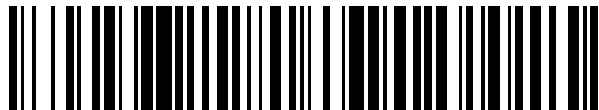


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 331**

51 Int. Cl.:

**F25B 17/08** (2006.01)

**F25B 27/00** (2006.01)

**F28D 20/00** (2006.01)

**F24S 10/70** (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2016 PCT/EP2016/056382**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2016 WO16151017**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2016 E 16716490 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 3274639**

54 Título: **Dispositivo solar de producción autónoma de frío por sorción sólido-gas**

30 Prioridad:

**23.03.2015 FR 1552396**

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

**20.06.2019**

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE (CNRS) (100.0%)  
3, Rue Michel Ange  
75016 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**STITOU, DRISS;  
MAURAN, SYLVAIN y  
MAZET, NATHALIE**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 717 331 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 solar de producción autónoma de frío por sorción sólido-gas

**Ámbito técnico**

La presente invención concierne a un dispositivo solar de producción autónoma de frío.

5 La presente invención se sitúa en los ámbitos de la climatización solar autónoma y la refrigeración solar autónoma.

**Estado de la técnica anterior**

La explotación de la energía solar para producir frío está particularmente adaptada para la producción de frío en sitios aislados de regiones climáticas calientes y/o que no tengan acceso a la red eléctrica y en los que el aprovisionamiento de energía es caro.

10 Se conocen numerosas técnicas que permiten una producción de frío realizada de manera concomitante con la disponibilidad de la energía solar diurna, o de manera desfasada, durante la noche.

15 Las soluciones actuales se basan esencialmente en tecnologías de compresor, muy consumidoras de energía eléctrica y que utilizan fluidos frigorígenos que tienen un alto potencial de efecto invernadero. En los sitios aislados, estas soluciones conducen por ejemplo a producir la electricidad por grupos electrógenos que utilizan un combustible almacenado en cubas, o a almacenar la electricidad producida durante el día por paneles fotovoltaicos en un parque de baterías. Estas soluciones necesitan según el caso un mantenimiento elevado, y reaprovisionamiento frecuente de combustible (de semanal a mensual), un reemplazamiento periódico del parque de baterías (de 2 a 5 años), así como dispositivos electrónicos de control/mando avanzados (regulador de carga, onduladores...).

20 De modo más particular, una primera técnica para producir frío durante el día consiste en convertir la radiación solar en electricidad a través de sensores fotovoltaicos, o en trabajo a través de un ciclo motor termodinámico como por ejemplo un ciclo de Rankine orgánico motor, para a continuación alimentar un ciclo termodinámico inverso de producción de frío por expansión (ciclo Stirling) o vaporización de un refrigerante (ciclo inverso de Rankine).

25 Una segunda técnica consiste en utilizar directamente la radiación solar en forma térmica para alimentar un procedimiento de sorción de gas de tipo absorción líquido/gas, que necesita la circulación de una solución binaria o salina, tal como las soluciones de amoníaco/agua o de agua/bromuro de litio clásicamente utilizadas. Tales dispositivos están descritos por ejemplo en los documentos US 4207744 y US 4184338.

30 Sin embargo, estas técnicas son relativamente complejas y caras de poner en práctica y requieren especialmente procedimientos avanzados de control y de mando del citado procedimiento de producción de frío, especialmente bombas de circulación y compresores para hacer circular los fluidos de trabajo, y/o necesitan temperaturas ambientes poco elevadas (inferiores a 35 °C) para producir eficazmente frío. Estas limitaciones afectan así a la fiabilidad y la robustez de estos procedimientos.

35 Otra técnica se basa en procedimientos de sorción de un fluido refrigerante gaseoso por un sólido activo. Se trata por ejemplo de procedimientos termoquímicos o procedimientos de adsorción. El inconveniente de tales procedimientos se basa en la naturaleza sólida de los materiales sorbentes utilizados: estos tienen un funcionamiento discontinuo y conducen a una producción intermitente de frío, tal como se describe por ejemplo en los documentos US 4586345, US 4993234 o WO 86/00691. El último documento desvela un dispositivo según el preámbulo de la reivindicación 1.

La presente invención tiene por objeto responder al menos en gran parte a los problemas precedentes y en conducir además a otras ventajas.

40 Otro objetivo de la invención es resolver al menos uno de estos problemas por un nuevo dispositivo de producción de frío.

Otro objetivo de la presente invención es producir frío de manera autónoma.

Otro objetivo de la presente invención es reducir los costes para producir frío.

Otro objetivo de la presente invención es reducir la contaminación asociada a la producción de frío.

Otro objetivo de la presente invención es producir frío de manera más fiable y más robusta.

45 Otro objetivo de la presente invención es reducir los imperativos de mantenimiento asociados a la producción de frío.

**Exposición de la invención**

Al menos uno de los objetivos antes citados se consiguen con un dispositivo según la reivindicación 1, siendo el citado dispositivo un dispositivo de producción autónoma de frío a partir de una fuente solar de baja temperatura comprendida entre 50°C y 130°C, siendo producido el citado frío con una diferencia de temperatura inferior de 5°C a 40°C con

respecto a la temperatura ambiente del entorno exterior y poniendo en práctica el citado dispositivo un procedimiento de sorción termoquímica de un refrigerante por un reactivo sólido, comprendiendo el citado dispositivo:

- un reactor dispuesto para contener el reactivo sólido y que comprende al menos un intercambiador térmico para refrigerar y/o calentar el reactor,
- 5 - un condensador apto para licuar el refrigerante gaseoso que viene del reactor,
- un primer depósito para almacenar a temperatura ambiente el refrigerante líquido producido por el condensador,
- un recinto dispuesto para almacenar un material de cambio de fase y que además comprende un evaporador en contacto directo con el citado material de cambio de fase y apto para evaporar el refrigerante líquido,
- 10 - un segundo depósito para almacenar el refrigerante líquido a una temperatura inferior a la temperatura ambiente, y que colabora, por una parte, con el primer depósito y, por otra, con el evaporador y el reactor,
- al menos un medio de conducción del refrigerante dispuesto para hacer circular el citado refrigerante en forma líquida o gaseosa entre el reactor, el primer depósito, el segundo depósito y el evaporador,
- 15 - al menos un medio de control del caudal del refrigerante que opera sobre los medios de conducción, estando dispuesto el citado al menos un medio de control para regular el caudal del refrigerante de manera autónoma en función de las presiones existentes en el reactor, los primero y segundo depósitos, el condensador y el evaporador.

Preferentemente, el frío producido por el dispositivo según la invención está a una temperatura comprendida entre -10°C y 20°C.

Así pues, el dispositivo según la invención y sus variantes descritas a continuación, permite, por una parte, realizar de manera eficaz el calentamiento solar del reactor y el enfriamiento del condensador en el transcurso del día, así como el enfriamiento del reactor en el transcurso de la noche.

La gestión de las fases diurna y nocturna que se realiza de manera totalmente autónoma y sin control activo es una solución prometedora para satisfacer las necesidades en frío en sitios aislados de regiones climáticas calientes que no tengan acceso a la red eléctrica. Y el dispositivo según la invención permite así reducir los costes de producción porque no hay aportación exterior de energía cara. Por otra parte, como el mismo no utiliza consumibles, el mantenimiento del dispositivo – que se limita a la limpieza ocasional de los sensores – es muy reducido y poco caro.

El dispositivo según la invención permite también reducir la contaminación asociada a la producción de frío porque el mismo puede poner en práctica un fluido refrigerante que no afecta ni al ozono ni al recalentamiento climático. Por otra parte el dispositivo no genera ningún gas de efecto invernadero y no agota los recursos energéticos fósiles puesto que el mismo utiliza únicamente la energía solar térmica, energía renovable y disponible en abundancia. Por otra parte, el dispositivo según la invención es completamente silencioso, lo que representa una ventaja notable en los entornos urbanos o en paisajes excepcionales y/o protegidos.

Finalmente, el dispositivo según la invención no comprende piezas mecánicas en movimiento lo que permite así reducir a la vez el nivel sonoro de funcionamiento, pero también el desgaste de los componentes y los riesgos de fuga del fluido por guarniciones de estanqueidad dinámica: el dispositivo según la invención es más fiable.

El mismo es también más robusto debido a su funcionamiento totalmente autónomo y autoadaptativo a las condiciones exteriores de insolación y de temperatura; desprovisto de cualquier órgano de control/mando y/o de regulación electrónica, da muestras de una gran longevidad: los componentes reactivos puestos en práctica en los reactores del dispositivo según la invención han sido probados en más de 30 000 ciclos (correspondiente aproximadamente a 80 años de funcionamiento diario) sin que se haya observado ninguna pérdida de eficacia.

A modo de ejemplos no limitativos, el refrigerante puede ser tomado entre el agua, el amoníaco, la etilamina, la metilamina o el metanol; y el sólido reactivo puede ser elegido por ejemplo entre los cloruros de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) o de estroncio ( $\text{SrCl}_2$ ). De manera más general, el dispositivo según la invención pone en práctica preferentemente un refrigerante diferente de los hidroclorofluorocarburos y clorofluorocarburos que empobrecen la capa de ozono y participan en el recalentamiento climático.

Los materiales de cambio de fase utilizados en la presente invención para almacenar de manera eficaz el frío producido al solidificarse están compuestos preferentemente de componentes orgánicos o inorgánicos. A modo de ejemplos no limitativos, puede tratarse por ejemplo del agua, de una solución acuosa o de una parafina.

Los medios de control del calidad del refrigerante permiten ventajosamente regular el citado caudal de manera pasiva, únicamente en función de la diferencias de presión existentes entre el reactor, el condensador, el evaporador y los primero y segundo depósitos en el transcurso de las fases de regeneración diurna y de producción nocturna de frío.

Ventajosamente, el recinto y/o el segundo depósito pueden ser aislados térmicamente a fin de reducir las necesidades energéticas necesarias para el mantenimiento de la temperatura en el interior y mantener una temperatura del

refrigerante líquido inferior a la temperatura ambiente durante el día, evitando así que la temperatura del refrigerante contenido en el evaporador aumente en el transcurso del día.

5 De manera preferente, el evaporador puede ser alimentado de refrigerante líquido desde el segundo depósito por diferencia de densidad del citado refrigerante entre la entrada y la salida del citado evaporador. Este funcionamiento por termosifón permite generar un flujo del refrigerante entre el segundo depósito y el evaporador sin bomba y sin aportaciones de energía exterior, favoreciendo así la autonomía del dispositivo según la invención.

10 De manera preferente, el reactor puede comprender además un cajón isoterma dispuesto para contener el intercambiador térmico y/o el reactor y apto para reducir las pérdidas térmicas del citado reactor, especialmente por conducción. El aislamiento puede ser obtenido por cualquier medio aislante conocido resistente a las variaciones de temperatura experimentadas por el reactor en el transcurso de la noche y del día, como por ejemplo lana de vidrio o lana de roca.

15 De manera ventajosa, el reactor puede estar constituido por una pluralidad de elementos tubulares que comprenden el reactivo sólido y unidos entre sí por los citados medios de conducción del refrigerante a fin de explotar la radiación solar de manera máxima y de optimizar el calentamiento del reactor. En efecto, es ventajoso maximizar por una parte la superficie de absorción solar y por otra la orientación del citado reactor con respecto al sol. De esta manera, la configuración en elementos tubulares permite maximizar a la vez la superficie activa del reactor y la incidencia directa del sol sobre el citado reactor.

20 Preferentemente, la pluralidad de elementos tubulares puede ser revestida de un revestimiento absorbente solar para mejorar el rendimiento térmico de la pluralidad de elementos tubulares, estando el citado revestimiento en contacto íntimo con la pared de la pluralidad de elementos tubulares.

A modo de ejemplos no limitativos, puede tratarse de una simple pintura solar o de una película metálica (cobre, aluminio...) que tenga una buena conductividad térmica y colocada en contacto térmico con la pared de los elementos tubulares y sobre la cual puede ser depositada una capa delgada selectiva.

Ventajosamente, el revestimiento absorbente solar puede presentar una baja emisividad infrarroja.

25 Según un modo de realización particular, el reactor puede comprender además al menos un elemento de cobertura y transparente a la radiación solar, dispuesto para reducir las pérdidas térmicas y maximizar el rendimiento de captación solar, extendiéndose el citado al menos un elemento de cobertura más allá de la cara del reactor expuesta al sol.

