

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 884 804**

51 Int. Cl.:

C12M 1/00 (2006.01)

C12M 1/34 (2006.01)

C12M 1/09 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2019 E 19204359 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.06.2021 EP 3647406**

54 Título: **Dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz para un fotobiorreactor**

30 Prioridad:

31.10.2018 FR 1801155

24.04.2019 FR 1904326

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

13.12.2021

73 Titular/es:

NÉNUPHAR (100.0%)

12 rue du Chardonnay

66370 Pézilla la Rivière, FR

72 Inventor/es:

DUONG, FRÉDÉRIC

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 884 804 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz para un fotobiorreactor

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de captura, transporte y distribución de luz para un fotobiorreactor, en particular, para equipar estanques de producción de microalgas.

10 El desarrollo del cultivo de algas, en particular, microalgas para obtener un biocombustible fotosintético, alimentos para humanos o animales o compuestos nutracéuticos derivados de la biomasa de algas, solo se puede lograr a gran escala reduciendo significativamente el coste de construcción de fotobiorreactores y de su explotación. Además, la producción de algas no está reservada solo para las regiones cálidas y soleadas, y se deben considerar soluciones técnicas para aumentar la producción de algas en los países ubicados en las latitudes de las regiones templadas, minimizando al mismo tiempo los requisitos de calor necesarios para mantener la temperatura de crecimiento adaptada según las cepas de microalgas.

15 Ya se conocen fotobiorreactores que equipan estanques de circuito cerrado, tal como el descrito en el documento WO 2013/011448. Comprende un estanque cerrado por un soporte de material flexible con asas llenas de líquido para capturar y transmitir la luz a través de la solución de algas contenida en el estanque.

20 Si este estanque ha permitido resolver multitud de problemas técnicos y económicos como el aumento de la productividad del estanque y la reducción de los costes de fabricación de las asas que difunden la luz, todavía necesita un equipo relativamente grande, una fabricación de componentes que es costosa y compleja de implementar. Además, esta tecnología cerrada solo se aplica a estanques pequeños para la producción de espirulina, para que no permita la producción de algas a gran escala.

25 Además, la concentración de luz hacia las asas es compleja, ya que utiliza lentes móviles que deben dirigirse de forma dinámica y precisa hacia las asas.

30 Por otra parte, la superficie de exposición a la luz está restringida a la superficie de las aberturas de soporte en las que se abren las asas, ocultando el resto del soporte toda la superficie libre del estanque.

35 Esta tecnología también adolece de un problema de ensuciamiento externo de las asas por el desarrollo de una biopelícula en contacto entre las asas y la solución de algas. Por lo tanto, es necesario vaciar regularmente las asas y luego retirarlas de la solución para limpiarlas. El documento WO2016087779 divulga un fotobiorreactor con al menos un distribuidor de luz flotante y de forma tubular, cilíndrico, que se extiende longitudinalmente según un eje X, cuyas dimensiones se adaptan a las dimensiones del fotobiorreactor.

40 Por lo tanto, la presente invención tiene como objetivo proporcionar una solución a los problemas anteriores y, en particular para aumentar la producción específica de microalgas optimizando la distribución de la luz, mejorando los principales parámetros fotosintéticos (temperatura, fotoinhibición, circulación), y limitando la evaporación del agua del estanque.

45 La invención también tiene como objetivo proporcionar una solución que sea simple y rápida de implementar, autónoma, económica y polivalente, esto independientemente del tamaño y la profundidad del estanque, es decir, evolucionando fácil y rápidamente en función de las condiciones y teniendo un campo de aplicación muy amplio, que va desde los pequeños estanques existentes hasta los grandes denominados "estanques abiertos", en lagos y en el mar, para una producción extensiva a gran escala.

50 Con este fin, la invención tiene por objeto un dispositivo de captura, de transporte y difusión de la luz en una solución contenida en un depósito, comprendiendo el dispositivo un asa cilíndrica, de material transparente a la luz transportada y difundida, estando el asa destinada a llenarse de un líquido adecuado para transmitir y difundir luz y para equilibrar la presión exterior para mantener el asa en forma cilíndrica. Según la invención, el dispositivo comprende, además, una campana estanca, transparente a la luz capturada, transportada y difundida, y formada al menos en parte por dos paredes separadas por un intersticio estanco (e) lleno total o parcialmente de gas, comprendiendo la campana una parte abovedada prolongada por una parte tubular, estando un primer extremo del asa destinado a ser bloqueado contra la campana de modo que, en la posición de uso, la campana flota libremente en la solución y mantiene al menos la parte abovedada emergida y el asa llena de líquido sumergido y extendido verticalmente bajo la campana adoptando una forma cilíndrica.

60 El término "transparente" utilizado en la descripción y las reivindicaciones designa un material que deja pasar la luz, y este término debe entenderse en un sentido amplio que engloba un material translúcido. Lo que importa es que la luz sea captada y canalizada por el dispositivo para ser transmitida a la solución de algas.

65 Por tanto, la invención permite abordar simultáneamente todos los problemas anteriores, en particular el de aumentar la producción de algas mejorando la transmisión de la luz y los principales parámetros fotosintéticos asegurando un buen aislamiento térmico y la circulación favorecida por el movimiento de las asas en el estanque, y

el de reducir la evaporación de la luz de los estanques sin reducir la superficie de la solución expuesta a la luz solar.

En particular, la invención permite el mantenimiento natural y automático de la superficie sumergida de los dispositivos lo que limita la formación de la biopelícula.

5

Además, la solución propuesta es rápida y simple de implementar, autónoma, económica y polivalente.

Según otros modos de realización, que se pueden combinar entre sí:

- 10
- la parte abovedada de la campana puede ser hemisférica;
 - la parte abovedada de la campana puede ser de doble pared;
 - la parte abovedada de la campana puede ser de una pared simple y la parte tubular puede ser de doble pared;
 - el intersticio estanco (e) que separa las paredes dobles se puede llenar exclusivamente de gas;
- 15
- el intersticio estanco (e) que separa las paredes dobles se puede rellenar con una espuma expandida con células cerradas llenas de gas, tal como espuma de poliuretano;
 - la parte abovedada puede comprender un respiradero tubular que atraviesa la parte abovedada de manera estanca y que comprende una válvula de mantenimiento de la presión atmosférica equipada con una membrana flexible estanca que se puede deformar bajo la presión atmosférica;
- 20
- la parte tubular de la campana puede comprender una garganta anular destinada a recibir, durante su uso, un anillo tórico extensible de mantenimiento estanco de un primer extremo de fijación del asa contra la parte tubular;
 - la parte tubular de la campana puede presentar una superficie cónica que se estrecha hacia la parte abovedada;
 - la campana puede comprender una primera pieza que comprende la parte abovedada prolongada por una porción cilíndrica y una segunda pieza que comprende una porción cilíndrica provista de un cuello destinado a estar en contacto periférico estanco con una superficie interior de la primera pieza, en posición de uso, con el fin
- 25
- de delimitar un intersticio estanco, durante su uso, entre la porción cilíndrica de la primera pieza y la porción cilíndrica de la segunda pieza;
 - la campana puede comprender una primera pieza que comprende la parte abovedada prolongada por una porción cilíndrica y una segunda pieza que comprende una porción cilíndrica provista de un resalto destinado a estar en contacto periférico estanco con la porción cilíndrica de la primera pieza, en posición de uso, estando
- 30
- constituida la segunda pieza por un anillo de material de células cerradas llenas de gas;
 - la porción cilíndrica de la segunda pieza puede presentar una superficie reflectante para reflejar, durante su uso, la luz procedente de la parte abovedada hacia el asa;
 - el asa puede comprender un segundo extremo provisto de un cierre estanco lastrado;
- 35
- un extremo inferior del asa puede comprender células fotovoltaicas dirigidas, durante su uso, hacia la campana, y conectadas a un acumulador conectado a diodos electroluminiscentes dirigidos, durante su uso, hacia la campana, estando programado el acumulador para acumular electricidad durante el día y para alimentar los diodos luminiscentes durante la noche o durante períodos de baja intensidad solar;
 - el acumulador se puede conectar a un resonador receptor de potencia capaz de transformar la energía magnética transmitida en electricidad, en posición de uso, mediante resonadores emisores de potencia
- 40
- instalados en el fondo del depósito;
 - el extremo inferior del asa puede comprender un reflector conformado para reflejar la luz hacia el asa; - el reflector puede ser convexo o cóncavo;
 - el reflector puede presentar una superficie de contacto con el extremo inferior del asa inferior en una superficie de dicho extremo inferior del asa para permitir que parte de la luz pase a través del extremo inferior del asa;
- 45
- el reflector puede estar perforado para permitir que parte de la luz pase hacia el extremo inferior del asa;
 - la campana puede estar hecha de un material elegido entre polipropileno (PP), el poli(metacrilato de metilo) (PMMA), el poli(tereftalato de etileno) (PET) y un plástico transparente tratado con protección UV;
 - el asa puede estar hecha de un material elegido entre poliéster, el polipropileno (PP) y cualquier otro material de película transparente, de un espesor de algunas decenas de micrómetros; y/o
- 50
- el asa, durante su uso, se puede llenar con agua salada y desgasificada previamente.

Un objeto de la invención es también un fotobiorreactor para la producción de una solución concentrada de algas que consta de un depósito que contiene la solución de algas, y al menos un dispositivo de captura, de transporte y difusión de la luz anterior, flotando en la superficie de la solución de algas.

