

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 035**

51 Int. Cl.:

C12M 1/00 (2006.01)

C12N 1/12 (2006.01)

G02B 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2008 E 08723905 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2012 EP 2121895**

54 Título: **Fotobiorreactor con distribuidor de luz y método para la producción de cultivo fotosintético**

30 Prioridad:

19.03.2007 EP 07104403

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

16.04.2013

73 Titular/es:

**FEYECON B.V. (100.0%)
Bos en Vaartstraat 11
2012 LG Haarlem, NL**

72 Inventor/es:

**WOERLEE, GEERT FEYE y
SIEWERS, ERNST-JAN**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 401 035 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

Fotobiorreactor con distribuidor de luz y método para la producción de cultivo fotosintético

5 Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un fotobiorreactor que comprende un líquido acuoso que comprende un cultivo fotosintético y un distribuidor de luz. La invención también se refiere a un método para la producción de un cultivo fotosintético en un biorreactor, al igual que al producto de cultivo fotosintético que se puede obtener a través de dicho método.

Antecedentes de la invención

[0002] En la técnica se conocen biorreactores para cultivar cultivos fotosintéticos tales como algas. Es un desafío acoplar la luz eficazmente en el líquido que contiene cultivo fotosintético. Por ejemplo, el documento US 3,986,297 divulga un ensamblaje de tanque doble sellado para usarlo en sustancias fotosintéticas cultivadas artificialmente tales como la chlorella. Crecimiento acelerado de cultivo altamente puro se obtiene mediante una combinación de una pluralidad de boquillas para emitir gases mezclados de dióxido de carbono y amoníaco, fuentes de luz para la aplicación intermitente de luz sustancialmente similar a la luz natural, y hélices agitadoras para la agitación del fluido de cultivo en un tanque interno, y un tanque externo para la regulación de la temperatura. Aquí, la fuente luminosa no es luz solar, sino una lámpara de xenón que, según el documento US 3,986,297, es sustancialmente similar a la luz natural. El documento US 6,602,703 divulga un fotobiorreactor para cultivar un organismo fotosintético. Este fotobiorreactor provee características que permiten la limpieza de la fuente luminosa. El fotobiorreactor tiene un recipiente para contener un medio de cultivo líquido para cultivar organismos fotosintéticos y tubos luminiscentes montados en el recipiente. El fotobiorreactor también tiene dispositivos de limpieza montados en el recipiente para limpiar la superficie externa de los tubos luminiscentes y accionadores para el accionamiento de los dispositivos de limpieza. Los tubos de luz pueden ser tubos de neón.

[0003] Los biorreactores anteriores utilizan iluminación artificial. El documento US 4,699,086 utiliza luz solar y divulga una planta de alimentación de peces que utiliza un dispositivo recolector de rayos solares y un dispositivo de cultivo de algas instalado en el mar, un lago o un estanque, etc. La planta comprende una estructura hecha de cilindros y construida por cilindros dispuestos verticalmente en el agua y que conectan los cilindros respectivos entre sí usando cilindros horizontales, un dispositivo recolector de rayos solares instalado en la superficie del agua sobre la estructura, y un dispositivo de cultivo para cultivar algas o similares instalado en el agua. Los rayos solares son recogidos por el dispositivo recolector de rayos solares y son transmitidos al dispositivo de cultivo para cultivar las algas o similares a través de un cable conductor óptico y son empleados como una fuente luminosa de fotosíntesis para las algas o similares. El dispositivo de cultivo cultiva las algas utilizando dióxido de carbono CO₂, fósforo, nitrógeno, sal nutritiva, etc. contenidos en el agua.

[0004] El documento WO 05068605 describe un reactor para cultivar microorganismos fotoautótrofos, donde la luz del sol se introduce en paredes de compartimento usando uno o más colimadores móviles. Las paredes de compartimento son transparentes y, desde allí, la luz se distribuye al reactor. Un reactor de este tipo tiene una recogida mejorada de radiación y una distribución mejorada de la radiación en el reactor, proveyendo así un reactor más eficaz y un cultivo más eficaz de microorganismos fotoautótrofos.