Opcionalmente, el al menos un elemento de cobertura puede por otra parte ser opaco a la radiación infrarroja a fin de favorecer el efecto de invernadero.

30 Preferentemente, al menos una de las caras no expuestas al sol del reactor puede ser aislada térmicamente para reducir las pérdidas térmicas. El aislamiento puede ser obtenido por cualquier medio aislante conocido, como por ejemplo lana de vidrio o lana de roca.

35 Según un modo de realización particular, el reactor puede comprender además medios de motorización a fin de orientar la pluralidad de elementos tubulares del reactor según un plano sensiblemente perpendicular a la dirección del sol y presentar así una superficie de absorción solar máxima, a fin de optimizar la orientación del reactor y de maximizar el rendimiento de captación solar y los intercambios térmicos asociados.

Según una primera versión del dispositivo según la invención, el enfriamiento nocturno del reactor está asegurado por circulación natural del aire en el reactor, permitiendo así realizar un enfriamiento de manera totalmente pasiva.

40 De manera ventajosa a esta primera versión, el reactor puede comprender además al menos una trampilla de aireación de la pluralidad de elementos tubulares, estando situada la citada al menos una trampilla en la parte superior y/o en la parte inferior del citado reactor.

Y preferentemente, la al menos una trampilla de aireación puede estar dispuesta para asegurar la estanqueidad del reactor cuando el mismo esté en posición centrada a fin de favorecer los intercambios térmicos en el interior del citado reactor.

45 Ventajosamente, la al menos una trampilla de aireación puede comprender además, un medio de accionamiento para asegurar su apertura y/o su cierre.

Según una primera variante el medio de accionamiento puede consistir en un motor eléctrico de baja potencia.

Ventajosamente, el motor eléctrico puede ser alimentado por un dispositivo de producción y/o de almacenamiento de energía eléctrica, eventualmente alimentado por paneles fotovoltaicos.

50 Según una segunda variante, el medio de accionamiento puede consistir en un dispositivo de piñones y cremallera accionado por un gato giratorio de aire comprimido unido a una reserva de aire comprimido.

Preferentemente, la reserva de aire comprimido puede ser recargada por un compresor de aire alimentado por paneles fotovoltaicos.

5 Según una tercera variante, el medio de accionamiento puede consistir en un dispositivo de piñones y cremallera accionado por un gato lineal hidráulico de simple efecto mandado por un bulbo termostático en contacto térmico con una placa absorbente expuesta al sol. Esta última variante es totalmente pasiva, energéticamente autónoma y autocontrolada.

De manera preferente, la pluralidad de elementos tubulares puede comprender además una pluralidad de aletas circulares cuya base está en contacto térmico íntimo con la pared de los elementos tubulares a fin de favorecer los intercambios térmicos.

10 Y ventajosamente, la pluralidad de aletas puede ser recubierta de un revestimiento absorbente solar para favorecer los intercambios térmicos.

De manera ventajosa, la pluralidad de elementos tubulares, pueden estar dispuestos horizontalmente a fin de mejorar el flujo del aire alrededor de los citados elementos tubulares.

15 Preferentemente, el condensador puede ser de tipo intercambiador de tubos con aletas y enfriado, durante día, por convección natural del aire alrededor de los citados tubos con aletas.

Según una segunda versión del dispositivo según la invención, el enfriamiento nocturno del reactor puede ser asegurado por un caloducto en bucle que funciona como termosifón y que comprende:

- un fluido de trabajo apto para realizar un trabajo termodinámico,
- un evaporador, denominado caloducto en bucle, que coopera con la pluralidad de elementos tubulares del reactor y dispuesto para evaporar el fluido de trabajo y absorber el calor desprendido por el reactor,
- un condensador, denominado de caloducto en bucle, que coopera con el evaporador y el reactor, estando dispuesto el citado condensador para licuar el fluido de trabajo y realizar una transferencia térmica con el aire exterior,
- un depósito de fluido de trabajo dispuesto para almacenar el citado fluido de trabajo líquido y permitir el llenado óptimo de fluido de trabajo del al menos un elemento tubular del reactor,
- un dispositivo pasivo y autónomo de control del caudal del fluido de trabajo en el caloducto en bucle que comprende:
  - un primer medio de control del caudal del fluido de trabajo, situado entre el depósito de fluido de trabajo y la parte inferior del al menos un medio de conducción del fluido de trabajo, estando dispuesto el citado primer medio de control para controlar la alimentación de fluido de trabajo líquido del al menos un medio de conducción del fluido de trabajo,
  - un segundo medio de control del caudal del fluido de trabajo, situado entre la salida del evaporador de caloducto en bucle y el condensador de caloducto en bucle, dispuesto para controlar el paso del fluido de trabajo gaseoso hacia al menos un medio de conducción del fluido de trabajo.

35 Esta segunda versión del enfriamiento del dispositivo según la invención permite así realizar de manera eficaz a la vez el calentamiento del reactor durante el día y el enfriamiento de una parte del reactor durante la noche y de otra parte del condensador de refrigerante gaseoso alojado en el depósito de fluido de trabajo del caloducto en bucle.

40 De manera preferente, el fluido de trabajo es elegido entre aquéllos que presentan una temperatura de ebullición a la presión atmosférica comprendida entre 0°C y 40°C y que presentan, en la gama de temperatura de 20°C a 100°C, una presión comprendida entre 1 bar y 10 bares. A modo de ejemplo no limitativo, puede tratarse de hidrocarburos parafínicos de tipo C4, C5 o C6 (tal como el butano, el metilpropano, el pentano, el metilbutano, el dimetilpropano, el hexano, el metilpentano, el dimetilbutano,...) fluidos de trabajo de tipo HFC utilizados clásicamente en los ciclos de Rankine orgánico (R236fa, R236ea, R245fa, R245ca, FC3110, RC318,...) fluidos inorgánicos (amoníaco, agua), o alcoholes (metanol, etanol,...).

45 Ventajosamente, el dispositivo según este segundo modo de realización puede comprender además una válvula de puesta en operación del caloducto en bucle, dispuesta para llenar el citado caloducto en bucle de fluido de trabajo y/o purgarle.

50 De manera preferente, el evaporador de caloducto en bucle puede comprender al menos un medio de conducción del fluido de trabajo dispuesto en el interior de la pluralidad de elementos tubulares del reactor y en contacto térmico íntimo con el reactivo sólido, estando unidos entre sí los citados al menos un medio de conducción del fluido de trabajo asociados a cada elemento tubular por colectores en partes superior e inferior.

Ventajosamente, la pluralidad de elementos tubulares del reactor puede estar inclinada verticalmente a fin de facilitar el desplazamiento del fluido de trabajo por simple gravedad.

Ventajosamente, el condensador de caloducto en bucle, puede estar compuesto de al menos un tubo con aletas y unidos entre sí por medios de conducción del fluido de trabajo.

- 5 De manera preferente, al menos un tubo con aletas del condensador puede estar dispuesto de manera sensiblemente horizontal en la parte trasera del reactor, con una ligera inclinación para permitir el flujo por gravedad del fluido de trabajo licuado hacia el depósito de fluido de trabajo.

10 Preferentemente, el depósito de fluido de trabajo puede estar dispuesto para mantener un nivel mínimo de fluido de trabajo en los medios de conducción del citado fluido de trabajo comprendido entre un tercio y un cuarto de la altura de un elemento tubular del reactor.

Y el depósito de fluido de trabajo puede estar dispuesto para evaporar el refrigerante y comprende además el condensador de refrigerante dispuesto para licuar el citado refrigerante.

15 Ventajosamente, el dispositivo de control del caudal de fluido de trabajo en el caloducto en bucle puede comprender además al menos un medio de mando autónomo, dispuesto para respectivamente abrir y cerrar los primero y segundo medios de control del caudal de fluido de trabajo, por ejemplo al principio de la noche y principio del día.

Y preferentemente, el al menos un medio de mando autónomo de los, primero y segundo, medios de control del caudal del fluido de trabajo puede comprender:

- una placa absorbente apta para absorber la radiación solar y para emitir en infrarrojo, estando dispuesta la citada placa absorbente para calentar gracias a la radiación solar diurna y enfriar durante la noche,
- 20 - un bulbo termostático en contacto térmico con la placa absorbente, que comprende un fluido apto para dilatarse bajo el efecto de una variación de temperatura,
- un elemento de conexión que coopera por una parte con el bulbo termostático y por otra con el primero y/o segundo medio de control del caudal del fluido de trabajo, estando dispuesto el citado elemento de unión para abrir o cerrar el citado medio de control del caudal del fluido de trabajo.

25 Según otro modo de realización de la invención compatible con cada una de las variantes precedentes, el dispositivo según la invención puede consistir en una arquitectura modular que comprende:

- una pluralidad de primeros conjuntos que comprenden cada uno:
  - el reactor constituido de una pluralidad de elementos tubulares y que comprende el intercambiador térmico,
  - el condensador apto para licuar el refrigerante,
  - 30 - el depósito para almacenar el refrigerante a temperatura ambiente y cuyo volumen corresponde al volumen de la pluralidad de elementos tubulares del citado primer conjunto,
  - medios de control del caudal del refrigerante,
- un segundo conjunto que comprende:
  - el recinto dispuesto para almacenar un material de cambio de fase y que comprende un aislamiento térmico,
  - 35 - el segundo depósito para almacenar el refrigerante líquido a una temperatura inferior a la temperatura ambiente y que comprende un aislamiento térmico,
  - el evaporador para evaporar el refrigerante, situado en el interior del recinto y que coopera con el segundo depósito,
  - primeros medios de control del caudal del refrigerante entre el evaporador y el segundo depósito,
  - 40 - segundos medios de control del caudal del refrigerante para asegurar la conexión entre el segundo conjunto y la pluralidad de primeros conjuntos,

Esta disposición modular permite así facilitar la puesta en práctica y la instalación del dispositivo.

Ventajosamente, el evaporador puede ser de tipo sumergido y comprender al menos un elemento tubular dispuesto para hacer circular el refrigerante por termosifón con el segundo depósito.

- 45 De manera preferente, el segundo conjunto puede comprender una válvula de aislamiento estanca, dispuesta para llenar el depósito de fluido refrigerante y/o para purgarle.

Y preferentemente, el refrigerante puede ser amoniaco.

Según otro aspecto de la invención, se propone utilizar el dispositivo según la invención para producir hielo.

Alternativamente, el dispositivo según la invención, puede ser utilizado también para producir agua, siendo realizada la producción de agua por condensación del vapor de agua contenido en el aire sobre una pared mantenida fría por el dispositivo.

5

### Descripción de las figuras y de los modos de realización

Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto todavía a través por una parte de la descripción que sigue, y por otra parte de varios ejemplos de realización dados a modo indicativo y no limitativo refiriéndose a los dibujos esquemáticos anejos, en los cuales:

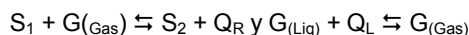
- 10 - la figura 1 ilustra un diagrama de Clausius Clapeyron de los estados termodinámicos de los componentes del dispositivo según la invención en el transcurso de las dos fases principales,
- la figura 2 ilustra un esquema de principio del dispositivo termoquímico de producción de frío según la invención,
- la figura 3 ilustra un la fase diurna del funcionamiento del dispositivo según la invención, consistente en una fase de regeneración solar y de producción de energía,
- 15 - la figura 4 ilustra la fase nocturna del funcionamiento del dispositivo según la invención, consistente en una fase de producción de frío,
- las figuras 5a y 5b ilustran respectivamente un esquema de perfil y de frente de un reactor que comprende el intercambiador térmico del dispositivo según la invención y según un primer modo de realización en el cual el enfriamiento nocturno está asegurado por convección natural,
- 20 - la figura 6 ilustra un modo particular de mando autónomo de una trampilla de aireación para el calentamiento diurno y el enfriamiento nocturno del reactor según la invención,
- la figura 7 ilustra un esquema de un reactor que comprende el intercambiador térmico del dispositivo según la invención y según un segundo modo de realización en el cual el enfriamiento nocturno está asegurado por un caloducto en bucle,
- 25 - las figuras 8a y 8b ilustran respectivamente el estado diurno y el estado nocturno de un medio de mando autónomo de los primero y segundo medios de control del caudal de fluido de trabajo en el caloducto en bucle,
- las figuras 9a, 9b y 9c ilustran un respectivamente un esquema en vista de frente, de perfil y de detalle de un modo de realización particular de reactor que comprende el intercambiador térmico según la invención y enfriado por un caloducto en bucle,
- 30 - la figura 10 ilustra un modo particular de realización de la invención, en el cual el dispositivo de producción autónoma de frío está diseñado de manera modular,
- la figura 11 ilustra un esquema del módulo de producción de frío del dispositivo según la invención,
- las figuras 12a, 12b y 12c ilustran respectivamente una vista de frente, una vista de corte longitudinal y una vista de corte transversal de un evaporador del dispositivo modular según la invención.
- 35 Los modos de realización que se describirán en lo que sigue no son en modo alguno limitativos; se podrán imaginar especialmente variantes de la invención que solo comprendan una selección de características descritas en lo que sigue aisladas de las otras características descritas, si esta selección de características es suficiente para conferir una ventaja técnica o para diferenciar la invención con respecto al estado de la técnica anterior. Esta selección comprende al menos una característica preferentemente funcional sin detalles estructurales, o con solamente un parte de los
- 40 detalles estructurales si esta parte únicamente es suficiente para conferir una ventaja técnica o para diferenciar la invención con respecto al estado de la técnica anterior.