55

Según otros modos de realización, que se pueden combinar entre sí:

- 60
- el fotobiorreactor puede comprender, además, medios para agitar la solución de algas capaces de generar una corriente adecuada para desplazar los dispositivos de transporte y difusión de luz anteriores en flotación libre sobre la superficie de la solución;
 - los medios de agitación pueden comprender un distribuidor de un gas a presión, en particular, dióxido de carbono;
 - el fotobiorreactor puede comprender, además, una estructura de malla en la que cada malla tiene una dimensión estrictamente superior al diámetro máximo de la campana de dicho al menos un dispositivo de transporte y difusión de luz, para permitir un movimiento aleatorio delimitado de un dispositivo de transporte y difusión ligero comprendido en una malla;
- 65

- la estructura de malla puede estar constituida por una red flexible y flotante; y/o
- el fotobiorreactor puede comprender, además, resonadores emisores de potencia instalados en el fondo del depósito.

5 El objeto de la invención es también un dispositivo para limpiar un dispositivo de captura, de transporte y difusión de la luz anterior, comprendiendo el dispositivo de limpieza un soporte circular provisto de al menos un rodillo motorizado rotativo para accionar la campana del dispositivo de captura en rotación, de transporte y difusión de la luz en la posición de limpieza, comprendiendo el soporte, además, al menos un cepillo dispuesto debajo del soporte y destinado a estar en contacto con el asa del dispositivo de captura, de transporte y difusión de la luz en la posición de limpieza.

10 Ventajosamente, el soporte puede comprender, además, flotadores.

15 La invención también tiene por objeto un fotobiorreactor anterior, que comprende, además, al menos un dispositivo de limpieza anterior.

Otras características de la invención se enunciarán en la descripción detallada a continuación, hecha con referencia a los dibujos adjuntos, que representan, respectivamente:

20 [Fig. 1], una vista esquemática en sección de un dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz según la invención en la posición de uso en un depósito;

[Fig. 2], una vista esquemática en sección parcial del dispositivo de la figura 1 provisto de una válvula de equilibrado hidrostático;

25 [Fig. 3], una vista esquemática en sección de un dispositivo de transporte y difusión de luz según la invención, en proceso de llenado;

[Fig. 4], una vista esquemática en sección de un primer modo de realización alternativo de una campana del dispositivo de captura de transporte y difusión de luz y según la invención;

[Fig. 5], una vista esquemática en sección de un segundo modo de realización alternativo de una campana del dispositivo de captura de transporte y difusión de luz según la invención;

35 [Fig. 6], una vista esquemática en sección de un tercer modo de realización alternativo de una campana del dispositivo de captura de transporte y difusión de luz según la invención;

[Fig. 7], una vista esquemática en planta de un estanque equipado con una pluralidad de dispositivos de captura, de transporte y difusión de luz según la invención en flotación libre y en circulación aleatoria;

40 [Fig. 8], una vista esquemática en planta de un estanque equipado con una pluralidad de dispositivos de captura, de transporte y difusión de luz según la invención en flotación libre y en posición fija organizada en una estructura de malla; y

45 [Fig. 9], una vista esquemática en sección de un quinto modo de realización de un dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz según la invención provisto de un dispositivo de iluminación artificial recargable autónomo colocado en el extremo de las asas de difusión de luz;

[Fig. 10], una vista esquemática en sección de un modo de realización alternativa o complementaria del dispositivo de la figura 9, que comprende un dispositivo de iluminación artificial recargable por inducción como alternativa o en combinación de las células fotoeléctricas del dispositivo de la figura 9;

[Fig. 11], una vista esquemática en sección de un dispositivo de limpieza especialmente adaptado al dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz según la invención;

55 [Fig. 12], una vista esquemática en sección vista desde arriba del dispositivo de limpieza y el dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz de la figura 11;

[Fig. 13], una vista esquemática en sección de otro modo de realización alternativa de un dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz según la invención en la posición de uso en un depósito, y que comprende un reflector convexo de luz en el extremo inferior del asa;

60 [Fig. 14], una vista esquemática en sección de un modo de realización alternativa del dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz de la figura 13, donde el reflector es más estrecho que el extremo inferior del asa para permitir que parte de la luz pase hacia el fondo del estanque;

65

[Fig. 15], una vista esquemática en perspectiva de otro modo de realización de un reflector convexo que comprende agujeros para permitir que parte de la luz pase hacia el fondo del estanque;

5 [Fig. 16], una vista esquemática en perspectiva de otro modo de realización de un reflector convexo que presenta una superficie reflectante unida;

[Fig. 17], una vista esquemática en perspectiva de otro modo de realización de un reflector convexo que presenta una superficie reflectante en mosaico;

10 [Fig. 18], una vista esquemática en sección de otro modo de realización alternativa del dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz de la figura 13, donde el reflector es cóncavo;

15 [Fig. 19], una vista esquemática en sección del reflector cóncavo de la figura 18 que presenta una superficie reflectante unida;

[Fig. 20], una vista esquemática en sección de otro modo de realización de un reflector cóncavo que presenta una superficie reflectante en mosaico;

20 [Fig. 21], una vista esquemática en sección de un modo de realización alternativa de la campana de un dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz según la invención, constituido por dos partes concéntricas destinadas a ser fijadas entre sí de forma estanca, durante el ensamblaje;

25 [Fig. 22], una vista esquemática en sección de la campana de la figura 21 después del ensamblaje, y entre las paredes a las que se añade espuma expandida;

30 [Fig. 23], una vista esquemática en sección de un modo de realización alternativa de la campana de un dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz según la invención, que comprende una parte abovedada de vidrio destinada a ser fijada de manera estanca sobre una parte cilíndrica de espuma, durante el ensamblaje; y

[Fig. 24], una vista esquemática en sección de la campana de la figura 23 después del ensamblaje.

35 La figura 1 ilustra un dispositivo de captura, de transporte y difusión de la luz 100 según la invención flotante libremente en una solución 1 contenida en un depósito 2, es decir que el dispositivo no está fijado a un soporte inmóvil con respecto al depósito.

El dispositivo 100 comprende un asa cilíndrica 110, de material flexible o semirrígido transparente a la luz transportada y difundida.

40 Un extremo superior 111, en posición de uso, del asa 110 está roscada y bloqueado contra una campana 120 estanca, transparente a la luz transportada y difundida, y formada por dos paredes 120a y 120b separadas por un intersticio e relleno total o parcialmente de un gas (aire u otro). Más particularmente, la campana 120 comprende una parte abovedada 121 prolongada por una parte tubular 122 sobre la que se enrosca el asa 110.

45 De este modo, el intersticio se puede llenar exclusivamente con gas, o se puede llenar parcialmente con una espuma de células cerradas de gas. Lo que importa es que la estructura de doble pared permita la flotabilidad del dispositivo según la invención. En este modo de realización, el relleno con espuma debe ser parcial y localizado al nivel de la parte tubular para que la porción abovedada permanezca transparente y permita que la luz pase a través del asa.

50 Un extremo inferior 112 del asa está estanco. Preferentemente, el segundo extremo 112 del asa está provisto de un cierre estanco lastrado. Se podría tratar de, por ejemplo, una barra amovible de cierre estanco lastrado.

55 Alternativamente, el extremo del asa se puede soldar para incorporar lastre sumergido en el fondo del asa.

A título de ejemplo, la campana está hecha de un material transparente rígido, elegido de entre polipropileno (PP), el poli(metacrilato de metilo) (PMMA), el poli(tereftalato de etileno) (PET) o un plástico transparente tratado con protección UV.

60 También a modo de ejemplo, el asa está hecha de un material transparente, flexible o semirrígido, elegido de entre poliéster, el polipropileno (PP) y el tereftalato de polietileno, en particular en un material conocido bajo la marca registrada Mylar®, o material equivalente resistente a los rayos ultravioleta, de un espesor de algunas decenas de micrómetros.

65 El asa se puede obtener enrollando una porción rectangular de la hoja y ensamblando los dos bordes paralelos pegando o soldando. El extremo inferior del asa está cerrado mientras que el extremo superior permanece abierto

para la fijación, sobre su periferia, a la parte tubular 122 de la campana 120.

El asa cilíndrica se puede obtener mediante un procedimiento de moldeo por extrusión y soplado sin costuras longitudinales.

5 De este modo, según la invención, en posición de uso, el asa y la campana están llenas de un líquido limpio para transmitir y difundir la luz y asegurar la presión estática interna para mantener el asa sumergida y extendida verticalmente bajo la campana adoptando una forma cilíndrica para que el conjunto de campana/asa flote libremente en la solución, estando al menos la parte abovedada conservada emergida con respecto al nivel del estanque. Este último permite entonces no solo capturar la luz sea cual sea su ángulo de incidencia, sino también mantener una parte del líquido por encima del nivel de la solución, lo que permite que el asa mantenga su forma tubular y cilíndrica debido a la presión estática diferencial ejercida sobre toda la altura del asa.

15 La luz se transporta en la columna estanca de líquido (delimitada por la campana y el asa herméticamente cerrada) que actúa como una "fibra óptica" natural que conduce la luz natural del exterior a las profundidades de la solución de algas.

20 Por tanto, el dispositivo según la invención permite capturar, transportar y distribuir la luz incidente natural dentro del volumen de cultivo de algas de manera homogénea con una tasa máxima de captura de radiación, cualquiera que sea su orientación (acimut) y ángulo solar. Con este fin, la cúpula 121 es ventajosamente hemisférica.

Este sencillo y eficiente dispositivo permite maximizar el potencial fotosintético de la radiación natural para acelerar la producción de microalgas y reducir significativamente el riesgo de inhibición biológica y sobrecalentamiento localizados en el estrato superior del estanque.

25 En efecto, el conjunto que flota libremente sobre la superficie de la solución, genera una mezcla permanente de la solución de algas.

30 La distribución homogénea de la luz también va acompañada de una buena distribución del calor dentro del volumen de las algas.

Como la campana está constituida por una pared doble llena de un gas, no solo permite la flotación, sino también el aislamiento térmico del líquido que calienta muy poco.