[0005] Además, Terry et al. en Enzyme Microb. Technol., 1985 (7), 474-487, Tredici et al. en Biotech. and Bioeng. 1998 (57), 187-197 y Mayer et al. en Biotech. and Bioeng. 1964 (VI), 173-190 describen diseños para fotobiorreactores.

[0006] El documento JP 8009809 describe un tapón de condensador que se puede usar en un aparato de cultivo de algas. El tapón de condensador está compuesto por una parte para recibir luz externa y comprende una lente de condensador, una pared reflectante y un cilindro luminiscente formado íntegramente por la parte que recibe la luz. El tapón de condensador se puede sumergir en un tanque de cultivo. La luz recibida por la parte que recibe la luz es emitida por el cilindro luminiscente en el tanque de cultivo.

[0007] El documento US 6,509,188 describe un fotobiorreactor que comprende una cámara de reactor con paredes hechas de material transparente de luz que define un volumen interior, donde la cámara de reactor tiene un aumento en el área de superficie mayor que la superficie plana envolvente del volumen interior de la cámara de reactor. Conforme a una forma de realización particular, las paredes del reactor tienen una sección transversal sinusoidal o con forma de meandro.

[0008] El documento WO 79/00282 describe un método de dispersión de luz en un medio de cultivo líquido usado para el cultivo (y producción) de algas. La luz solar se conduce a través de una guía de luz formada, por ejemplo, por un haz de fibras ópticas y es dispersada por todo el medio de cultivo líquido para aumentar la eficiencia del cultivo de las algas.

[0009] El documento EP-A 0 085 296 describe un aparato de conducción de luz para la reacción fotosintética, que comprende:

- un primer elemento de conducción de luz para la conducción de luz a través de él, que la luz entre por un extremo de dicho elemento de conducción de luz y salga por el otro extremo;
- una pluralidad de segundos elementos de conducción de luz dispuestos circularmente para conducir a través de ellos la entrada de luz de unas extremidades de los mismos a un confín en el que ocurren reacciones fotosintéticas; y
- medios giratorios distribuidores de luz para el encaminamiento de la salida de luz desde el dicho otro extremo del primer elemento de conducción de luz a los segundos elementos de conducción de luz a lo largo de, al menos, un camino óptico definido ahí dentro y la distribución de la luz a cada uno de los segundos elementos de conducción de luz una vez para una rotación completa de la misma.

[0010] El documento US 6,287,852 describe un sistema de cultivo fotosintético que comprende:

- un baño de cultivo que retiene un fluido que contiene microorganismos de planta, y que tiene una superficie de cultivo de recepción de luz,
- un conductor de perfil plano dispuesto de forma opuesta a la superficie de cultivo de recepción de luz,
- un receptor de luz montado sobre un borde del conductor de perfil plano para conducir la luz hacia el conductor de perfil plano, y
- el conductor de perfil plano tiene una capa reflectante difundida para reflejar la luz de forma difusa y la luz se pliega en ángulos sustancialmente rectos para conducir la luz sustancialmente de forma uniforme a la superficie de cultivo de recepción de luz.

[0011] El documento WO 90/15953 describe un dispositivo que consiste en un único sistema óptico continuo acoplado a una única fuente luminosa cuya superficie externa es una disposición de superficies planas anulares concéntricas o una disposición de superficies planas rectangulares. Cada superficie plana, sea ésta anular o rectangular, provee una base principal para un tronco de cono vacío o para un tronco de pirámide con una sección transversal rectangular. El pequeño cono de tronco o las bases de pirámide de tronco forman, en su vuelta, las bases superiores para guías ópticas que adquieren la forma de anillos cilíndricos concéntricos o de paralelepípedos rectangulares paralelos.

Resumen de la invención

[0012] Una desventaja de algunos de los fotobiorreactores del estado de la técnica anteriormente descritos es la aplicación de luz artificial, mientras que se usa preferiblemente luz solar, por ejemplo por cuestiones energéticas y de eficiencia. Además, otra desventaja de algunos de los fotobiorreactores del estado de la técnica puede ser el acoplamiento, a veces ineficiente, de la luz solar. Además, algunos de los fotobiorreactores del estado de la técnica anteriormente descritos tienen una construcción relativamente complicada y usan a veces una óptica complicada para iluminar el líquido con cultivo fotosintético.