En particular, todas las variantes y todos los modos de realización descritos son combinables entre sí, si nada se opone a esta combinación desde el punto de vista técnico.

En las figuras, los elementos comunes en varias figuras conservan la misma referencia.

45 El procedimiento de producción de frío

El procedimiento solar de producción intermitente de frío, descrito a continuación y objeto de la presente invención, es un procedimiento térmico de sorción termoquímica cuyo principio se basa en el acoplamiento de un proceso de cambio de estado líquido/gas de un refrigerante G y de una reacción química reversible entre un sólido reactivo y este refrigerante:



5 En el caso de la reacción de síntesis del sólido  $S_2$  de izquierda a derecha, el gas refrigerante  $G$  reacciona con la sal reactiva  $S_1$  pobre en refrigerante para formar la sal  $S_2$  rica en refrigerante. Esta reacción es exotérmica y libera calor de reacción  $Q_R$ . El gas  $G$  absorbido por  $S_1$  es por otra parte producido por evaporación del líquido refrigerante  $G$  absorbiendo el calor latente  $Q_L$ .

En el sentido inverso de derecha a izquierda, la reacción endotérmica de descomposición de sólido  $S_2$  necesita la aportación de calor  $Q_R$  para que el reactivo  $S_2$  libere de nuevo el gas refrigerante  $G$ . El mismo es entonces condensado liberando calor latente  $Q_L$ .

10 Estos procesos son puestos en práctica en dos depósitos conectados y que intercambian el gas refrigerante  $G$ , constituyendo así un dipolo termoquímico y en el cual el primer depósito, constituido alternativamente por el evaporador o el condensador es la sede del cambio de estado del refrigerante  $G$ . El segundo depósito está constituido por el reactor y contiene la sal reactiva sólida que reacciona de manera reversible con el refrigerante  $G$ .

15 Los procesos físico-químicos puestos en práctica en tal procedimiento termoquímico son mono variante y, refiriéndose a la Figura 1, los equilibrios termodinámicos puestos en práctica en el transcurso de las dos fases principales del procedimiento según la invención pueden ser representados por rectas en un diagrama de Clausius Clapeyron:

$$\ln(P) = f(-1/T)$$

Cada una de las rectas representadas en la Figura 1 describe la evolución de la temperatura  $T$  y de la presión  $P$  en el equilibrio termodinámico de cada elemento que constituye el dispositivo según la invención (reactor, condensador, depósitos, evaporador) y que será descrito en los párrafos siguientes.

20 La etapa de regeneración del dipolo termoquímico tiene lugar a alta presión  $P_h$  impuesta, bien por las condiciones de calentamiento del reactor en descomposición o por las condiciones de condensación del refrigerante. En cambio, la etapa de producción de frío tiene lugar a baja presión  $P_b$  impuesta por las condiciones de enfriamiento del reactor en síntesis y la temperatura de frío  $T_f$  producido en el evaporador.

Descripción del dispositivo según la invención

25 Así, para poner en práctica este procedimiento termoquímico con una fuente térmica solar, el dispositivo más simple según la invención comprende los elementos siguientes citados en referencia a la Figura 2:

- un reactor 202 en el que está confinado el reactivo sólido, provisto de al menos un intercambiador térmico 201 para el calentamiento y el enfriamiento del reactor 202, y que comprende un medio de conducción 203 del refrigerante con el condensador 207 o el evaporador 212;
- 30 - un condensador 207 provisto de un primer depósito 208 que almacena el refrigerante líquido 217 condensado a la temperatura ambiente,
- un evaporador 212 alimentado por ejemplo por termosifón, es decir por diferencia de densidad del refrigerante entre la entrada líquida 218 y la salida difásica 219 del citado evaporador 212, gracias a un segundo depósito 209 que puede estar aislado térmicamente del medio ambiente exterior y que contiene el refrigerante líquido a la temperatura del frío producido. El evaporador 212 está colocado en el interior de un recinto 215 igualmente aislado térmicamente,
- 35 - medios de control del caudal del refrigerante 204, 205 y 206, como por ejemplo válvulas de retención, permiten gestionar de manera autónoma los flujos del refrigerante. Los medios de control 204, 205 por una parte y 206 por otra permiten respectivamente regular el caudal del refrigerante en forma gaseosa por una parte y líquida por otra. En efecto, en el caso de una diferencia de presión entre aguas arriba y aguas abajo de los citados medios de control 204 a 206, las válvulas son entonces pasantes. A modo de ejemplo, en las válvulas denominadas gaseosas 204 y 205, puede ser preferible una diferencia de presión inferior a 100 mbar para asegurar, durante el día, una ligera sobrepresión en el reactor 202 con respecto al condensador 207, y, durante la noche, una ligera depresión en el reactor 202 con respecto al evaporador 212. En cambio, en la válvula 206 instalada en la unión líquida entre los primero 208 y segundo 209 depósitos, puede ser elegida preferentemente una diferencia de presión correspondiente a la diferencia entre la presión de condensación y la presión de evaporación del refrigerante. A modo de ejemplo, esta depresión puede ser del orden de 5 bares a 10 bares.
- 40
- 45

Funcionamiento del dispositivo

50 El dispositivo de producción de frío solar 200 según la invención, implica así la transformación de un sólido reactivo consumible dispuesto en el reactor 202 y funciona según un modo intrínsecamente discontinuo. El mismo comprende dos fases principales que se describen seguidamente en referencia a las Figuras 3 y 4:

- una fase diurna de regeneración (véase la Figura 3) en el transcurso de la cual el reactor 202 está en conexión con el condensador 207. Esta fase consiste en calentar el reactor 202 hasta una temperatura  $T_h$  denominada alta, gracias a la energía térmica solar incidente, permitiendo así descomponer la sal cargada  $S_2$  durante el día. El gas



refrigerante G liberado por esta reacción, se condensa primero en el condensador 207 a la temperatura ambiente  $T_o$  y después se acumula en el primer depósito 208 en forma líquida, preferiblemente condensado;

- una fase nocturna de producción de frío (véase la Figura 4) en el transcurso de la cual el reactor 202 está en conexión con el evaporador 212. Esta fase consiste en enfriar el reactor 202 hasta la temperatura ambiente  $T_o$ . El evaporador 212 es la sede de la reacción química que produce frío bombeando por una parte el calor hacia el medio que haya que refrigerar y desprendiendo por otra parte el gas refrigerante G. La sal S1 contenida en el reactor 202 reabsorbe entonces el gas G que proviene del evaporador 212 desprendiendo calor de reacción al medio ambiente a la temperatura ambiente  $T_o$ . El frío producido permite entonces la solidificación de un material de cambio de fase 213. A modo de ejemplos no limitativos, puede tratarse por ejemplo de producción de hielo o de solidificación de una parafina. El material de cambio de fase 213 permite así almacenar el frío producido en la noche para restituírle a demanda a lo largo de todo el día.

Se va a describir ahora en detalle el funcionamiento del citado dispositivo de producción autónoma de frío solar 200 en un ciclo diario.

- Al principio del día, el reactor 202 está a una temperatura próxima a la temperatura ambiente exterior  $T_o$  y se encuentra a una presión denominada baja  $P_b$  (punto S en la Figura 1). El mismo es conectado entonces al evaporador 212 (punto E en la Figura 1) produciendo frío a una temperatura denominada del frío  $T_f$  así como vapores que son absorbidos por el reactor 202. La presión en el reactor 202 es entonces ligeramente más baja que la del depósito 209 y del evaporador 212: la diferencia de presión es entonces ligeramente superior a la presión de la válvula 205. Al amanecer, el reactor 202 es progresivamente expuesto al sol y ve aumentar su temperatura: el mismo empieza entonces a desorber el gas refrigerante G por descomposición del reactivo. La presión en el reactor 202 se eleva entonces y la diferencia de presión entre el evaporador 212 y el reactor 202 se reduce. Cuando la diferencia de presión se hace inferior a la presión de apertura de la válvula de retención 205, ésta se cierra y no permite entonces la transferencia de estos vapores hacia el reactor 202. El cierre de la válvula de retención 205 permite aumentar más rápidamente la presión del reactor 202 (evolución del punto S hacia el punto D del reactor a lo largo de la recta de equilibrio de la Figura 1). El interés conferido por la válvula de retención 205 es permitir así mantener la temperatura fría del recinto que haya que refrigerar impidiendo que los vapores desorbidos por el reactor 202 bajo la acción de la exposición del reactor 202 al sol, puedan condensarse en el evaporador 212 y hacer aumentar su temperatura.

- Quando la presión del reactor 202 se hace ligeramente superior a la existente en el primer depósito 208 de líquido condensado a la temperatura ambiente  $T_o$ , la válvula 204 se abre a fin de enfriar y de condensar el gas desorbido que sale del reactor 202 a la temperatura  $T_h$  en el condensador 207. El gas condensado es almacenado entonces a lo largo del día a la temperatura ambiente diurna  $T_o$  en el primer depósito 208 (correspondiente al punto C en la Figura 1).

- Quando, al anochecer, la radiación solar no es suficiente, la temperatura existente en el interior del reactor 202 empieza a disminuir, induciendo entonces una disminución de presión interna del reactor 202. El diferencial de presión entre el reactor 202 y el condensador 207 disminuye y, más allá de un cierto umbral, se hace entonces inferior a la presión de apertura de la válvula 204. Esta última se cierra entonces y aísla entonces el reactor 202, impidiendo así reabsorber vapores contenidos en el primer depósito 208 a la temperatura ambiente  $T_o$ . El reactor 202 se enfría hasta la temperatura ambiente  $T_o$ , provocando también una disminución de su presión interna según su equilibrio termodinámico (correspondiente a una migración del punto D al punto S en la Figura 1).

- En función de los equilibrios y de los umbrales de las temperaturas de frío  $T_f$  producido y de la temperatura ambiente exterior  $T_o$ , se proponen y describen en los párrafos siguientes dos modos de realización para el enfriamiento del reactor 202.

- Al enfriarse el reactor 202, su presión se hace entonces igualmente inferior a la presión existente en el segundo depósito 209. Ventajosamente, éste puede ser aislado térmicamente del exterior a fin de mantener el refrigerante líquido 218, contenido en el depósito 209 a una temperatura inferior a la temperatura ambiente durante el día, evitando así que la temperatura del refrigerante contenido en el evaporador 212 aumente en el transcurso del día. Debido a esto, la presión existente en el segundo depósito 209 aislado térmicamente es más baja que la presión existente en el primer depósito no aislado 208. La disminución de presión permite entonces a la válvula 205, cuando se llega a una cierta diferencia de presión correspondiente al umbral de apertura de la válvula, abrirse permitiendo así al reactor 202 aspirar y absorber químicamente el gas que viene del segundo depósito 209.

- La presión disminuye entonces en el segundo depósito 209 y, cuando la diferencia de presión con el primer depósito de líquido condensado 208 es suficiente, por ejemplo del orden de algunos bares (típicamente de 1 bar a 10 bares), la válvula 206 se abre y alimenta el segundo depósito 209 de líquido a la temperatura nocturna  $T_o$ , hasta que todo el refrigerante líquido condensado contenido en el primer depósito 208 haya sido trasvasado al segundo depósito 209 a través de la válvula 206. Continuando el reactor 202 absorbiendo los vapores producidos por evaporación del líquido contenido en el segundo depósito 209, el líquido trasvasado se enfría entonces hasta que su temperatura sea inferior a la del refrigerante contenido en el evaporador 212 mantenido a temperatura superior por el PCM 213.