35 El dispositivo asegura de este modo una función de aislamiento térmico eficaz debido a la calidad del aislamiento de la doble pared en hoja de aire estática y a la reducción significativa del área de evaporación del estanque cuando se utilizan simultáneamente varios dispositivos según la invención en el estanque, como se explicará en relación con las figuras 7 y 8.

40 La intensidad de la radiación incidente se distribuye en la proporción de la superficie del estanque y la superficie de los difusores de luz, el factor de distribución puede ser muy importante y estar definido según los requerimientos de fotones de las diferentes cepas de microalgas.

45 La altura de las asas de transporte y difusión de la luz se adaptará en función de la intensidad de la radiación natural y los requisitos de fotones necesarios para la síntesis fotográfica, la parte tubular 122 de la campana 120 comprende una garganta anular 123 destinada a recibir, durante su uso, un anillo tórico extensible 124 de mantenimiento estanco del primer extremo 111 de fijación del asa contra la parte tubular.

50 Según un modo de realización ventajoso ilustrado en la figura 2, la parte abovedada 121 comprende un respiradero tubular 130 que atraviesa de manera estanca a través de las dos paredes 120a y 120b, que conecta de este modo el exterior y el interior de la campana. El respiradero 130 comprende una válvula 131 para mantener la presión atmosférica equipada con una membrana flexible estanca que puede deformarse bajo la presión atmosférica Pa.

Esto permite mantener constante una presión hidrostática diferencial (flecha F1) en toda la altura del asa.

55 Al nivel de la parte tubular estanca 122 de la campana 120, la presión del aire es independiente de la presión del líquido, será la de la presión atmosférica cuando se fabrique la campana (flechas F2 y F3).

60 Además de la válvula flexible que asegura el equilibrio de presión con la presión atmosférica, el respiradero permite el llenado y vaciado de la campana y el asa, como se ilustra en la figura 3.

Con este fin, se desenrosca el tapón 132 del respiradero (tapón que comprende la posible válvula 131), y se inserta un tubo de llenado/vaciado 140, de diámetro menor que el del respiradero para permitir el paso del aire durante el llenado (flecha F4).

65 Cuando el dispositivo está lleno de líquido (preferentemente de agua salada, ya que limita la proliferación bacteriana dentro del asa; flecha F5) hasta el respiradero 130, este último está cerrado asegurándose de que no quede ninguna

burbuja de aire encerrada debajo de la campana.

Para evitar cualquier riesgo de formación de burbujas, el líquido se desgasifica previamente antes de llenar la campana y el asa.

5 Si la parte abovedada 121 es ventajosamente hemisférica (es decir, presenta un radio R constante), la parte tubular 122 puede tener diferentes formas. Lo que importa es que el asa se pueda unir de manera estanca y que la cúpula permanezca emergida durante el uso para capturar y transmitir la luz.

10 El ancho del intersticio e (y por lo tanto el volumen de gas que contiene cuando el intersticio se llena exclusivamente con gas), la altura de la parte abovedada y la altura de la parte tubular (ver figura 3) se eligen en función de las dimensiones deseadas (longitud y diámetro) del asa y las dimensiones del depósito, para asegurar la flotabilidad del conjunto, asegurando al mismo tiempo la emergencia de la parte abovedada y manteniendo la forma cilíndrica del asa fijada debajo de la campana.

15 Como se ilustra en la figura 4, la altura emergida de la campana se ajusta definiendo la relación entre el volumen V1 de aire encerrado entre las dos paredes de la parte tubular sumergida 122 y el volumen V2 de la parte abovedada hemisférica 121 llena de agua

20 El volumen V1 se calcula de la siguiente manera:

[Mat. 1]

$$V1 = \frac{\pi}{4} + h + (D - d)$$

25 El volumen V2 se calcula de la siguiente manera:

[Mat. 2]

$$V2 = \left(\frac{4\pi}{3} + R3\right)/2$$

30 La figura 4 ilustra un modo de realización ventajoso donde la base 122a de la parte tubular 122 es cónica, lo que permite roscar fácilmente el asa alrededor de la campana. En este modo de realización, la parte tubular es regular, es decir, tiene un diámetro interior d y un diámetro exterior D constantes, excepto, por supuesto, al nivel de la base 122a.

35 La tabla 1 siguiente indica los diferentes cálculos y datos relacionados con un ejemplo de realización conforme a la figura 4:

[Tabla 1]

Para las pruebas de medición óptica	Unidad	Base	V2	V3
Diámetro externo D	m	0,15	0,15	0,15
Espesor del vacío de aire entre las paredes int. y ext.	m	0,01	0,005	0,02
Diámetro interno d	m	0,13	0,14	0,11
Radio de esfera lleno de agua	m	0,065	0,07	0,055
Altura cilíndrica sumergida	m	0,15	0,35	0,05
Altura total de la campana	m	0,225	0,425	0,125
Volumen de agua emergente	dm3	0,575	0,718	0,348
Volumen de aire sumergido en el anillo cilíndrico	dm3	0,660	0,797	0,408
Diferencia entre volumen sumergido y emergente	dm3	0,085	0,079	0,060
Verificación del volumen sumergido en aire		OK	OK	OK
Intercambio de calor de las campanas				
Conductividad térmica del material	W/m.°C	0,19	0,19	0,19
Conductividad térmica del aire	W/m.°C	0,023	0,023	0,023
Espesor del material de las 2 paredes	mm	6	6	6
Espesor de la hoja de aire	mm	10	5	20
Intercambio superficial externo e interno	1/he + 1/hi	0,06	0,06	0,06
Resistividad térmica	°C.m²/W	0,53	0,31	0,96
Coefficiente de intercambio de superficie K	W/°C.m2	1,90	3,24	1,04

40 La figura 5 ilustra un modo de realización alternativo donde el intersticio de la doble pared presenta un mayor ancho e1, por ejemplo, si se desea aumentar la capacidad de aislamiento térmico de la campana o ahorrar peso o facilitar

la fabricación por moldeo.

La parte tubular presenta ventajosamente un diámetro interno d_1 que se ensancha hacia abajo, es decir, hacia el asa, en posición de uso. La función de ensanchamiento del diámetro interno (ensanchamiento pequeño o grande en función de la longitud de la parte tubular) depende de la flotabilidad necesaria para compensar el volumen de la campana en función del asa elegida.

La figura 6 ilustra un modo de realización alternativo donde la flotabilidad la asegura principalmente la parte tubular, como el ancho e_2 del intersticio al nivel de la cúpula es más pequeño que en la figura 5, el intersticio está destinado a llenarse exclusivamente con gas en este modo de realización.

En ese caso, el diámetro interior d_2 de la parte tubular se reduce hacia abajo, es decir, hacia el asa.

Este modo de realización es particularmente ventajoso cuando el poder aislante de la campana puede ser limitado, ya que el aumento en el diámetro de los sensores hemisféricos emergentes favorece la captura y transmisión de rayos luminosos hacia la solución de algas.

Gracias al dispositivo según la invención, y en particular a la campana de doble pared estanca 120, las asas tubulares cilíndricas flotan y pueden moverse libremente sobre la superficie de la solución de algas.

La figura 7 ilustra un depósito 200 de cultivo de algas visto desde arriba, donde flotan libremente una multitud de dispositivos 100 según la invención. El número de dispositivos 100 se define en función de la tasa de distribución óptima buscada según la intensidad de la radiación natural y las necesidades de fotones necesarios para la fotosíntesis.

Gracias al movimiento aleatorio de los dispositivos, se reúnen con regularidad, lo que genera una fricción suave periódica entre las asas flexibles y, de este modo, limita la formación de biopelícula en la superficie externa.

Para asegurar un desplazamiento regular de los dispositivos 100 en la superficie de la solución de algas, el fotobiorreactor según la invención comprende ventajosamente medios de agitación (no ilustrados) de la solución de algas, para generar una corriente adecuada para desplazar los dispositivos de transporte y difusión de luz según la invención en flotación libre.

Preferentemente, los medios de agitación comprenden un distribuidor de un gas a presión, en particular, dióxido de carbono, lo que permite, además de la agitación, alimentar de CO_2 a las algas y favorecer su desarrollo.

Alternativamente o en combinación, los medios de agitación pueden ser hidromecánicos y comprender al menos una hélice o un agitador rotatorio.

El dispositivo según la invención por lo tanto permite limitar muy fuertemente el mantenimiento y la limpieza. No obstante, la flotación libre aleatoria sobre toda la superficie del estanque puede conducir a una aglutinación de los dispositivos 100 en una parte del estanque, reduciendo la producción de algas en la otra parte del estanque que se beneficia, entonces, de una distribución de iluminancia menor.

Según un modo de realización ventajosa de un fotobiorreactor según la invención, ilustrado en la figura 8, se dispone en la superficie de la solución, en el estanque 210, una estructura de malla 220 de la cual cada malla 221 tiene una dimensión estrictamente mayor que un diámetro máximo D , D_1 , D_2 de la campana de los dispositivos 100 de transporte y difusión de luz según la invención.

A continuación, se proporciona un dispositivo de transporte y difusión de la luz según la invención en cada malla, para que cada uno pueda tener un movimiento aleatorio delimitado por la malla donde se ubican.

Cuanto más cerca estén las dimensiones de la malla del diámetro de las campanas, menor es la distancia que recorren los dispositivos según la invención, lo que asegura una fricción muy regular entre las asas y previene el desarrollo de biopelículas en la superficie externa. No obstante, las dimensiones de las mallas no deben estar demasiado próximas a las de las campanas para permitir el cultivo de un volumen suficiente de algas con respecto al volumen total de los dispositivos, y así asegurar una buena productividad del fotobiorreactor.

Gracias a la estructura de malla, no existe riesgo de aglutinación de los dispositivos según la invención y la transmisión de luz es homogénea en toda la superficie del estanque.