[0013] Por lo tanto, es un objeto de la invención proveer un fotobiorreactor alternativo, que evite preferiblemente una o más de las desventajas mencionadas anteriormente. Otro objeto de la invención es proveer un fotobiorreactor con una construcción relativamente económica y una óptica relativamente económica. Además, otro objeto es proveer un fotobiorreactor alternativo que permita una buena homogeneización, de manera que la distribución de luz sobre los cultivos fotosintéticos sea relativamente uniforme. Este objeto se consigue mediante el fotobiorreactor descrito en la reivindicación 1.

[0014] En primer lugar se describe un fotobiorreactor que comprende un recipiente que contiene (durante el uso) un líquido acuoso que comprende un cultivo fotosintético y un distribuidor de luz, especialmente una pluralidad de distribuidores de luz, donde el (cada) distribuidor de luz tiene una superficie dispuesta para recibir luz y una superficie estrechada dispuesta para emitir al menos parte de la luz recibida, donde al menos parte de la superficie estrechada se sumerge en el líquido acuoso que comprende el cultivo fotosintético. La ventaja de tal fotobiorreactor, y especialmente el uso del distribuidor de luz según la invención, es que la luz puede ser distribuida eficazmente, tal como a niveles hasta aproximadamente $200\text{-}300\ \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en el líquido acuoso que comprende el cultivo fotosintético por medios económicos y relativamente simples. Este concepto permite una fracción de volumen altamente iluminada (proporción del volumen del líquido acuoso que comprende el cultivo fotosintético que recibe luz suficiente para el crecimiento celular al volumen total del líquido acuoso que comprende el cultivo fotosintético), por ejemplo al menos aproximadamente el 50%, pero más preferiblemente al menos aproximadamente el 80%. Mientras que, por ejemplo, en estanques "normales" durante el cultivo de algas sólo se puede utilizar una capa superior del agua, con la invención, la luz penetra en más profundidad en el estanque y, por tanto, se ilumina con luz más cultivo fotosintético. Además, se puede distribuir un número óptimo de fotones (aproximadamente $50\text{-}400\ \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$; dependiendo del cultivo) en todos los cultivos, mientras que en los estanques del estado de la técnica el estrato superior recibe un nivel ligero de luz, que se puede usar sólo parcialmente para la fotosíntesis.

[0015] La distribución de luz puede incluso mejorarse añadiendo reflectores a la superficie estrechada. Por lo tanto, en una forma de realización, al menos parte de la superficie estrechada comprende un reflector dispuesto para reflejar de nuevo, al menos, parte de la luz recibida al distribuidor de luz. La luz puede proveerse de esta manera al líquido acuoso incluso de forma más profunda por debajo de la superficie del líquido.

[0016] El distribuidor de luz puede tener una forma seleccionada del grupo que consiste en una forma cónica, una forma parabólica y una forma de pirámide.

5 [0017] El distribuidor de luz es un cuerpo vacío, donde el cuerpo vacío es adecuado opcionalmente para contener un líquido, por ejemplo agua. Cuando el distribuidor de luz vacío se rellena con agua (y/u otro líquido), el número de reflexiones en el distribuidor de luz puede aumentar. De esta manera, la luz también se puede proveer al líquido acuoso incluso de forma más profunda por debajo de la superficie del líquido. El distribuidor de luz también puede comprender una pluralidad de materiales. Por ejemplo, en una forma de realización, el distribuidor de luz vacío se rellena de otro material sólido transparente. Por lo tanto, la cavidad del cuerpo vacío puede rellenarse, al menos parcialmente, (es decir, comprender) de un líquido y/o puede rellenarse al menos parcialmente (es decir, comprender) de un sólido.