Se desencadena entonces de manera natural una circulación del refrigerante por termosifón, explotando la diferencia de densidad del líquido refrigerante, entre el evaporador 212 y el segundo depósito 209. El evaporador 212 es entonces alimentado por la parte inferior 218 de refrigerante líquido más denso que en su salida difásica 219. En efecto, el refrigerante que sale del evaporador 212 por la salida difásica 219 está compuesto a la vez de una fase líquida y de una fase gaseosa, lo que hace su densidad inferior a la del refrigerante exclusivamente líquido que entra en el evaporador 212. Los vapores producidos en el evaporador 212 son aspirados entonces hacia el segundo depósito 209 y absorbidos por el reactor 202 a través de la válvula 205. Se produce así el frío en el evaporador 212 a lo largo de toda la noche hasta la salida del sol cuando el reactor empieza a ser calentado; el frío producido durante la noche es almacenado en el material de cambio de fase 213 para ser facilitado según las necesidades frigoríficas durante el día.

5  
10 **Calentamiento solar del reactor**  
Para realizar un calentamiento eficaz, el intercambiador térmico 201 del reactor 202 debe presentar la superficie de absorción solar mayor posible. Según un modo de realización particular, la orientación óptima se obtiene alineando el intercambiador térmico 201 hacia la dirección normal al sol, es decir por ejemplo inclinado con respecto al suelo un ángulo correspondiente preferentemente a una latitud próxima a la latitud del lugar para una producción óptima de frío a lo largo de todo el año.

Se va a describir ahora dicho intercambiador térmico 201, dispuesto para explotar la radiación solar, en referencia especialmente a las Figuras 5a y 5b.

20 Para explotar la radiación solar de manera máxima, y según un modo de realización particular, el intercambiador térmico 201 está acoplado al reactor 202 y está constituido por un conjunto de elementos tubulares 501 que comprenden el material reactivo sólido 502. Los elementos tubulares 501 están repartidos - preferentemente de manera uniforme - en el interior de un cajón isotermo 503, y están conectados uno a otro por medios de conducción 504 - por ejemplo colectores, y puestos en conexión con el condensador 207 y/o el evaporador 212.

25 Según un modo particular de realización, los elementos tubulares 501 son recubiertos por un revestimiento absorbente solar 505, si es posible selectivo, en contacto íntimo con la pared de los elementos tubulares 501. El revestimiento absorbente solar 505 presenta una alta absorptividad solar y, ventajosamente, una baja emisividad infrarroja.

Una cubierta transparente a la radiación solar 506 que recubre la cara delantera del intercambiador térmico 201 expuesta al sol permite reducir las pérdidas térmicas por convección. Preferentemente, puede igualmente reducir las pérdidas por radiación y favorecer el efecto de invernadero, bloqueando la radiación infrarroja emitida por los reactores llevados a alta temperatura. En definitiva, se maximiza el rendimiento de captación solar.

30 Ventajosamente, en la cara trasera del intercambiador térmico 201 se puede implementar un aislamiento térmico 507 - utilizando por ejemplo lana de roca o de vidrio -, a fin de reducir las pérdidas térmicas por conducción y/o convección hacia el medio ambiente exterior.

#### Enfriamiento nocturno del reactor

35 El enfriamiento nocturno del reactor 202 puede ser realizado según dos modos de realización descritos en lo que sigue y cuya elección depende del reactivo sólido 502 utilizado en el reactor 202, de la temperatura del frío  $T_f$  que haya que producir y de la temperatura ambiente nocturna  $T_o$ :

40 - el primer modo de realización para el enfriamiento del reactor consiste en una circulación natural de aire en el citado reactor 202, por enfriamiento externo de los elementos tubulares 501. Este primer modo de realización puede ser puesto en práctica cuando el reactivo sólido 502 permite obtener una diferencia de temperatura operativa suficientemente elevada (típicamente superior a 20°C) entre la temperatura nocturna del aire exterior  $T_o$  y la temperatura de equilibrio de la reacción a la presión impuesta por la evaporación del refrigerante a  $T_f$  en el evaporador;

- el segundo modo de realización para el enfriamiento del reactor 202 consiste en un caloducto en bucle que funciona como termosifón; éste se elige cuando no se puede poner en práctica el enfriamiento por circulación natural de aire.

45 Cada uno de estos dos modos de realización, así como todas las variantes que les componen, son compatibles con uno cualquiera de los modos de realización de la invención ya presentados o presentados en los párrafos que siguen.

#### Primer modo de realización: enfriamiento del reactor por convección natural

Las Figuras 5a y 5b ilustran respectivamente un esquema de perfil y de frente de un reactor 202 que comprende el intercambiador térmico 201 del dispositivo 200 según la invención y según este primer modo de realización de un enfriamiento nocturno del citado reactor 202 asegurado por convección natural del aire.

50 Este enfriamiento utiliza así la circulación de aire generada por efecto chimenea en el reactor 202 gracias a la apertura de las trampillas de aireación situadas en la parte superior 509 e inferior 508 del reactor 202.

Ventajosamente, para mejorar los intercambios térmicos y la evacuación del calor, los elementos tubulares 501 están provistos de aletas 510, por ejemplo circulares, cuya base está en contacto térmico íntimo con la pared de los elementos tubulares 501 de reactor 202.

5 Ventajosamente, su disposición puede ser horizontal a fin de mejorar el coeficiente de convección térmica al favorecer un flujo del aire de manera sensiblemente perpendicular a la dirección de los elementos tubulares 501 en el reactor 202.

Finamente, para absorber más eficazmente la radiación solar, las aletas 510 pueden ser recubiertas de un revestimiento absorbente solar de manera comparable al que puede recubrir los elementos tubulares 501.

10 En este primer modo de realización para el enfriamiento del reactor 202, el condensador del gas reactivo 207, puede ser de tipo intercambiador con tubos de aletas y colocado en la parte trasera del reactor 202. Éste se enfría entonces durante el día por convección natural del aire sobre los elementos tubulares con aletas.

Cada trampilla de aireación 508, 509 comprende una placa 511 dispuesta para asegurar una estanqueidad al aire en el marco del reactor 202 durante el día, y un eje de rotación accionado especialmente al comienzo del día para cerrar la citada trampilla 508, 509 y a la caída de la noche para abrir la citada trampilla 508, 509.

15 Según una variante ventajosa, la trampilla de aireación 508, 509 puede comprender además un medio de accionamiento 600 dispuesto para ponerla en rotación por medio de diversos dispositivos, mandados por ejemplo en función de la detección del comienzo o de la finalización del día, de una elevación de temperatura (dispositivo termostático) o de un umbral de irradiación solar.

20 En los párrafos que siguen se proponen y describen diferentes variantes de estos medios de accionamiento 600. Éstas son todas compatibles con uno cualquiera de los modos de realización de la invención ya presentados o siguientes.

Primera variante de accionamiento de la trampilla de aireación

25 El accionamiento de la trampilla de aireación 508, 509 puede ser realizado con la ayuda de un motor eléctrico de baja potencia que, según una variante ventajosa, es alimentado por una batería eléctrica recargada por un sensor fotovoltaico. Típicamente, las necesidades de potencia son suficientemente bajas y puntuales para que la superficie del citado sensor fotovoltaico sea inferior al metro cuadrado.

Segunda variante de accionamiento de la trampilla de aireación

30 El accionamiento de la trampilla de aireación 508, 509 puede ser realizado también con la ayuda de un dispositivo de piñón/cremallera que puede ser accionado por ejemplo por un gato giratorio  $\frac{1}{4}$  de vuelta de doble efecto de aire comprimido. El gato giratorio está unido entonces a una reserva de aire comprimido (típicamente a 6 bares) a través del distribuidor neumático monoestable 5/3 o 4/3 que es accionado en una corta duración (mando por impulsos de una decena de segundos) en función de la irradiación solar. Se manda el cierre de la trampilla de aireación cuando la irradiación es superior a un primer umbral (obtenido en la proximidad del instante de la salida del sol) y se manda la apertura de la trampilla cuando la irradiación es inferior a un segundo umbral (obtenido en la proximidad del instante de la puesta del sol). Ventajosamente, el primer umbral de cierre puede ser superior al segundo umbral de apertura de las citadas trampillas.

35 de las citadas trampillas.

La reserva de aire comprimido puede ser a su vez recargada periódicamente por un compresor de aire alimentado por paneles fotovoltaicos.

Tercera variante de accionamiento de la trampilla de aireación

40 El accionamiento de la trampilla de aireación 508, 509 puede ser realizado también con la ayuda del dispositivo 600 descrito en la Figura 6. Se trata de un dispositivo de piñón/cremallera 602/601 accionado por un gato lineal hidráulico 605 de simple efecto y mandado finalmente por un bulbo termostático 611 en contacto térmico con una placa absorbente 612 expuesta al sol.

45 El bulbo termostático 611 contiene un fluido 613 sensible a las variaciones de temperatura. De modo más particular, el fluido 613 es apto para vaporizarse en un intervalo de temperatura comprendido preferentemente entre  $T_o$  y  $T_h$  y que corresponde a un intervalo de presión compatible con la apertura y el cierre de la trampilla de aireación 508, 509 a la que manda. La vaporización del fluido 613 permite presurizar el líquido hidráulico 606 contenido en el gato lineal hidráulico 605 gracias a un acumulador 608 que contiene una vejiga deformable 609, que colabora con el bulbo termostático 611 y deformada por el fluido 613.

50 El líquido hidráulico 606 así presurizado permite desplazar a la vez el pistón 604 del gato 605 y la cremallera 601, poniendo así en rotación el eje 620 de la trampilla de aireación 508, 509 gracias al piñón de accionamiento 602.

Un muelle de sollicitación 603 permite impulsar el líquido hidráulico 606 hacia el acumulador 608 cuando la presión en el bulbo termostático 611 disminuye a consecuencia de una menor exposición de la placa absorbente solar 608.

La cantidad de fluido 613 contenido en el bulbo termostático 611 se define en función, por una parte, del volumen de la vejiga 609 que presuriza el líquido hidráulico 606 del gato 605 y, por otra, de la presión máxima que haya que alcanzar para accionar la trampilla de aireación 508, 509 y que debe también corresponder a una temperatura  $T_i$  intermedia situada entre  $T_o$  y  $T_h$  y para la cual ya no hay fluido 613 que vaporizar.

- 5 El dispositivo según este modo de realización particular es totalmente pasivo, autónomo y autocontrolado por la intensidad de la radiación solar.

Segundo modo de realización: enfriamiento del reactor por caloducto en bucle

10 En este modo de realización, el enfriamiento del reactor 202 durante la noche y/o el enfriamiento del condensador del refrigerante durante el día son realizados por un caloducto en bucle. Es así posible transferir calor evaporando, por una parte, un fluido de trabajo que haya absorbido el calor desprendido por el reactor 202 durante la fase nocturna de producción de frío o por el condensador 207 durante la fase diurna de regeneración del reactor 202 y, por otra, condensando el citado fluido de trabajo, liberando así el calor precedentemente absorbido directamente hacia el aire exterior a través del condensador de caloducto en bucle 702.

15 Durante la noche, un evaporador de caloducto en bucle 701, integrado en los elementos tubulares 501, es alimentado de fluido de trabajo líquido y así enfría el reactor 202 por evaporación del fluido de trabajo líquido. Los vapores así producidos se condensan a la temperatura ambiente nocturna en un condensador de caloducto en bucle 702. El fluido de trabajo así licuado fluye por gravedad en el depósito 705 gracias a la puesta en comunicación a través de la tubería 707 entre el citado depósito 705 y la entrada del condensador de caloducto 702.

20 Durante el día, el evaporador de caloducto en bucle 701 integrado en el reactor 202 está inactivo gracias al cierre de dos válvulas 703, 704 colocadas entre el evaporador 701 y el condensador 702 de caloducto en bucle. La primera, 703, permite controlar el caudal del fluido de trabajo a través de una unión líquida situada en la parte inferior; mientras que la segunda 704, permite controlar el caudal del fluido de trabajo a través de una unión gas situada en la parte superior.

25 Así, cuando el reactor 202 es calentado por el sol durante la fase de regeneración, la presión en el evaporador de caloducto en bucle 701, así aislado, se eleva y provoca el vaciado del evaporador 701 de fluido de trabajo en forma líquida y por la parte inferior: éste es entonces almacenado en un depósito de fluido de trabajo 705 gracias a una línea de purga 709. De manera preferente, el depósito de fluido de trabajo 705 está dispuesto para almacenar el fluido de trabajo líquido durante la purga del evaporador integrado en el reactor. El reactor 202 queda así dispuesto para aumentar la temperatura y realizar su regeneración durante el día.