Un modo de realización particularmente ventajoso de una estructura de malla es una red flexible y flotante, fijada a la periferia del estanque 210.

Según un modo de realización opcional, ilustrado en la figura 9, el asa comprende en su extremo inferior células fotovoltaicas 150 dirigidas, durante su uso, hacia la campana de captura ubicada en el extremo superior, y

conectada a un acumulador 151.

De este modo, durante un período de fuerte iluminación, una parte de la luz capturada y transmitida por la campana y transportada al extremo inferior del asa es capturada por las células fotovoltaicas 150 y transformada en electricidad almacenada por el acumulador 151.

Este último está conectado a diodos electroluminiscentes 152 dirigidos, durante su uso, hacia la campana.

De este modo, por la noche o durante periodos de baja intensidad solar, el acumulador está programado para alimentar los diodos luminiscentes que iluminarán el interior del asa. Debido a la disposición del dispositivo, la luz no saldrá de la campana, sino que se refleje hacia todo el dispositivo que transmitirá y distribuirá la luz hacia la solución de algas del estanque.

Alternativamente o en combinación, un modo de realización ventajoso que permite la recarga del acumulador por inducción inalámbrica se ilustra en la figura 10. En este modo de realización, el acumulador 151 está conectado a un resonador receptor de potencia 153 capaz de transformar en electricidad la energía magnética transmitida por los resonadores emisores de potencia 154 que equipan el fondo del estanque.

Su número y su potencia de emisión varían en función de los dispositivos en circulación en el estanque. La carga de los acumuladores tiene lugar preferentemente durante los períodos arancelarios favorables, por la noche y los fines de semana.

Este modo de realización permite, además, para alimentar los diodos electroluminiscentes en período nocturno o cuando hay poca luz solar, cuando los acumuladores se cargan durante el día, durante los períodos de fuerte sol, se han agotado.

Este dispositivo de carga por inducción puede sustituir a las células fotoeléctricas 150 del modo de realización de la figura 9 o bien complementarlas.

A pesar de la altísima eficacia del dispositivo según la invención para limitar el desarrollo de biopelículas en la superficie exterior de las asas, puede ser deseable poder limpiar las asas periódica y fácilmente.

Sin embargo, tal limpieza es una etapa muy compleja en los fotobiorreactores de la técnica anterior, ya que desmonta el soporte y todas las asas al mismo tiempo, lo que es complejo, arriesgado e interrumpe la producción.

El dispositivo según la invención, gracias a su estructura específica y su libertad de movimiento, permite una fácil limpieza sin interrumpir el funcionamiento de los demás dispositivos presentes en el estanque, y de una forma muy rápida y automatizable, lo que es una ventaja importante en términos de explotación.

La invención propone así un dispositivo de limpieza automático retráctil de un dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz según la invención, que se puede instalar periódicamente en el estanque del fotobiorreactor según la invención.

Este dispositivo de limpieza 300 se ilustra, en posición de limpieza, en la figura 11.

Comprende un soporte circular 301 provisto de rodillos motorizados rotativos 302 para accionar la campana 120 en rotación del dispositivo de captura 100, de transporte y difusión de luz según la invención.

El soporte comprende, además, al menos un cepillo 303 dispuesto debajo del soporte 301 y en contacto con el asa 110 del dispositivo de captura 100, de transporte y difusión de luz según la invención, en posición de limpieza.

Ventajosamente, el soporte también incluye flotadores para mantener el dispositivo de limpieza alrededor de los dispositivos de captura, de transporte y difusión de luz según la invención.

De este modo, durante su uso, el dispositivo de limpieza se coloca e introduce sobre el dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz según la invención, de tal modo que el soporte se disponga alrededor de la campana, que el rodillo o los rodillos estén en contacto con la campana y que el cepillo o los cepillos estén en contacto con el asa.

Después, como se ilustra en la figura 12, el o los rodillos se accionan y desencadena el dispositivo de captura en rotación (flecha F6), de transporte y difusión de la luz, por fricción contra la campana del dispositivo. Al hacerlo, el cepillo raspa el exterior del asa y la elimina de la biopelícula y otras suciedades de forma rápida y automática.

En un modo de realización no ilustrado, el soporte puede estar formado por dos semicírculos articulados entre sí, para permitir la disposición lateralmente con respecto al dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz según la invención.

De este modo, la limpieza se puede realizar in situ en el estanque, en poco tiempo por dispositivo, sin desmontar los dispositivos de captura, de transporte y difusión de luz según la invención, sin interrupción del funcionamiento de otros dispositivos, con uno o más dispositivos de limpieza en funcionamiento simultáneo implementados por un solo operario.

La figura 13 ilustra un modo de realización ventajoso que aumenta la eficacia de la transmisión de luz a la solución de algas.

Como se explicó anteriormente, la diferencia de índice óptico entre el líquido contenido en el asa y la solución de algas permite conducir la luz procedente de la cúpula 121 hacia el extremo inferior del asa a modo de una fibra óptica.

No obstante, bajo ciertas condiciones (por ejemplo, cuando la solución de algas se vuelve muy concentrada en algas), puede suceder que se dirija demasiada luz a este extremo inferior en comparación con la cantidad de luz que logra escapar a través de las paredes laterales del asa. Esto conduce a un punto de luz bastante denso en el fondo del estanque que puede ser dañino para las algas.

Según el modo de realización ilustrado en la figura 13, el extremo inferior 112 del asa 110 comprende un reflector 400 conformado para reflejar la luz hacia el asa y, en particular, hacia las paredes laterales y el extremo superior del asa.

Gracias al reflector 400, un rayo luminoso RL1 procedente de la cúpula 121 y conducido a lo largo del asa 110 se refleja hacia el asa en lugar de escapar hacia el estanque a través del extremo inferior 112 del asa 110.

En un modo de realización ventajoso, ilustrado en la figura 14, el reflector 401 presenta una superficie de contacto S1 con el extremo inferior 112 del asa, menor que la superficie S2 de dicho extremo inferior 112 del asa.

De esta manera, una parte de la luz, materializada por el rayo luminoso RL2 puede pasar a través del extremo inferior del asa, mientras otra parte de la luz, materializada por el rayo luminoso RL3 es reflejado por el reflector 401.

Alternativamente o en combinación, el reflector 402 (véase la figura 15) está perforado y presenta agujeros 402a en su superficie para permitir que parte de la luz pase hacia el extremo inferior del asa.

El número de agujeros, su posición y su superficie se modulan en función de la cantidad de luz que se desee dejar pasar a través del extremo inferior 112 del asa 110.

Las figuras 16 y 17 ilustran reflectores 403-404 que presentan dos tipos diferentes de superficies reflectantes. El primer reflector 403, ilustrado en la figura 16, presenta una superficie reflectante unida, de tipo espejo. Este modo de realización permite una reflexión uniforme de la luz en todas las direcciones, en 180°.

El segundo tipo de reflector 404, ilustrado en la figura 17, presenta una superficie reflectante en mosaico, es decir, que comprende una multitud de pequeñas facetas planas 404a. Este modo de realización permite una reflexión más intensa en ciertas direcciones (al nivel de las facetas), para concentrar la luz y permitir una mejor transmisión a través de las paredes laterales del asa 110.

Ventajosamente, el reflector según la invención es semiesférico o sustancialmente semiesférico para reflejar los rayos luminosos hacia las paredes laterales del asa y favorecer de este modo su transmisión hacia la solución de algas.

Preferentemente, el reflector es convexo (figuras 13 a 17), es decir, su superficie reflectante exterior es convexa. Esto permite tanto un buen reflejo de los rayos luminosos que lo alcanzan, pero también para mantener la longitud del asa.

Alternativamente, el reflector puede ser cóncavo (figuras 18 a 20), es decir, que su cara interior es cóncava, que es reflectante. De este modo, el reflector cóncavo 501 (figuras 18-19) presenta una cara interior cóncava unida, de tipo espejo. Alternativamente, el reflector cóncavo 502 (figura 20) presenta una cara interior de mosaico cóncavo, es decir, que comprende una multitud de pequeñas facetas planas.

En ese caso, la longitud L1 del dispositivo según la invención aumenta con el rayo L2 del reflector, para que toda la superficie del asa pueda transmitir rayos luminosos a la solución de algas. Cuando el reflector es convexo, la porción del asa que situada alrededor puede transmitir un poco menos de rayos luminosos, lo que puede ser deseable en ciertas situaciones o configuraciones.

Estos dos modos de realización pueden permitir una concepción sencilla si el extremo inferior 112 del asa se enrosca simplemente alrededor del reflector y se mantiene en esta posición de manera estanca, por ejemplo,

mediante un sistema de garganta y cordón anular (no ilustrado) similar al descrito para fijar el extremo superior del asa sobre la campana. También se puede utilizar un reflector perforado cóncavo o convexo en esta configuración, siempre que los agujeros de la superficie reflectante estén cerrados de manera estanca por una capa de un material transparente a los rayos luminosos.

5 Las figuras 21 a 24 ilustran modos de realización ventajosos que permiten la fabricación fácil y económica de un dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz según la invención.

10 El modo de realización ilustrado en las figuras 21 y 22 comprende una campana 600 formada solo parcialmente por dos paredes separadas por un intersticio estanco: la parte abovedada 601 de la campana es de pared simple y la parte tubular 602 es de pared doble. Como se muestra en la figura 22, es la parte tubular 602 con doble pared la que, como en los modos de realización anteriores, asegura la función de flotabilidad del dispositivo según la invención.

