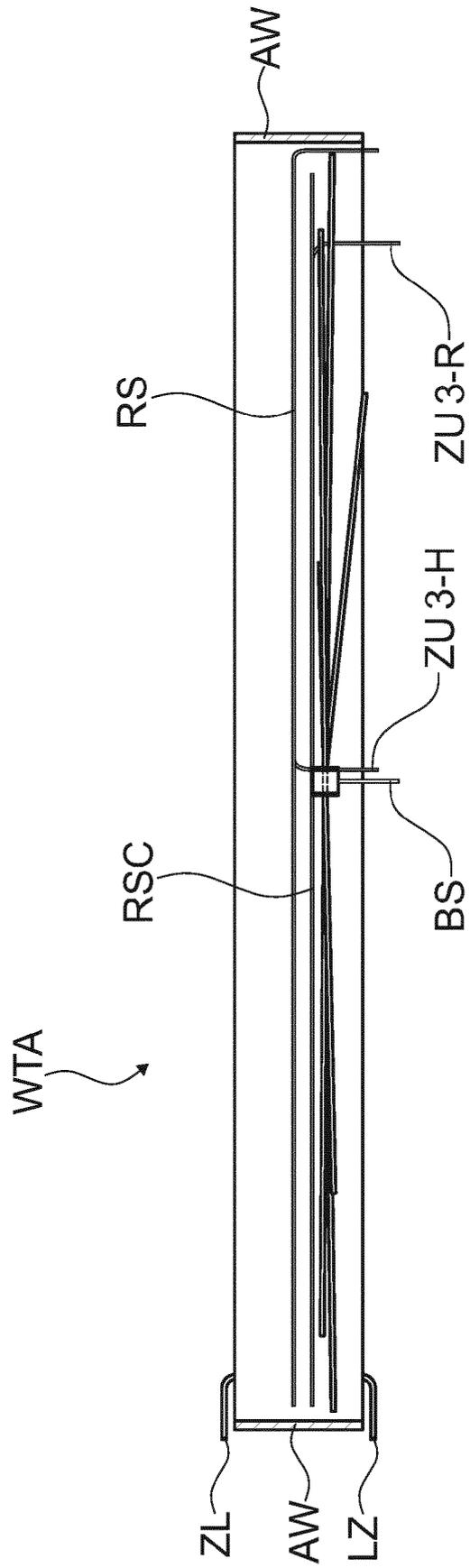


Fig. 4