30 En referencia a las Figuras 7 y 9, el caloducto en bucle de enfriamiento del reactor 202 comprende así:

- un evaporador de caloducto en bucle 701 que comprende preferentemente un tubo 701 dispuesto en el interior de los elementos tubulares 501 del reactor 202 y ventajosamente en contacto térmico íntimo con el material reactivo sólido 502. Los elementos tubulares 501 de un reactor 202, inclinados verticalmente, comprenden cada uno un tubo evaporador 701 unido por colectores en partes superior e inferior;
- 35 - un condensador 702 de fluido de caloducto en bucle, que comprende preferentemente un conjunto de tubos con aletas unidos entre sí por colectores-distribuidores, y que intercambian directamente con el aire ambiente exterior. Estos tubos con aletas están dispuestos preferentemente horizontalmente en la parte trasera del reactor 202, ventajosamente con una ligera inclinación que permita el flujo del fluido de trabajo condensado hacia un depósito de fluido de trabajo líquido y condensado 705,
- 40 - un depósito de fluido de trabajo líquido y condensado 705 cuya posición permite ventajosamente un llenado correcto de fluido de trabajo en los tubos-evaporadores 701 de caloducto en bucle. Según un modo de realización particular, el fluido de trabajo se mantiene preferentemente en un nivel mínimo de fluido de trabajo líquido en los tubos-evaporadores 701 comprendido entre un tercio y tres cuartos de la altura del tubo 701. Según otro modo de realización, el depósito de fluido de trabajo líquido 705 comprende además el condensador 207 para condensar el gas reactivo liberado durante el día por el reactor 202 calentado por el sol. El depósito de fluido de trabajo 705 desempeña así la función de evaporador durante el día. Los vapores del fluido de trabajo producidos por la condensación de gas reactivo, son encaminados entonces al condensador 702 a través del conducto 707;
- 45 - un dispositivo de regulación del flujo de fluido de trabajo en el caloducto en bucle, activado de manera pasiva al principio y final del día y que comprende:
  - 50 - una válvula 704 entre la salida líquida 708 del depósito de fluido de trabajo 705 y la entrada líquida en la parte inferior de los tubos evaporadores 701, permitiendo así alimentarles de fluido de trabajo a lo largo de toda la noche e impidiendo su llenado durante el día;
  - una válvula 703 colocada en el conducto de vapor del caloducto en bucle, entre la salida de vapor del evaporador 701 – en parte superior – y la entrada de vapor del condensador 702, permitiendo así bloquear, al principio del día, el paso del vapor formado en los tubos-evaporadores 701 y provocar una elevación de su presión.
  - 55

Esta elevación de presión, permite expulsar de modo más eficaz el fluido de trabajo contenido en los tubos-evaporadores 701 y vaciarles por intermedio de un conducto de purga 709 que desemboca en el cielo gaseoso del depósito 705. Esto permite entonces una subida en temperatura más rápida de los reactores 202 al principio del día y por tanto un calentamiento más eficaz de los citados reactores 202.

- 5 - una válvula 710 para la puesta en operación del caloducto en bucle (puesta en vacío y/o llenado de fluido de trabajo).

Según un modo de realización particular, las válvulas de vapor 703 y líquido 704 se cierran al principio del día y se abren al principio de la noche de manera autónoma gracias a la acción de un medio de mando autónomo cuyo funcionamiento se describe en referencia a las Figuras 8a y 8b.

- 10 El medio de mando autónomo de las válvulas 703 y 704 consiste en un bulbo termostático 801, calentado durante el día y enfriado durante la noche por una placa absorbente 802 que presenta a la vez una alta absorptividad solar, una alta emisividad infrarroja y una baja masa térmica. La placa absorbente 802 está preferentemente expuesta hacia la bóveda celeste para explotar a la vez el calentamiento por radiación solar durante el día y el enfriamiento radiativo durante la noche. El bulbo termostático 801 contiene un fluido que está dispuesto para, bajo la acción de la radiación solar, aumentar la presión en un fuelle 803, y desplazar una punta 804 sobre el asiento del orificio de la válvula 703 o 704, obturando así el paso del fluido de trabajo. Cuando la presión disminuye en el bulo termostático 801, por enfriamiento radiativo al principio de la noche, el fuelle 803 disminuye de volumen bajo la acción de un muelle 805 cuya rigidez puede ser regulada por un tornillo de regulación 806. La punta 804 solidaria del fuelle 803 se despega del asiento de la válvula 703 o 704 y permite entonces el paso del fluido de trabajo del caloducto en bucle.

- 20 Modo de realización alternativo del dispositivo según la invención: un diseño modular

Según una variante particular de la invención, compatible con uno cualquiera de los modos de realización presentados en los párrafos precedentes, y con el fin de facilitar la puesta en práctica y la instalación del dispositivo según la invención, se propone un diseño modular del dispositivo según la invención.

- 25 En referencia a las Figuras 10, 11 y 12, tal dispositivo modular comprende al menos dos conjuntos fácilmente conectables.

- un primer conjunto 1001 compuesto de varios módulos reactores 202, 201 tales como los descritos precedentemente y que comprenden cada uno los elementos tubulares 501 expuestos al sol, el condensador 207 – preferentemente de tipo amoniaco – y el primer depósito 208 cuyo volumen corresponde a la capacidad del módulo, el dispositivo de enfriamiento de los elementos tubulares 501 y del condensador 702, así como los medios que permiten controlar los flujos de gas reactivo en el transcurso del día (válvulas 703, 704, 204, 205, dispositivos solares de mando de las trampillas de aireación y/o del caloducto en bucle 706),

- un segundo conjunto 1002 que integra los elementos necesarios para la producción de frío:

- una cámara fría 215 que comprende un aislamiento térmico,
- 35 - un depósito 209 de refrigerante líquido cuyo volumen corresponde preferentemente a las necesidades frigoríficas diarias de la cámara fría 215. Este depósito comprende un aislamiento térmico 210 para limitar las aportaciones térmicas durante la fase nocturna de producción de frío, y conexiones líquida 1003 y vapor 1005 que comprenden válvulas de conexión 1004 con el evaporador 212 colocado en el interior de la cámara fría 215. Conexiones 1006 y 1007 con válvulas 206 y 205 garantizan la conexión con el primer conjunto 1001;

- 40 - un evaporador 212, preferentemente de tipo sumergido, y ventajosamente alimentado de refrigerante por termosifón desde el segundo depósito de refrigerante líquido 209 colocado por encima. El evaporador 212 está constituido de tubos inclinados verticalmente y alimentados de refrigerante en su parte inferior por un colector 1008. Los vapores producidos son recogidos por un segundo colector 1009 colocado en una posición más alta que el colector 1008, de tal modo que los vapores producidos permiten un accionamiento y una circulación natural del refrigerante en el evaporador 212;

- 45 - un material de cambio de fase 213 que permite almacenar el frío producido y restituirle a demanda en el transcurso del día siguiente;

- una conexión provista de una válvula de aislamiento estanco 1010 que permite realizar la puesta en operación del dispositivo completo (puesta al vacío y llenado de gas reactivo).

- 50 La modularidad de tal dispositivo permite conectar una pluralidad de primeros elementos 1001 al menos a un segundo elemento 1002.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Dispositivo de producción autónoma de frío a partir de una fuente térmica solar (200) de baja temperatura comprendida entre 50°C y 130°C, siendo producido el citado frío con una diferencia de temperatura inferior de 5°C a 40°C con respecto a la temperatura ambiente y poniendo en práctica el citado dispositivo un procedimiento de sorción termoquímica de un refrigerante por un reactivo sólido, comprendiendo el citado dispositivo:
- un reactor (202) dispuesto para contener el reactivo sólido (502) y que comprende al menos un intercambiador térmico (201) para enfriar y/o calentar el citado reactor (202),
  - un condensador (207) apto para licuar el refrigerante gaseoso que viene del reactor (202),
  - 10 - un primer depósito (208) para almacenar a temperatura ambiente el refrigerante líquido (217) producido por el condensador (207),
  - un recinto (215) dispuesto para almacenar un material de cambio de fase (213) y que además comprende un evaporador (212) en contacto directo con el citado material de cambio de fase (213) y apto para evaporar el refrigerante líquido (217),
  - al menos un medio de conducción del refrigerante (203, 211, 214, 216, 504), y
  - 15 - al menos un medio de control del caudal del refrigerante (204-206) que actúa sobre los medios de conducción (203, 211, 214, 216, 504), caracterizado por que el citado dispositivo comprende además:
    - un segundo depósito (209) para almacenar el refrigerante líquido (217) a una temperatura inferior a la temperatura ambiente, unido por una parte al depósito (208) y por otra al evaporador (212) y al reactor (202),
    - estando dispuesto el citado al menos un medio de conducción del refrigerante (203, 211, 214, 216, 504)
    - 20 para hacer circular el citado refrigerante en forma líquida o gaseosa entre el reactor (202), el primer depósito (208), el segundo depósito (209) y el evaporador (212),
    - estando el citado al menos un medio de control (204-206) dispuesto para regular el caudal del refrigerante de manera autónoma en función de las presiones existentes en el reactor (202), los primero y segundo depósitos (208, 209), el condensador (207) y el evaporador (212).
- 25 2. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que el recinto (215) y/o el segundo depósito (209) están aislados térmicamente.
3. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que el evaporador (212) es alimentado de refrigerante líquido (217) desde el segundo depósito (209) por diferencia de densidad del citado refrigerante entre la entrada (218) y la salida (219) de dicho evaporador (212).
- 30 4. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el reactor (202) comprende además un cajón isoterma (503) dispuesto para contener el intercambiador térmico (201) y/o el reactor (202) y apto para reducir las pérdidas térmicas del citado reactor (202).
5. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el reactor (202) está constituido de una pluralidad de elementos tubulares (501) que comprenden el reactivo sólido (502) y unidos entre sí
- 35 por los citados medios de conducción del refrigerante (203, 211, 214, 216, 504).
6. Dispositivo (200) según la reivindicación 5, caracterizado por que la pluralidad de elementos tubulares (501) está revestida de un revestimiento absorbente solar (505) para mejorar el rendimiento térmico de la pluralidad de elementos tubulares (501), estando el citado revestimiento en contacto íntimo con la pared de la pluralidad de elementos tubulares (501).
- 40 7. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que el revestimiento absorbente solar (505) presenta una baja emisividad infrarroja.
8. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que el reactor (202) comprende además al menos un elemento de cubierta (506) transparente a la radiación solar dispuesto para reducir las pérdidas térmicas y maximizar el rendimiento de captación solar, extendiéndose el citado a menos un elemento de
- 45 cubierta (506) más allá de la cara del reactor (202) expuesta al sol.
9. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado por que al menos una de las caras no expuestas al sol del reactor (202) está aislada térmicamente para reducir las pérdidas térmicas.
10. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, caracterizado por que el reactor (202) comprende además medios de motorización a fin de orientar la pluralidad de elementos tubulares (501) del reactor

(202) según un plano sensiblemente perpendicular a la dirección del sol y presentar así una superficie de absorción solar máxima.

11. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que el enfriamiento nocturno del reactor (202) está asegurado por circulación natural del aire en el reactor (202).
- 5 12. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que el reactor (202) comprende además al menos una trampilla de aireación (508, 509) de la pluralidad de elementos tubulares (501), estando situada la citada al menos una trampilla (508, 509) en parte superior y/o parte inferior del citado reactor (202).
13. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que al menos una trampilla de aireación (508, 509) está dispuesta para asegurar la estanqueidad del reactor (202) cuando la misma está en posición cerrada.
- 10 14. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 12 o 13, caracterizado por que la al menos una trampilla de aireación (508, 509) comprende además un medio de accionamiento para asegurar su apertura y/o su cierre.
15. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que el medio de accionamiento consiste en un motor eléctrico de baja potencia.
- 15 16. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que el motor eléctrico es alimentado por un dispositivo de producción y/o de almacenamiento de energía eléctrica.
17. Dispositivo (200) según la reivindicación 14, caracterizado por que el medio de accionamiento consiste en un dispositivo de piñones (602) y cremallera (601) accionado por un gato giratorio de aire comprimido unido a una reserva de aire comprimido.
- 20 18. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que la reserva de aire comprimido es recargada por un compresor de aire alimentado por paneles fotovoltaicos.
19. Dispositivo (200) según la reivindicación 14, caracterizado por que el medio de accionamiento consiste en un dispositivo de piñones (602) y cremallera (601) accionado por un gato lineal hidráulico (605) de simple efecto mandado por un bulbo termostático (611) en contacto térmico con una placa absorbente (612) expuesta al sol.
- 25 20. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 19, caracterizado por que la pluralidad de elementos tubulares (501) comprende además una pluralidad de aletas (510) circulares cuya base está en contacto térmico íntimo con la pared de los elementos tubulares (501) a fin de favorecer los intercambios térmicos.
21. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que la pluralidad de atletas (510) está recubierta de un revestimiento absorbente solar para favorecer los intercambios térmicos.
- 30 22. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 21, caracterizado por que la pluralidad de elementos tubulares (501) están dispuestos horizontalmente a fin de mejorar el flujo de aire alrededor de los citados elementos tubulares (501).
23. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 22, caracterizado por que el condensador (207) es de tipo intercambiador de tubos con aletas y se enfría, por el día, por convección natural del aire alrededor de los citados tubos con aletas (510).
- 35 24. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, caracterizado por que el enfriamiento nocturno del reactor (202) está asegurado por un caloducto en bucle que funciona como termosifón y que comprende:
- un fluido de trabajo apto para realizar un trabajo termodinámico, propagándose el citado fluido de trabajo en el caloducto en bucle por medio de al menos un medio de conducción (707, 708),
  - 40 - un evaporador (701), denominado de caloducto en bucle, que coopera con la pluralidad de elementos tubulares (501) del reactor (202) y dispuesto para evaporar el fluido de trabajo y absorber el calor desprendido por el reactor (202),
  - un condensador (702), denominado de caloducto en bucle, que coopera con el evaporador (212) y el reactor (202), estando dispuesto el citado condensador (702) para licuar el fluido de trabajo y realizar una transferencia térmica con el aire exterior,
  - 45 - un depósito de fluido de trabajo (705) dispuesto para almacenar el citado fluido de trabajo líquido y permitir el llenado óptimo del al menos un elemento tubular (501) del reactor (202) en fluido de trabajo,
  - un dispositivo pasivo y autónomo de control del caudal del fluido de trabajo en el caloducto en bucle que comprende:

- un primer medio de control, del caudal del fluido de trabajo (703), situado entre el depósito de fluido de trabajo (705) y la parte inferior del al menos un medio de conducción del fluido de trabajo (707, 708), estando dispuesto el citado primer medio de control para controlar la alimentación de fluido de trabajo líquido del al menos un medio de conducción del fluido de trabajo (707, 708),
- 5
- un segundo medio de control del caudal del fluido de trabajo (704), situado entre la salida del evaporador (701) de caloducto en bucle y el condensador (702) de caloducto en bucle, dispuesto para controlar el paso del fluido de trabajo gaseoso en el al menos un medio de conducción del fluido de trabajo.
25. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que el mismo comprende además una válvula de puesta en operación del caloducto en bucle (710), dispuesta para llenar el citado caloducto en bucle de fluido de trabajo y/o purgarle
- 10
26. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 24 o 25, caracterizado por que el evaporador (701) de caloducto en bucle comprende al menos un medio de conducción del fluido de trabajo dispuesto en el interior de una pluralidad de elementos tubulares (501) del reactor (202) y en contacto térmico íntimo con el reactivo sólido (502), estando los citados al menos un medio de conducción del fluido de trabajo asociados a cada elemento tubular (501) unidos entre sí por colectores en partes superior e inferior.
- 15
27. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 26, caracterizado por que el condensador (702) de caloducto en bucle, está compuesto de al menos un tubo con aletas (510) y unidos entre sí por medios de conducción del fluido de trabajo (707, 708).
- 20
28. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que los al menos un tubo con aletas del condensador (702) de caloducto en bucle están dispuestos de manera sensiblemente horizontal en la parte trasera del reactor (202), con una ligera inclinación para permitir el flujo por gravedad del fluido de trabajo licuado hacia el depósito de fluido de trabajo (705).
29. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 28, caracterizado por que el depósito de fluido de trabajo (705) está dispuesto para mantener un nivel mínimo de fluido de trabajo en los medios de conducción del citado fluido de trabajo (707, 708) comprendido entre un tercio y tres cuartos de la altura de un elemento (501) del reactor (202).
- 25
30. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 29, caracterizado por que el depósito de fluido de trabajo (705) está dispuesto para evaporar el fluido de trabajo y comprende además el condensador (207) de refrigerante dispuesto para licuar el citado refrigerante.
- 30
31. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 30, caracterizado por que el dispositivo de control del caudal del fluido de trabajo en el caloducto en bucle comprende además al menos un medio de mando autónomo (706), dispuesto para respectivamente abrir y cerrar los primero (703) y segundo (704) medios de control del caudal de fluido de trabajo.
- 35
32. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que el al menos un medio de mando autónomo de los primero (703) y segundo (704) medios de control del caudal del fluido de trabajo comprende:
- una placa absorbente (802) apta para absorber la radiación solar y para emitir en infrarrojo, estando dispuesta la citada placa absorbente (802) para calentar gracias a la radiación solar diurna y enfriar durante la noche,
  - un bulbo termostático (801) en contacto térmico con la placa absorbente (802), que comprende un fluido apto para dilatarse bajo el efecto de una variación de temperatura,
- 40
- un elemento de conexión (804) que coopera por una parte con el bulbo termostático (801) y por otra con el primero (703) y/o el segundo (704) medio de control del caudal de fluido de trabajo, estando dispuesto el citado elemento de conexión (804) para abrir o cerrar el citado medio de control del caudal del fluido de trabajo (703, 704).
33. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 32, caracterizado por que el mismo consiste en una arquitectura modular compuesta:
- 45
- de una pluralidad de primeros conjuntos (1001) que comprenden cada uno:
    - el reactor (202) constituido de una pluralidad de elementos tubulares (501) y que comprende el intercambiador térmico (201),
    - el condensador (207) apto para licuar el refrigerante,
- 50
- el depósito (208) para almacenar el refrigerante a temperatura ambiente y cuyo volumen corresponde al volumen de la pluralidad de elementos tubulares de un primer conjunto (1001),
  - medios de control del caudal de refrigerante (204, 205),



- de un segundo conjunto (1002) que comprende:
    - el recinto (215) dispuesto para almacenar un material de cambio de fase (213) y que comprende un aislamientotérmico,
    - el segundo depósito (209) para almacenar el refrigerante líquido (217) a una temperatura inferior a la temperatura ambiente y que comprende un aislamiento térmico,
    - el evaporar (212) para evaporar el refrigerante, situado en el interior del recinto (215) y que coopera con el segundo depósito (209),
    - primeros medios de control del caudal del refrigerante (1003, 1004) entre el evaporador (212) y el segundo depósito (209),
    - segundos medios de control del caudal del refrigerante para asegurar la conexión entre el segundo conjunto (1002) y la pluralidad de primeros conjuntos (1001).
34. Dispositivo (200) según la reivindicación precedente, caracterizado por que el evaporador (212) es de tipo sumergido y comprende al menos un elemento tubular dispuesto para hacer circular el refrigerante por termosifón con el segundo depósito (209).
35. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 33 o 34, caracterizado por que el segundo conjunto (1002) comprende una válvula de aislamiento estanca (1010), dispuesta para llenar el dispositivo (200) de fluido refrigerante y/o para purgarle.
36. Dispositivo (200) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el refrigerante es amoníaco.
37. Utilización del dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones para producir frío.
38. Utilización del dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 36 para producir agua, caracterizado por que la producción de agua es realizada por condensación del vapor de agua contenido en el aire sobre una pared mantenida fría por el dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 36.