15 En este modo de realización, la campana 600 comprende una primera pieza 603 formada a partir de una única pared y que comprende la parte abovedada 601 extendida por una porción cilíndrica. Lo que importa es que la parte abovedada 601 sea transparente a los rayos luminosos, el resto no es necesariamente transparente. No obstante, por el bien de la simplicidad, ventajosamente, la pieza 603 está hecha de un solo material transparente. Preferentemente, esta pieza 603 está moldeada a partir de un polímero transparente tal como el polipropileno (PP),
20 el poli(metacrilato de metilo) (PMMA), el poli(tereftalato de etileno) (PET) u otro material plástico transparente tratado con protección UV.

La campana 600 también comprende una segunda pieza 604 que comprende una porción cilíndrica 604a provista de un cuello 604b destinado, en posición de uso, a estar en contacto periférico estanco con una superficie interior de la
25 primera pieza 603.

De esta manera, la combinación de las piezas 603 y 604 (ilustrada en la figura 22) permite delimitar un intersticio e2 que debe ser estanco, durante su uso, entre la porción cilíndrica de la primera pieza y la porción cilíndrica de la
30 segunda pieza.

Por eso, como se ilustra en la figura 21, la pieza 603 se inserta por encima de la pieza 604 de manera concéntrica, en el sentido de la flecha F7, hasta que el cuello 604b esté en contacto periférico contra la superficie interior 603a de la primera pieza 603, luego se llena el intersticio e2, en el sentido de las flechas F8, de una espuma expansiva 605 de células cerradas que contienen gas. De este modo, durante la expansión y el secado, la espuma 605 pega las
35 dos piezas 603 y 604 y hace estanco el contacto periférico entre el cuello 604b y la superficie interior 603a de la primera pieza 603, asegurando al mismo tiempo la flotabilidad del dispositivo según la invención,

En otras palabras, la espuma asegura dos funciones, a saber, la estanqueidad del intersticio e2 y la flotabilidad, y permite una fácil fabricación, ya que esta etapa de pegado es fácil de realizar y no requiere una precisión particular, como con un pegado o una soldadura térmica. Si la espuma se desborda al nivel del cuello 604b, es suficiente con retirarla al terminar la pieza.
40

Una espuma particularmente interesante de usar es el poliuretano, ya que comprende células cerradas y es estanco. Además, es capaz de pegar fuertemente las dos piezas 603 y 604.
45

Se pueden utilizar otros componentes, siempre que se obtenga suficiente flotabilidad, que el líquido en el asa y la campana no pueda filtrarse, y que la luz pueda atravesar la parte abovedada.

50 Cuando el intersticio está solo parcialmente lleno de gas, generalmente ya no es o no es transparente a los rayos luminosos y, sobre todo, es probable que estos últimos reflejen mal esta parte de la campana, de modo que la conducción de la luz corra el riesgo de verse afectada.

Para resolver este problema, la invención propone disponer una capa reflectante 606 sobre la superficie interior 604c de la pieza 604 para reflejar, durante su uso, la luz procedente de la parte abovedada hacia el asa.
55

Si esta última está constituida por un material transparente, por supuesto, es posible prever esta capa reflectante contra la superficie exterior 604d de la pieza 604 a modo de espejo, para que la segunda pieza tenga una superficie reflectante para reflejar, durante su uso, la luz procedente de la parte abovedada hacia el asa. En ese caso, la capa reflectante se aplica contra la pared exterior 604d antes de llenar el intersticio con espuma. Preferentemente, esto se hace durante la fabricación de la propia pieza 604.
60

El modo de realización ilustrado en las figuras 21-22 tiene una ventaja significativa en términos de fabricación, ya que las piezas son fáciles de fabricar y desmoldar. Por eso, ventajosamente, se prevé que su forma general sea ensanchada para facilitar el desmoldeo. Además, esto hace posible proporcionar un intersticio de volumen suficiente para asegurar la flotabilidad del dispositivo final durante su uso, como se explicó anteriormente.
65

Las figuras 23 y 24 ilustran otro modo de realización ventajoso, tanto para el funcionamiento como para fabricación.

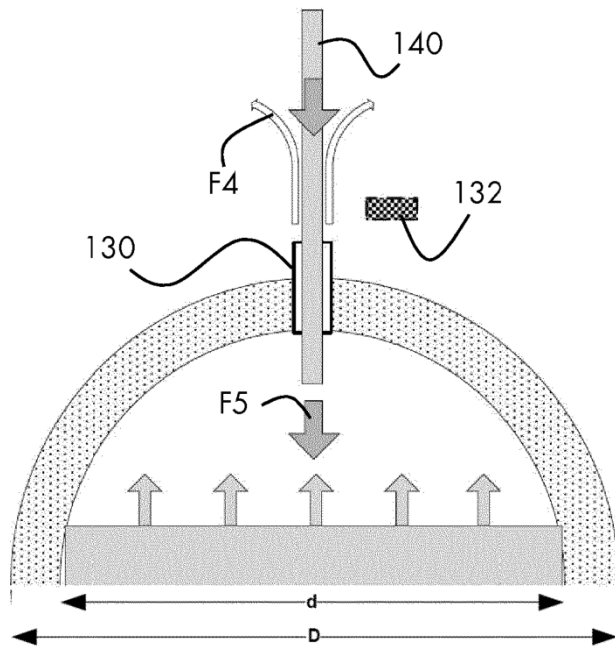
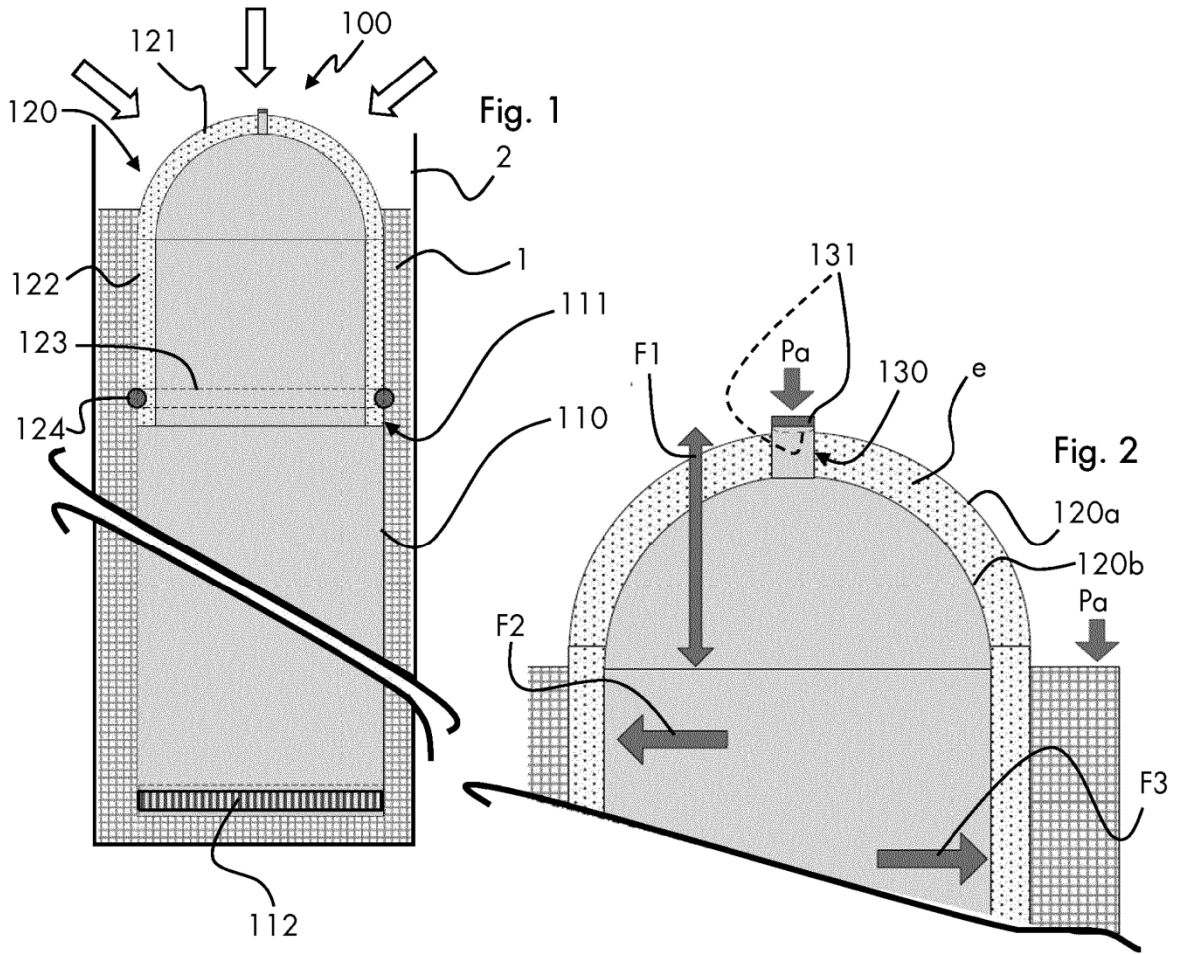
La campana 700 también comprende dos piezas destinadas a ser fijadas entre sí durante la fabricación.