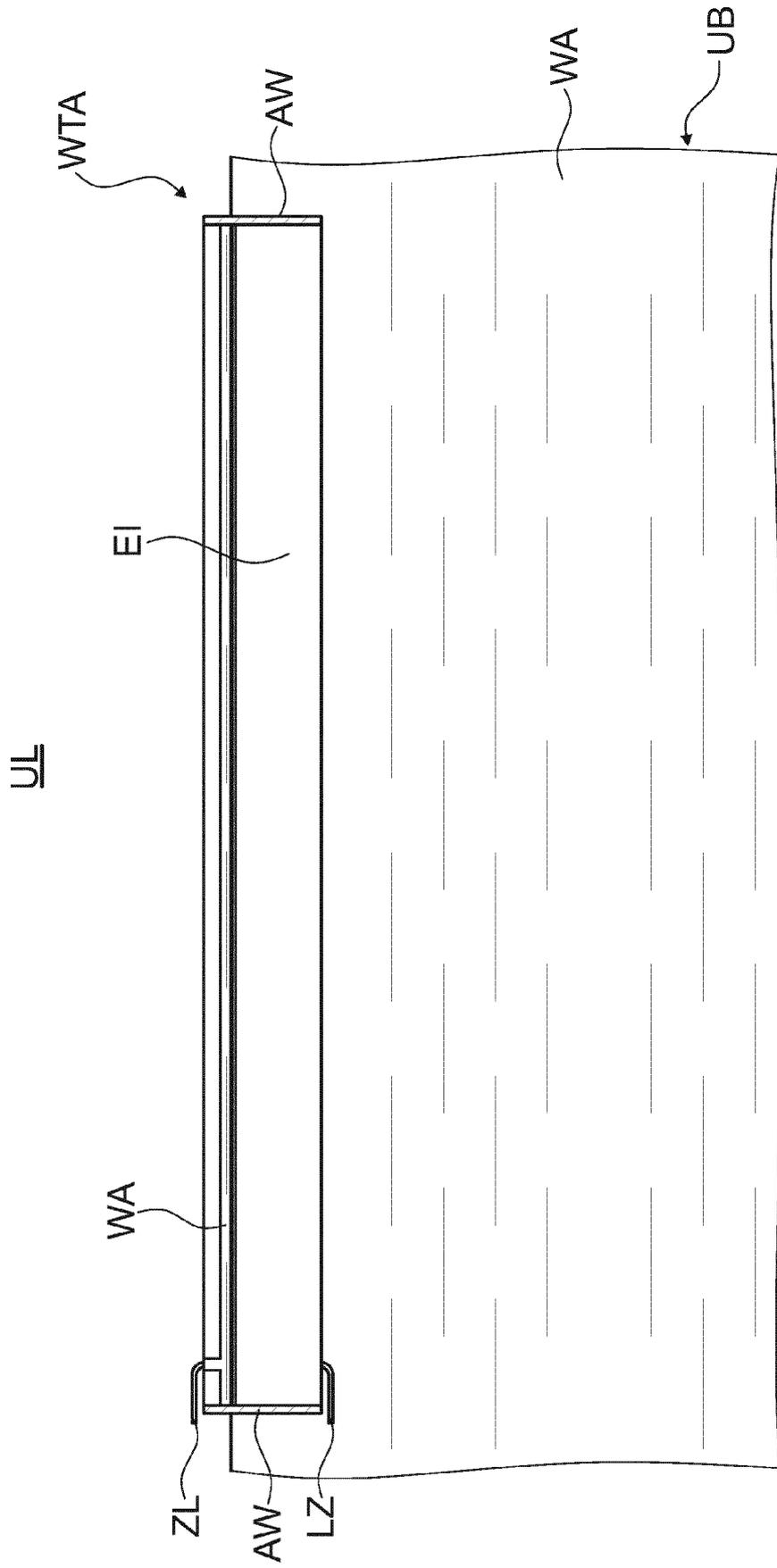


Fig. 5

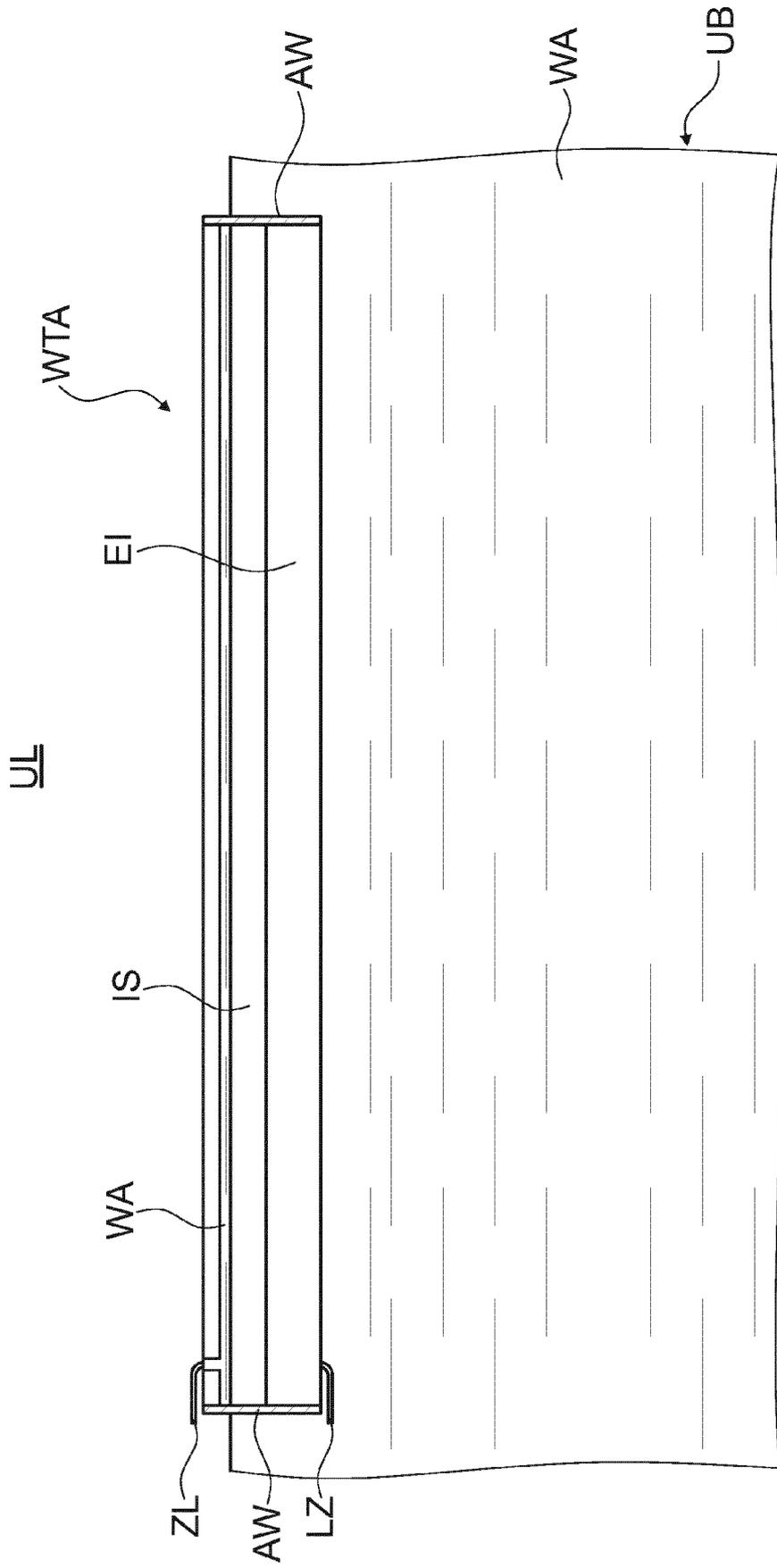