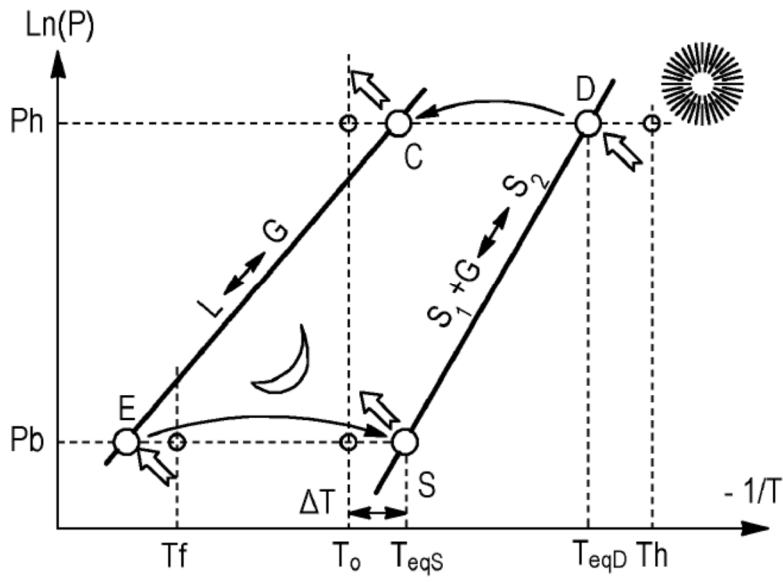


FIG. 1

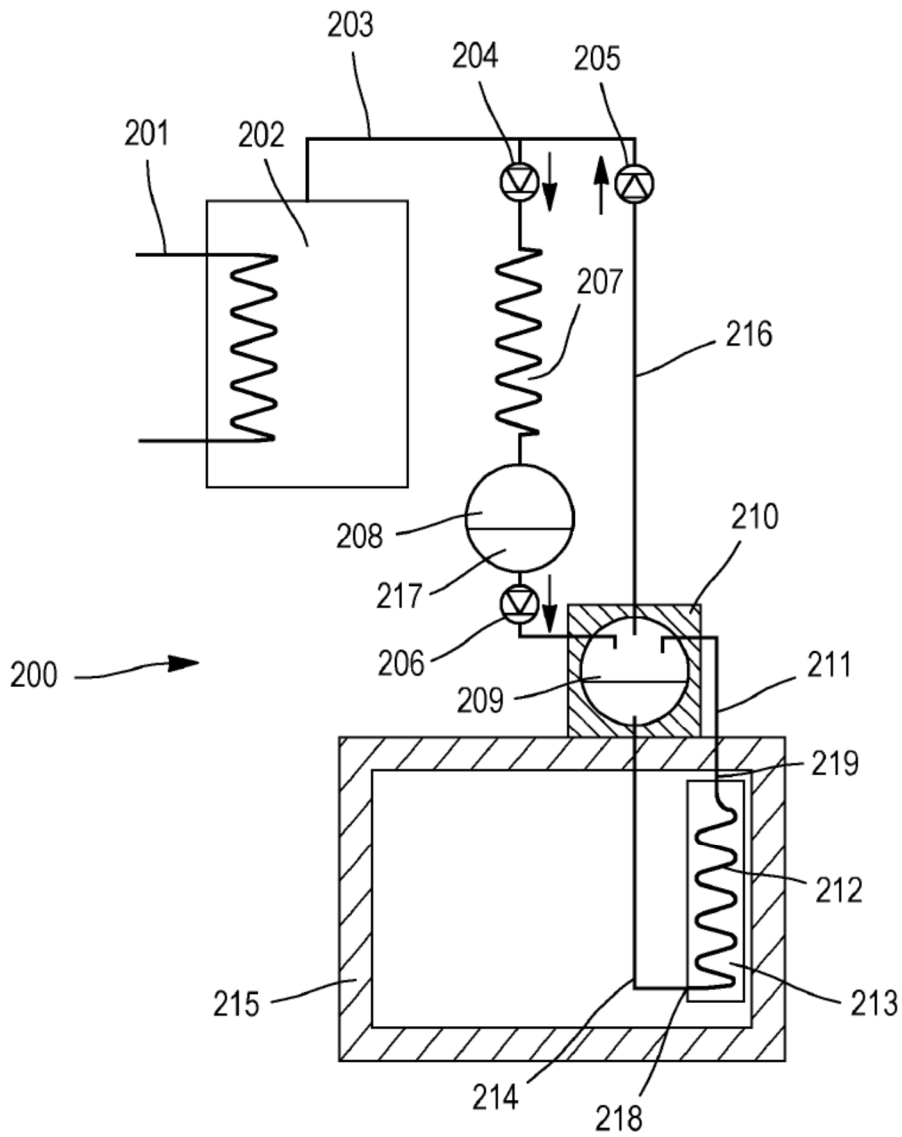


FIG. 2

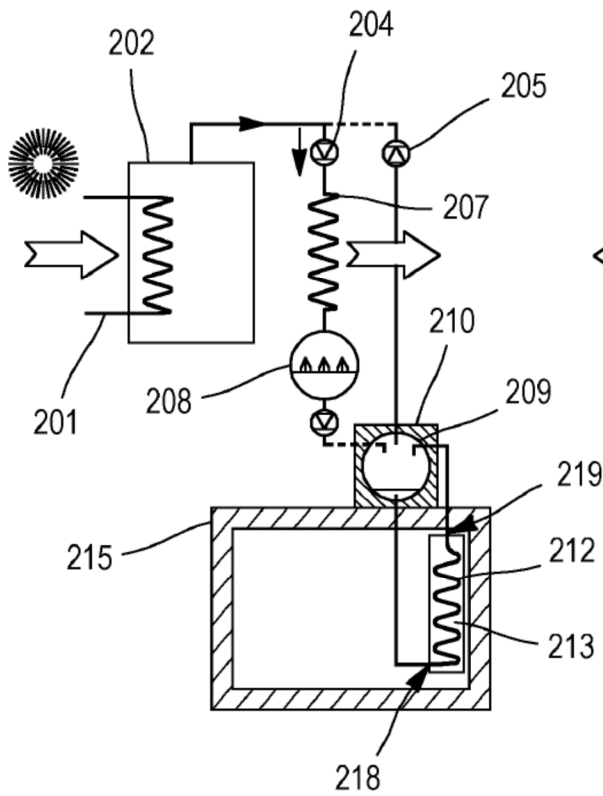


FIG. 3

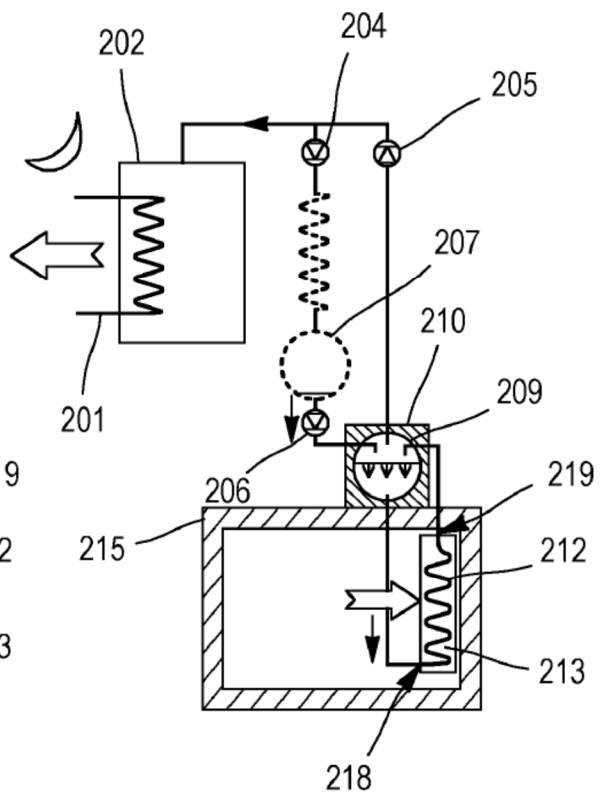


FIG. 4

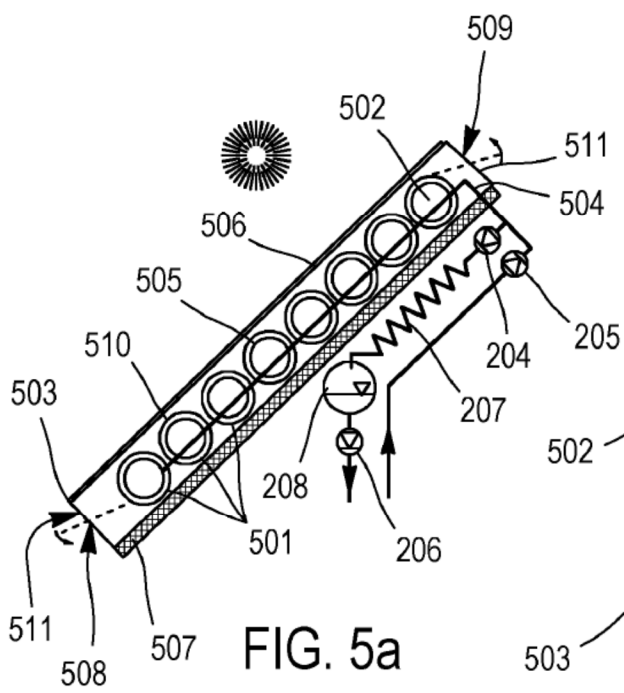


FIG. 5a

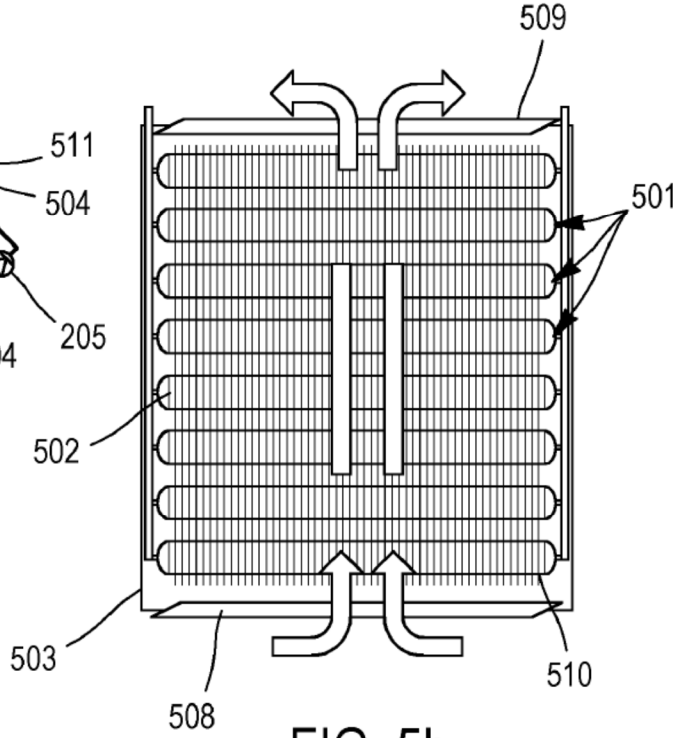


FIG. 5b

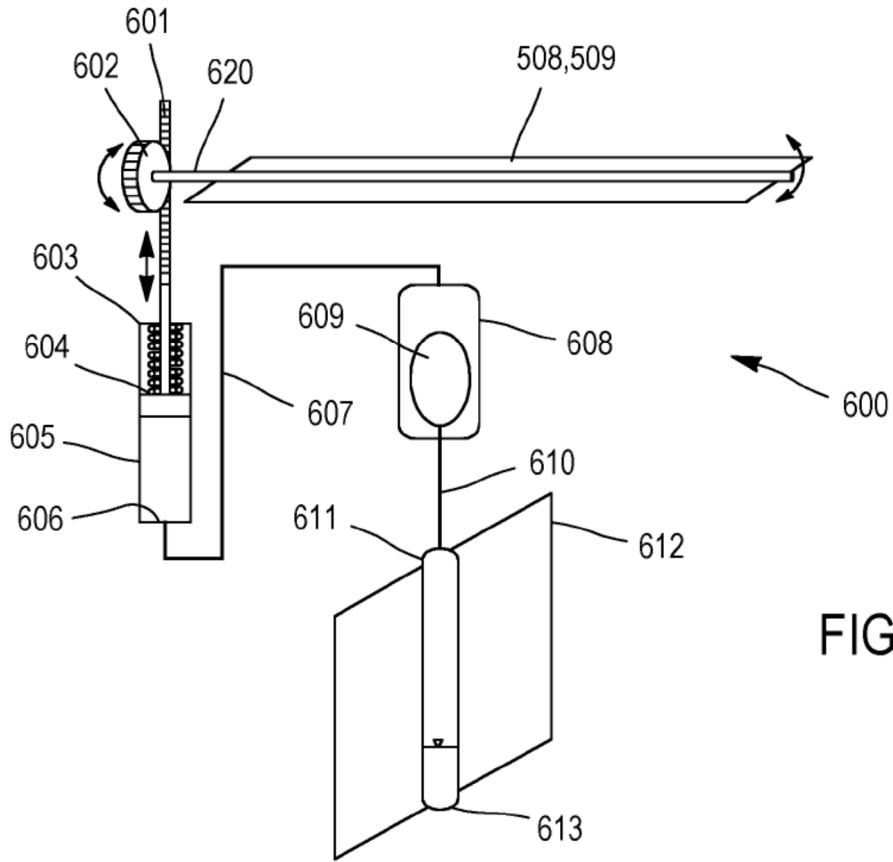


FIG. 6

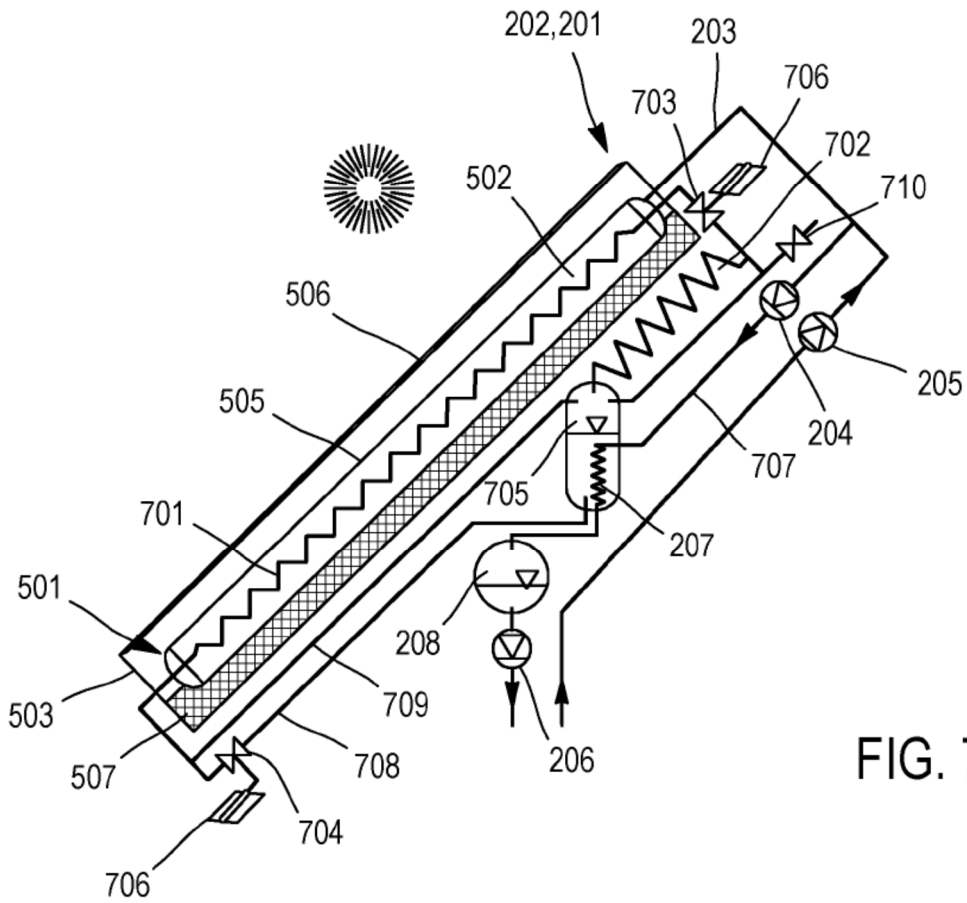
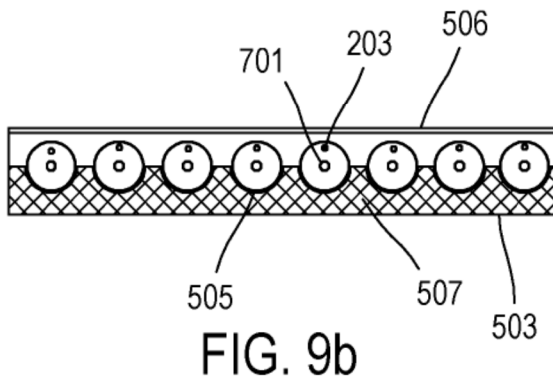
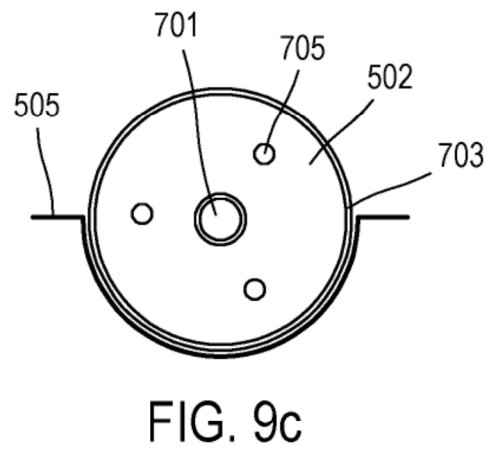
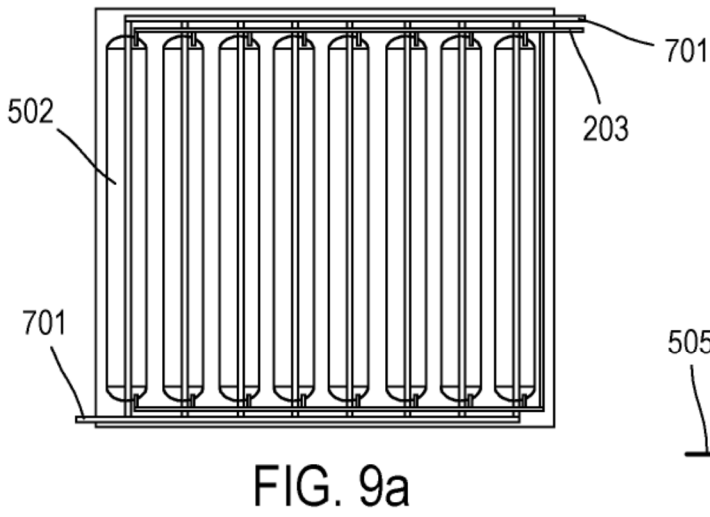
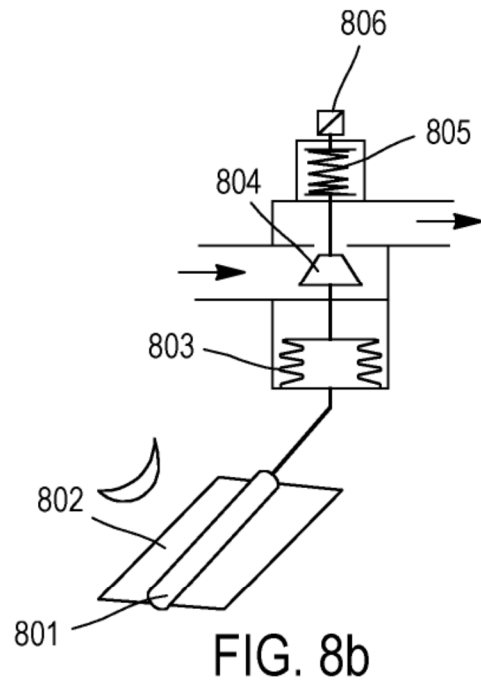
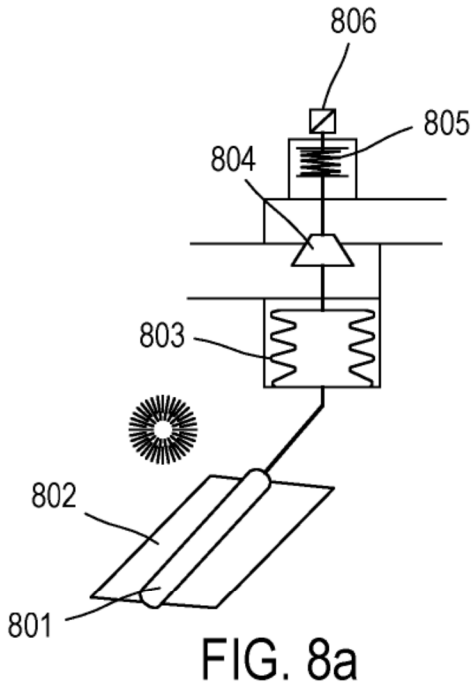