- 5 La primera pieza 701 comprende solo una pared y comprende una parte abovedada 701a extendida por una porción cilíndrica 701b ligeramente ensanchada y destinada a cooperar con la segunda pieza 702. Esto permite un fácil desmolde de la pieza 701, pero también asegura un mantenimiento de la pieza 701 contra la pieza 702, como se explicará más adelante.
- 10 La segunda pieza 702 comprende una porción cilíndrica tubular constituida, en cuanto a ella, por un anillo de material relleno de células cerradas llenas de gas (por ejemplo, espuma expandida solidificada de células cerradas), que presenta una superficie interna 702a y una superficie externa 702b. Estas dos superficies constituyen una doble pared virtual delimitando por lo tanto un intersticio virtual donde el material encierra el gas en las células cerradas, asegurando de este modo la función de flotabilidad.
- 15 De este modo, lo que importa es la doble función de captar la luz por la cúpula transparente, y la flotabilidad para que, en la posición de uso, el dispositivo flote libremente en la solución, que la parte abovedada se mantenga emergida y que el asa llena de líquido se sumerja y se extienda verticalmente debajo de la campana.
- 20 La porción cilíndrica tubular está provista de un resalto 702c destinado a estar en contacto periférico estanco con la porción cilíndrica 701b de la primera pieza 701, en posición de uso.
- 25 Este anillo 702 está ventajosamente moldeado para proporcionar el resalto periférico 702c contra el que se apoyan los bordes libres 701b de la cúpula 701 cuando la pieza 701 se inserta por encima de la pieza 702 en el sentido de la flecha F9.
- Preferentemente, el resalto es ligeramente troncocónico (en sección), lo que asegura un estrecho contacto con la porción cilíndrica 701b de la primera pieza 701 que está ligeramente ensanchada.
- 30 Gracias a esta estructura, la cúpula se mantiene firme y de manera estanca contra el anillo cuando la campana y el asa están llenas de líquido, ya que este último tiende a empujar el anillo contra la cúpula.
- Por seguridad, puede ser preferente, sin embargo, prever un medio de fijación estanco entre las piezas 701 y 702, tal como un pegamento.
- 35 Como en el modo de realización anterior, se prevé ventajosamente que la porción cilíndrica de la segunda pieza 702 presente una superficie reflectante 706 para reflejar, durante su uso, la luz procedente de la parte abovedada hacia el asa.
- 40 El dispositivo según la invención es insensible al oleaje vertical y a los movimientos del viento, ya que no está fijado a un soporte, sino que flota libremente; por lo tanto, sigue los movimientos verticales sin tensión mecánica, lo que permite su uso en estanques y en mar abierto sin riesgo de dañarlo.
- 45 El dispositivo según la invención puede equipar estanques existentes del tipo "raceway" con el fin de aumentar significativamente su productividad. Los estanques abiertos de gran capacidad y mayor profundidad optimizarán la producción específica (objetivo de productividad superior a 200 t/ha.año de materia seca) y reducirán el coste total de la tierra, de equipos e de instalación.
- 50 Un uso en un estanque extenso natural, en un lago o en mar abierto es posible con una partición periférica flotante, en cuanto a la cría de peces en el mar.
- También es concebible aumentar el desarrollo de microalgas en las proximidades de las granjas de ostras y mariscos.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de captura (100), de transporte y difusión de la luz en una solución (1) contenida en un depósito (2, 200, 210), comprendiendo el dispositivo un asa cilíndrica (110), de material transparente a la luz transportada y difundida, estando el asa (110) destinada a llenarse de un líquido adecuado para transmitir y difundir luz y para equilibrar la presión exterior para mantener el asa en forma cilíndrica, caracterizado por que comprende, además, una campana (120) estanca, transparente a la luz capturada, transportada y difundida, y formada al menos en parte por dos paredes separadas (120a-120b) por un intersticio estanco (e) lleno total o parcialmente de gas, comprendiendo la campana una parte abovedada (121) prolongada por una parte tubular (122), estando un primer extremo (111) del asa (110) destinado a ser bloqueado contra la campana (120) de modo que, en la posición de uso, la campana flota libremente en la solución y mantiene al menos la parte abovedada (121) emergida y el asa (110) llena de líquido sumergido y extendido verticalmente bajo la campana adoptando una forma cilíndrica.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, donde la parte abovedada de la campana es hemisférica.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, donde la parte abovedada de la campana es de doble pared.
4. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, donde la parte abovedada (603, 701a) de la campana es de pared simple y la parte tubular (602, 702) es de pared doble.
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el intersticio estanco (e) que separa las paredes dobles se llena exclusivamente con gas.
6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el intersticio estanco (e2) que separa las paredes dobles se llena con una espuma expandida (605, 702) con células cerradas llenas de gas, tal como espuma de poliuretano.
7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la parte abovedada comprende un respiradero tubular (130) que atraviesa la parte abovedada de manera estanca y que comprende una válvula (131) de mantenimiento de la presión atmosférica equipada con una membrana flexible estanca que se puede deformar bajo la presión atmosférica.
8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde la parte tubular de la campana comprende una garganta anular (123) destinada a recibir, durante su uso, un anillo tórico extensible (124) de mantenimiento estanco de un primer extremo de fijación del asa contra la parte tubular.
9. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde la parte tubular de la campana presenta una superficie cónica (604a, 702a) que se estrecha hacia la parte abovedada.
10. Dispositivo según la reivindicación 4, donde la campana (600) comprende una primera pieza (603) que comprende la parte abovedada (601) prolongada por una porción cilíndrica, y una segunda pieza (604) que comprende una porción cilíndrica (604a) provista de un cuello (604b) destinado a estar en contacto periférico estanco con una superficie interior (603a) de la primera pieza, en posición de uso, con el fin de delimitar un intersticio (e2) estanca, durante su uso, entre la porción cilíndrica de la primera pieza y la porción cilíndrica de la segunda pieza.
11. Dispositivo según la reivindicación 4, donde la campana (700) comprende una primera pieza (701) que comprende la parte abovedada (701a) prolongada por una porción cilíndrica (701b), y una segunda pieza (702) que comprende una porción cilíndrica (702) provista de un resalto (702c) destinado a estar en contacto periférico estanco con la porción cilíndrica (701b) de la primera pieza, en posición de uso, estando constituida la segunda pieza por un anillo de material de células cerradas llenas de gas.
12. Dispositivo según la reivindicación 10 u 11, donde la porción cilíndrica de la segunda pieza presenta una superficie reflectante (606, 706) para reflejar, durante su uso, la luz procedente de la parte abovedada hacia el asa.
13. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, donde el asa comprende un segundo extremo provisto de un cierre estanco lastrado (112).
14. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, donde un extremo inferior del asa comprende células fotovoltaicas (150) dirigidas, durante su uso, hacia la campana, y conectadas a un acumulador (151) conectado a diodos electroluminiscentes (152) dirigidos, durante su uso, hacia la campana, estando programado el acumulador para acumular electricidad durante el día y para alimentar los diodos luminiscentes durante la noche o durante períodos de baja intensidad solar.
15. Dispositivo según la reivindicación 14, donde el acumulador (151) está conectado a un resonador receptor de potencia (152) capaz de transformar la energía magnética transmitida en electricidad, en posición de uso, mediante

- resonadores emisores de potencia (152) instalados en el fondo del depósito (2, 200, 210).
16. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, donde el extremo inferior (112) del asa comprende un reflector (400, 401, 402, 403, 404, 501, 502) conformado para reflejar la luz hacia el asa.
- 5 17. Dispositivo según la reivindicación 16, donde el reflector (400, 401, 402, 403, 404) es convexo.
18. Dispositivo según la reivindicación 16, donde el reflector (501, 502) es cóncavo.
- 10 19. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, donde el reflector presenta una superficie de contacto (S1) con el extremo inferior del asa inferior en una superficie (S2) de dicho extremo inferior del asa para permitir que parte de la luz pase a través del extremo inferior del asa.
- 15 20. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, donde el reflector (402) se perfora para permitir que parte de la luz pase hacia el extremo inferior del asa.
- 20 21. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, donde la campana es de un material elegido entre polipropileno (PP), el poli(metacrilato de metilo) (PMMA), el poli(tereftalato de etileno) (PET) y un plástico transparente tratado con protección UV.
22. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, donde el asa es de un material elegido entre poliéster, el polipropileno (PP) y cualquier otro material de película transparente, de un espesor de algunas decenas de micrómetros.
- 25 23. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, donde el asa, durante su uso, se llena con agua salada y se desgasifica previamente.
24. Fotobiorreactor para la producción de una solución concentrada de algas que consta de un depósito (2, 200, 210) que contiene la solución de algas, caracterizado por que comprende al menos un dispositivo de captura (100), de transporte y difusión de luz según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23 en flotación libre sobre la superficie de la solución de algas.
- 30 25. Fotobiorreactor según la reivindicación 24, que comprende, además, medios para remover la solución de algas capaz de generar una corriente capaz de mover dispositivos de captura, de transporte y difusión de luz según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 24 en flotación libre sobre la superficie de la solución.
- 35 26. Fotobiorreactor según la reivindicación 25, donde los medios de agitación comprenden un distribuidor de un gas a presión, en particular, dióxido de carbono.
- 40 27. Fotobiorreactor según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 26, que comprende, además, una estructura de malla (220) de la cual cada malla (221) tiene una dimensión estrictamente mayor que un diámetro máximo (D, D1, D2) de la campana de dicho al menos un dispositivo de transporte y difusión de luz, para permitir un movimiento aleatorio delimitado de un dispositivo de transporte y difusión ligero comprendido en una malla.
- 45 28. Fotobiorreactor según la reivindicación 27, donde la estructura de la malla está constituida por una red flexible y flotante.
29. Fotobiorreactor según una cualquiera de las reivindicaciones 22 a 28, que comprende, además, resonadores emisores de potencia (152) instalados en el fondo del depósito (2, 200, 210).
- 50 30. Dispositivo de limpieza (300) de un dispositivo de captura, de transporte y difusión de luz según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, caracterizado por que comprende un soporte circular (301) provisto de al menos un rodillo motorizado rotatorio (302) para accionar la campana (120) del dispositivo de captura (100) en rotación, de transporte y difusión de la luz en la posición de limpieza, comprendiendo el soporte, además, al menos un cepillo (303) dispuesto debajo del soporte y destinado a estar en contacto con el asa (110) del dispositivo de captura (100), de transporte y difusión de la luz en la posición de limpieza.
- 55 31. Dispositivo de limpieza (300) según la reivindicación 30, donde el soporte (301) comprende, además, flotadores.
- 60 32. Fotobiorreactor según una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 29, que comprende, además, al menos un dispositivo de limpieza según una cualquiera de las reivindicaciones 30 o 31.