Fig. 6

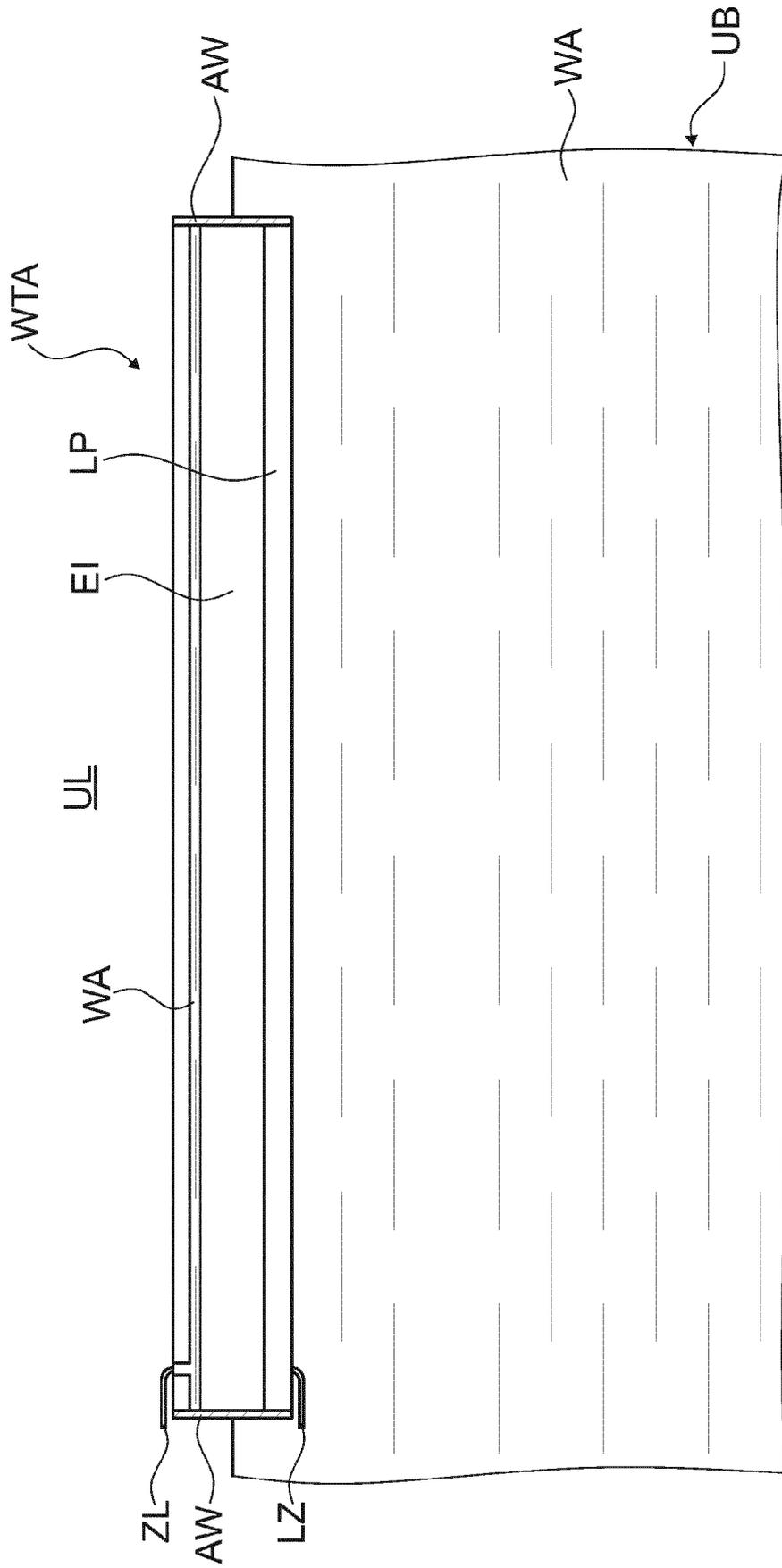


Fig. 7