FIG. 7



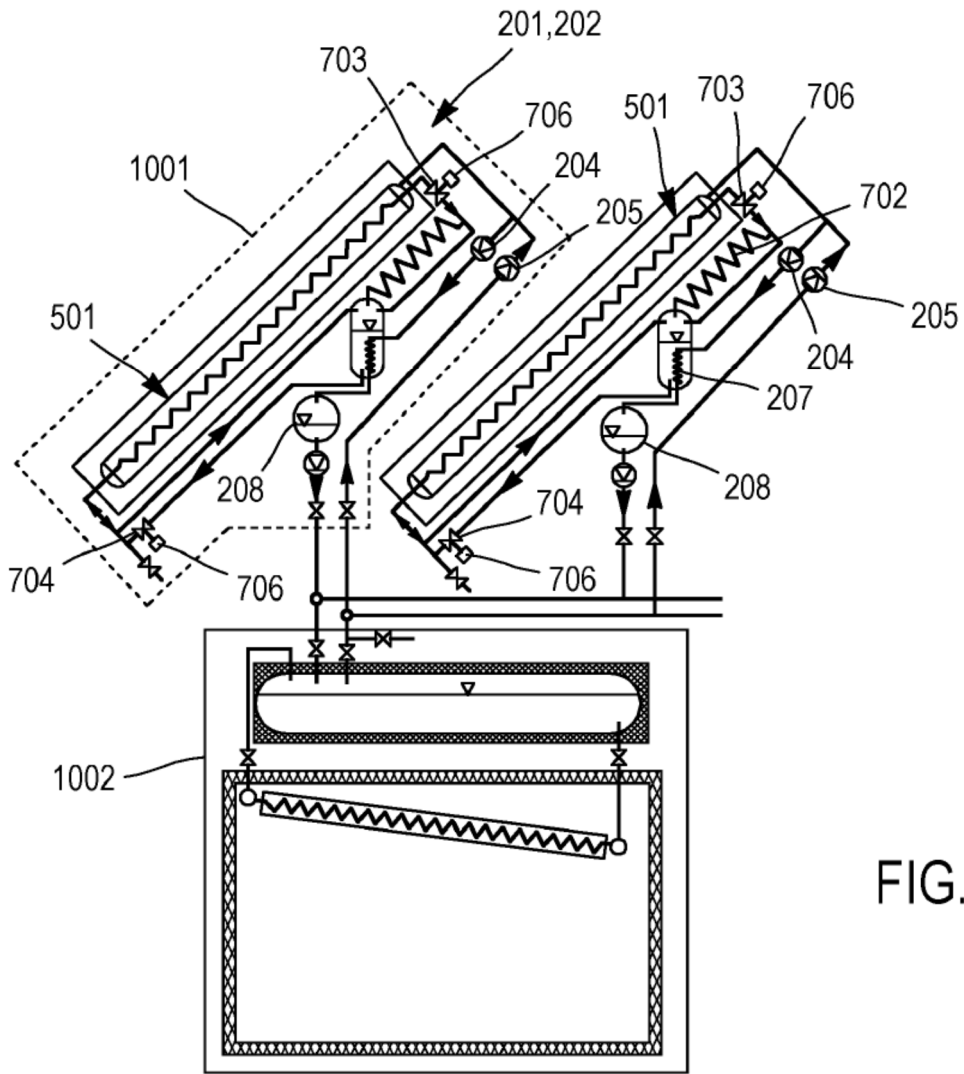


FIG. 10

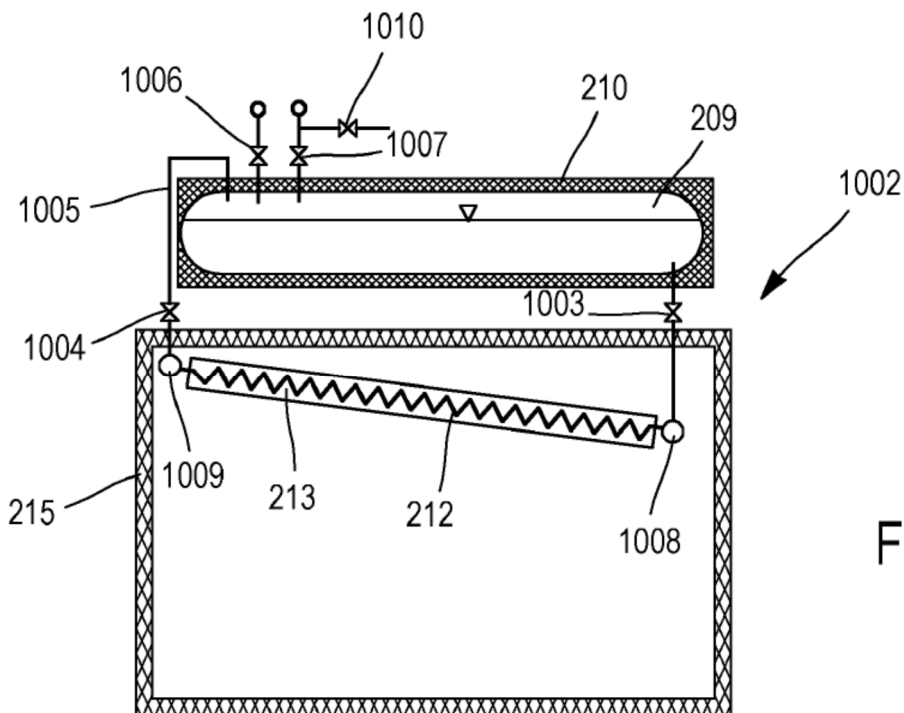


FIG. 11

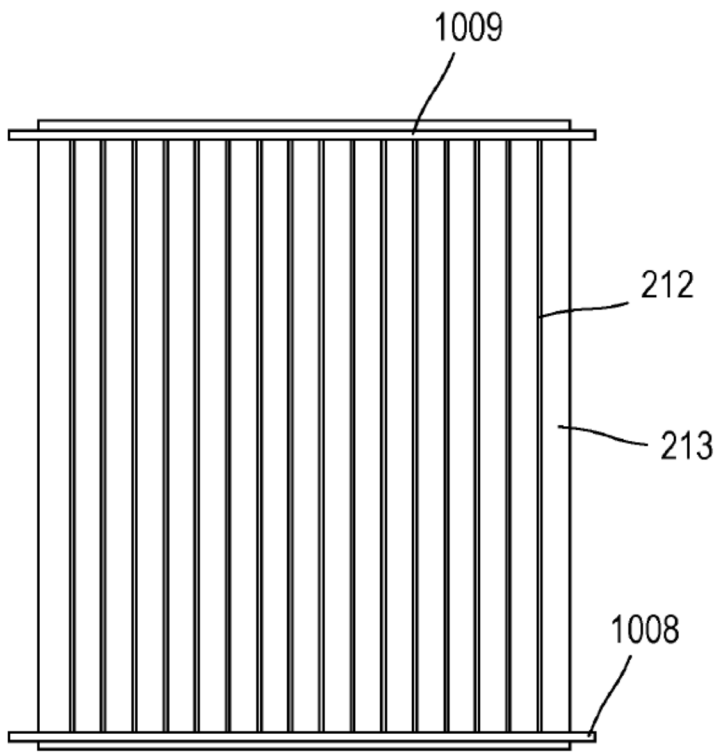


FIG. 12a

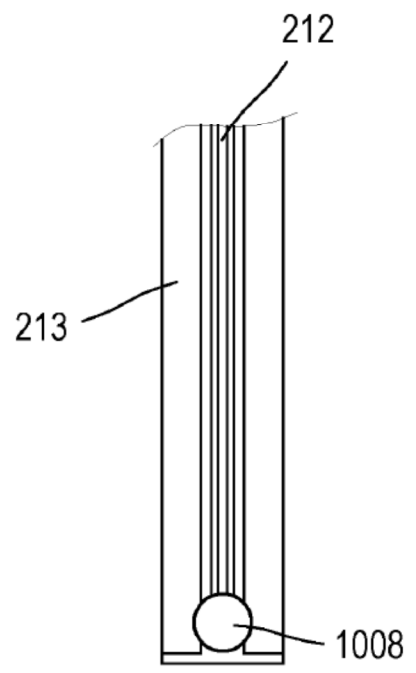


FIG. 12b

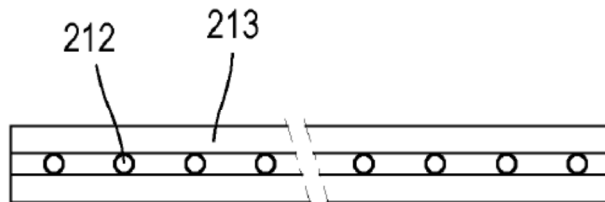


FIG. 12c