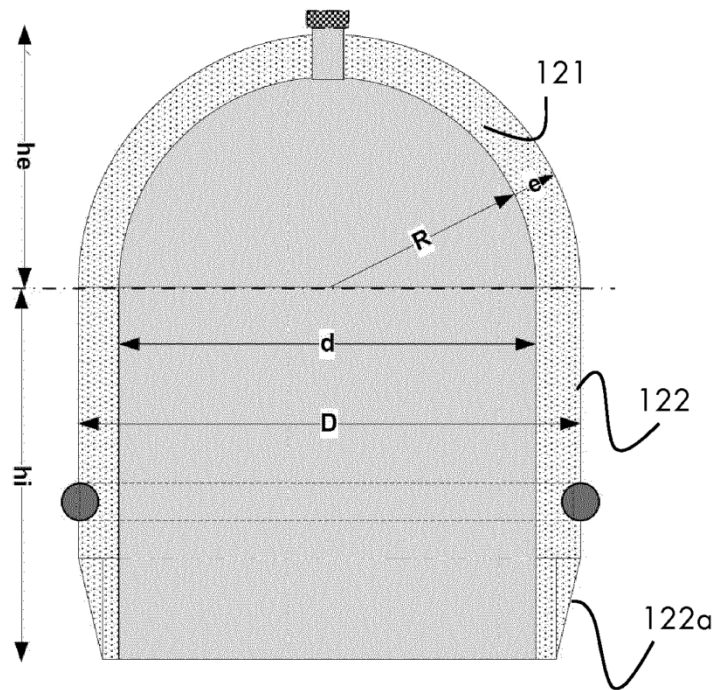


Fig. 4

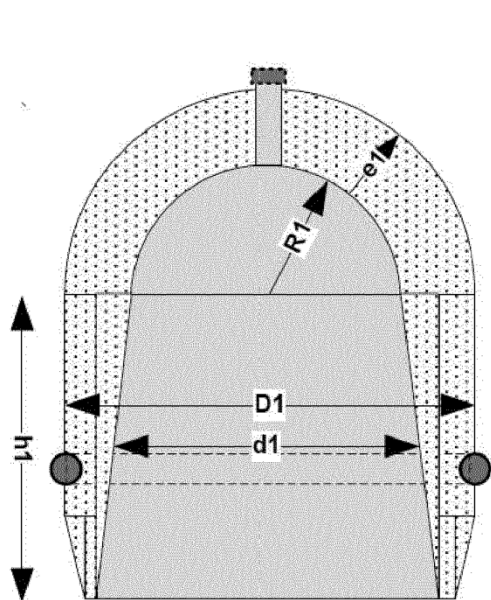


Fig. 5

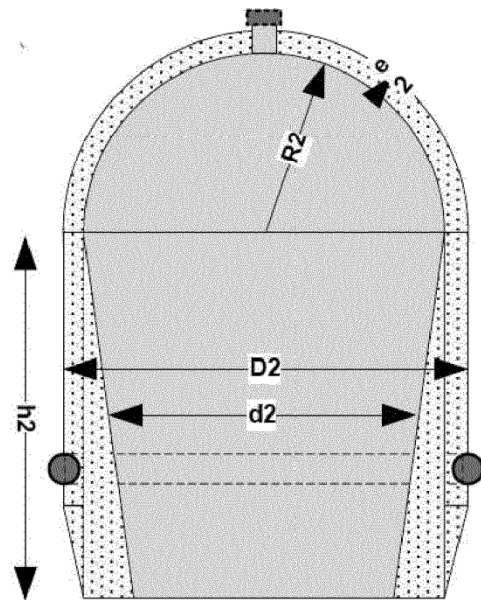


Fig. 6

Fig. 7

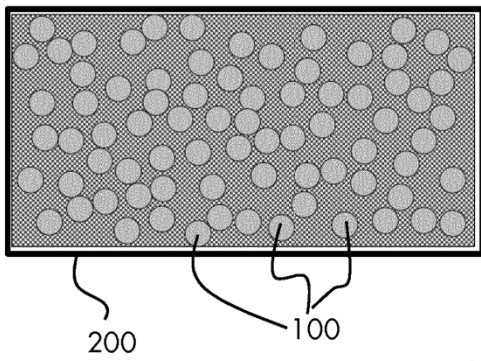


Fig. 8

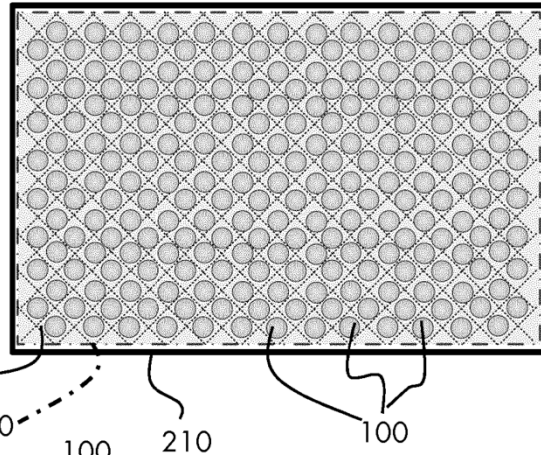


Fig. 9

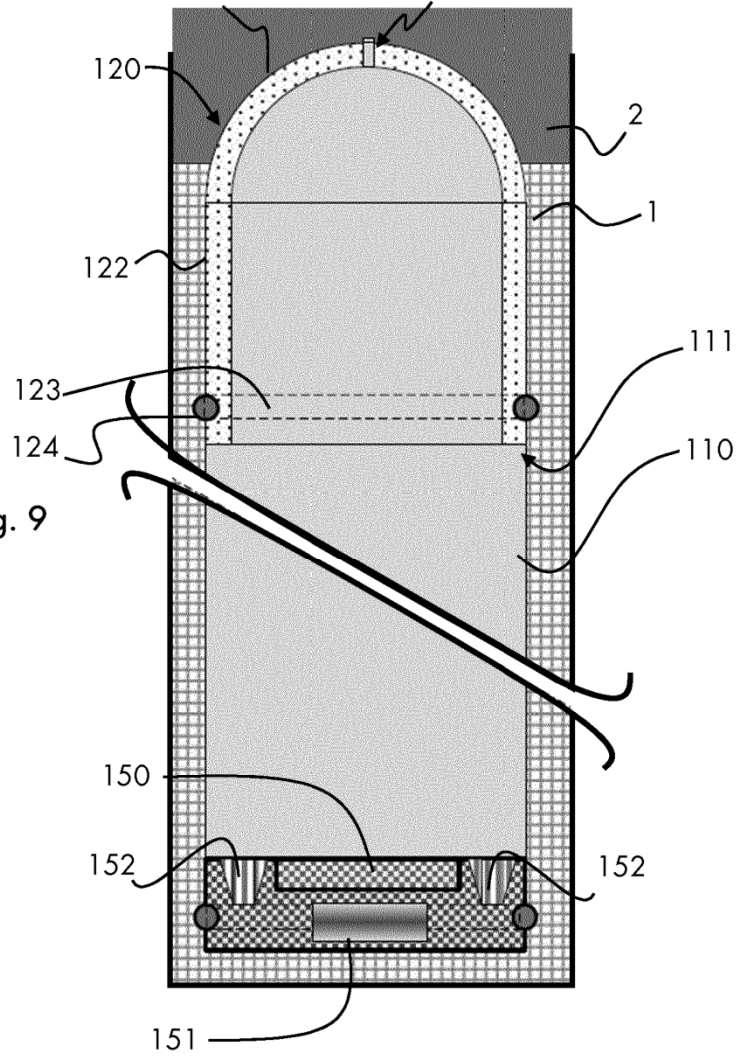


Fig. 10

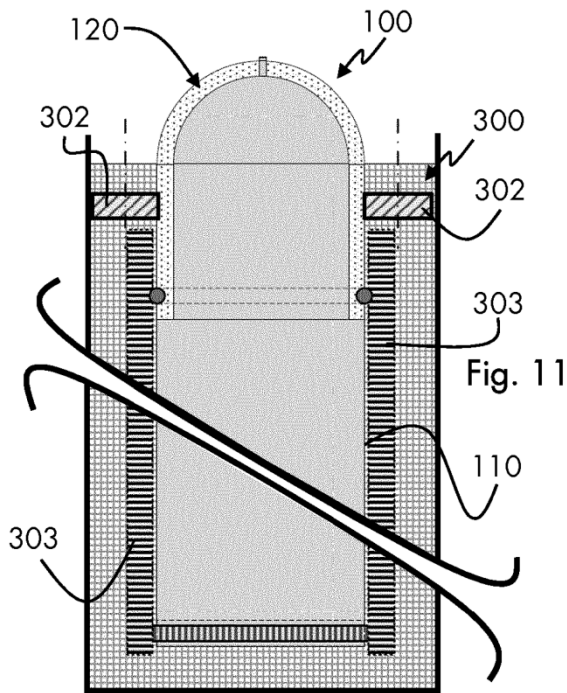
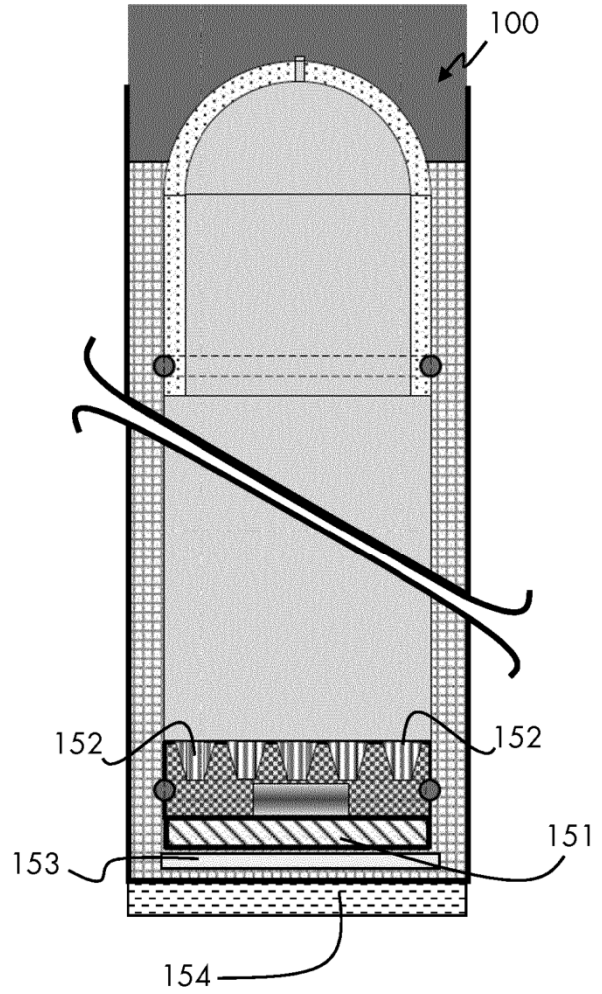


Fig. 11

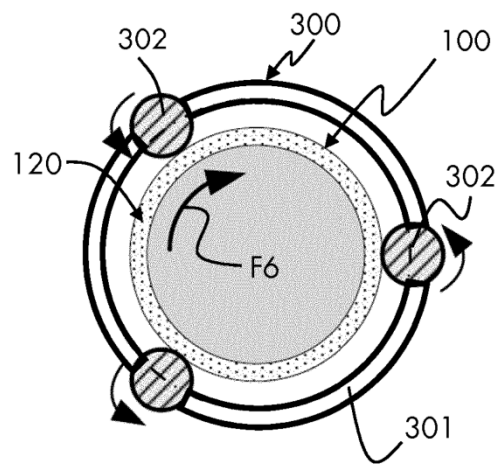
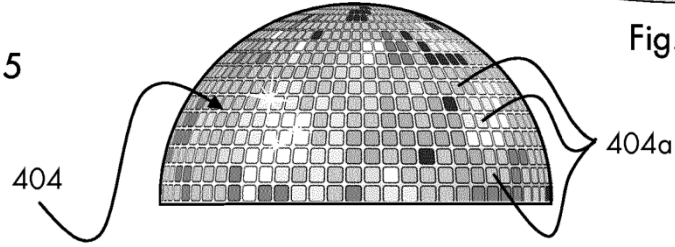
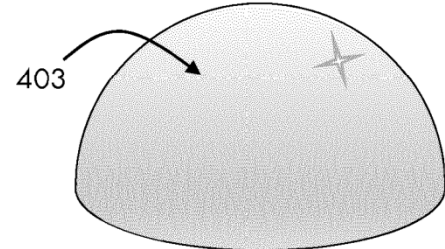
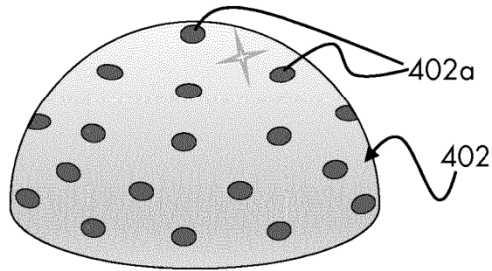
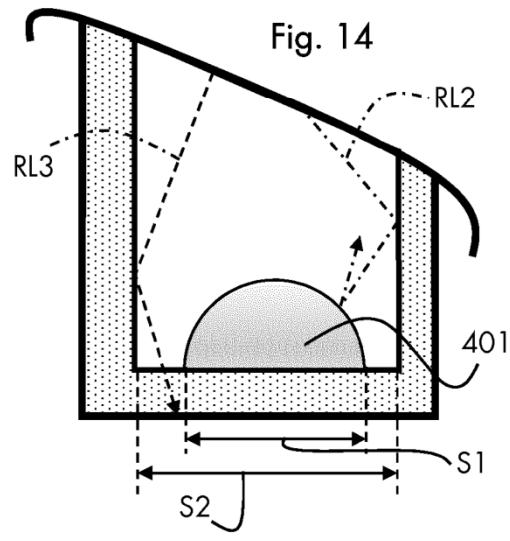
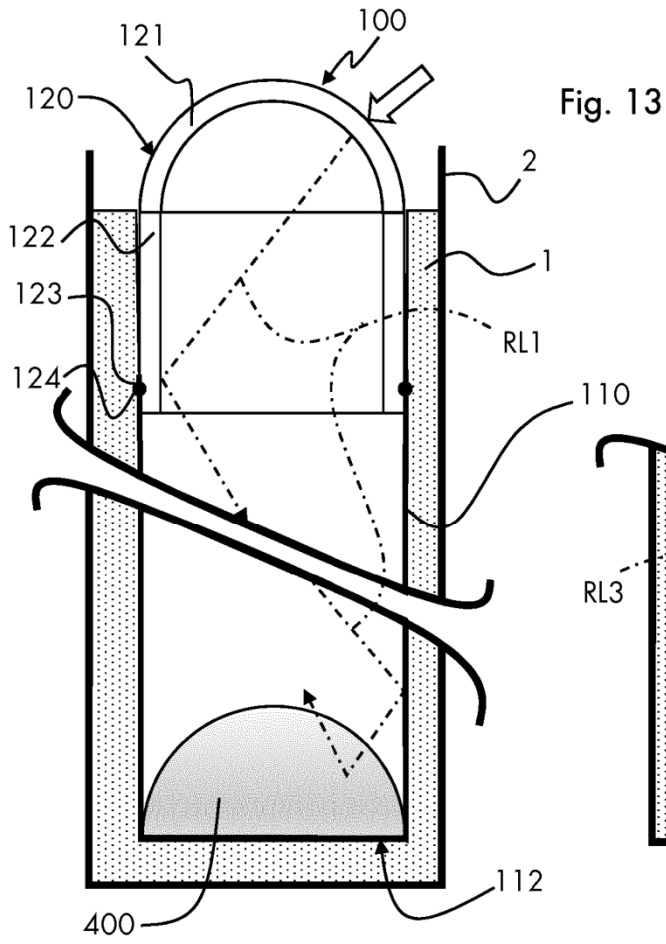


Fig. 12



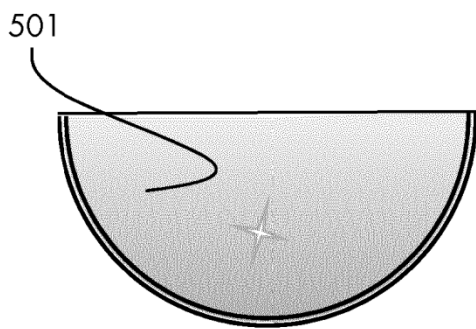
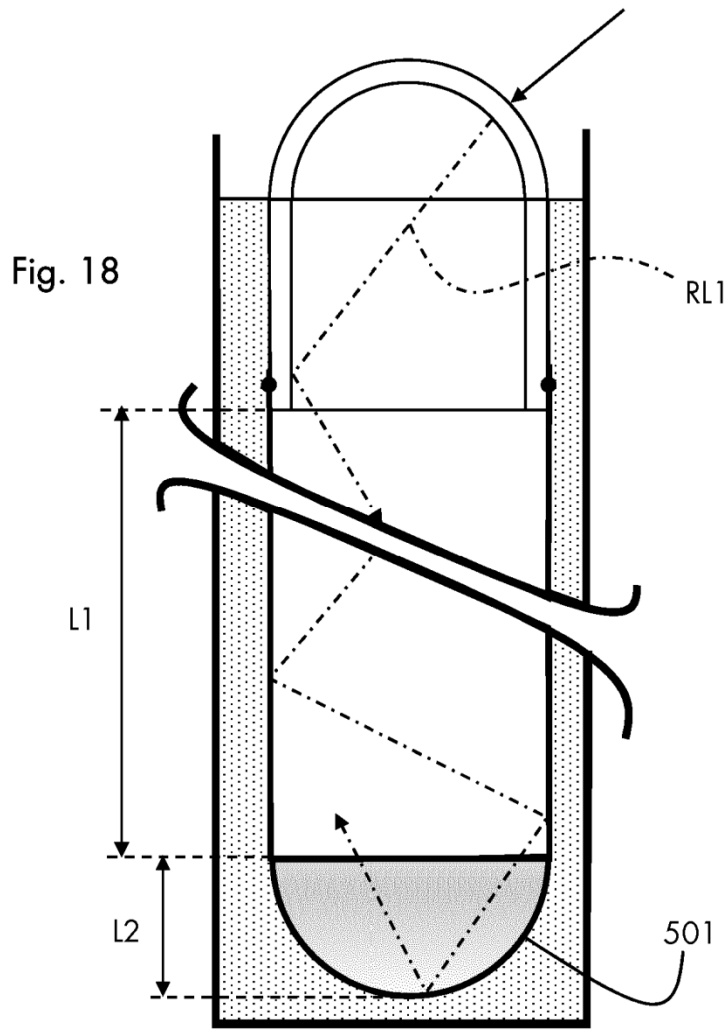


Fig. 19

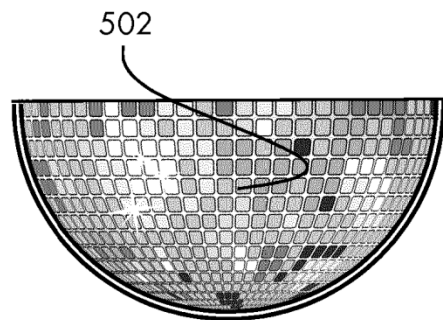


Fig. 20