15 [0018] Según la invención, el fotobiorreactor comprende además un segundo cuerpo, el segundo cuerpo que comprende una cavidad con una superficie estrechada, donde el distribuidor de luz y el segundo cuerpo están dispuestos en una configuración donde el distribuidor de luz está al menos parcialmente dispuesto en la cavidad y donde hay una distancia entre la superficie estrechada de la cavidad del segundo cuerpo y la superficie estrechada del distribuidor de luz. Preferiblemente, la cavidad y el distribuidor de luz tienen formas sustancialmente correspondientes. De esta manera, el segundo cuerpo y el (los) distribuidor(es) de luz se puede disponer en una disposición de hembra-macho y se puede obtener un flujo sustancialmente homogéneo entre la(s) superficie(s) estrechada(s) de la(s) cavidad(es) y la(s) superficie(s) estrechada(s) del (de los) distribuidor(es). Preferiblemente, al menos parte del (de los) vacío(s) entre la(s) superficie(s) estrechada(s) de la(s) cavidad(es) y la(s) superficie(s) estrechada(s) del (de los) distribuidor(es) tiene una anchura constante, es decir, que al menos parte de la(s) superficie(s) estrechada(s) de la(s) cavidad(es) y, al menos, parte de la(s) superficie(s) estrechada(s) del arco de distribuidor(es) están dispuestas a una distancia constante.

25 [0019] El fotobiorreactor según la invención comprende una pluralidad de distribuidores de luz y opcionalmente comprende además un segundo cuerpo que comprende una pluralidad de cavidades.

30 [0020] En una forma de realización especialmente preferida, el fotobiorreactor comprende además una construcción, donde la construcción comprende la pluralidad de distribuidores de luz. Los distribuidores de luz pueden, por ejemplo, estar dispuestos en una construcción de este tipo o ser integrados en la construcción. En una forma de realización específica, la construcción que comprende la pluralidad de distribuidores de luz es una construcción corrugada, y los distribuidores de luz son corrugaciones. Los distribuidores de luz pueden, por ejemplo, haber estrechado las superficies en forma de cuña (o con forma de "V") o curvadas, es decir las corrugaciones pueden ser en forma de cuña (o con forma de "V") o curvadas, especialmente curvadas en forma de parábola. Durante el uso del fotobiorreactor, las corrugaciones están dispuestas con, al menos, parte de la superficie estrechada sumergida en el líquido acuoso que comprende el cultivo fotosintético. Como estará claro para el experto en la técnica, la construcción también puede comprender una combinación de distribuidores en forma de cuña (o forma de V) y curvados (es decir, aquí especialmente corrugaciones).

40 [0021] La invención provee, en otro aspecto, un método para la producción de un cultivo fotosintético que comprende: provisión de un líquido acuoso y el cultivo fotosintético a un recipiente de un fotobiorreactor, proveyendo un distribuidor de luz según la invención, especialmente una pluralidad de distribuidores de luz, o la construcción según la invención, y la sumersión de, al menos, parte de la(s) superficie(s) estrechada(s) del (de los) distribuidor(es) de luz en el líquido acuoso que comprende el cultivo fotosintético, y la provisión de luz a la(s) superficie(s) dispuesta(s) para recibir luz del (de los) distribuidor(es) de luz. En otros aspectos, la invención provee el uso del distribuidor de luz o la construcción según la invención para distribuir luz en un fotobiorreactor, y el uso del fotobiorreactor según la invención para la producción de un cultivo fotosintético (es decir, la formación de biomasa).

Breve descripción de los dibujos

50 [0022] Ahora se describirán las formas de realización de la invención, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los cuales los símbolos de referencia correspondiente indican las partes correspondientes:

55 [0023] La figura 1 representa esquemáticamente en variaciones de vista lateral al respecto del fotobiorreactor y distribuidores de luz según la invención;

[0024] Las figuras 2a-2c representan esquemáticamente varios distribuidores de luz vistos desde el lado (2a,2c) y vistos desde el fondo (2b); la figura 2d representa esquemáticamente una variación en estas formas de realización.

60 [0025] La figura 3 representa esquemáticamente en vista lateral del fotobiorreactor según la invención;

[0026] Las figuras 4a-4c representan esquemáticamente vistas superiores de disposiciones de distribuidores de luz en un recipiente;

65 [0027] Las figuras 5a-5c representan esquemáticamente distribuidores de luz alargados; la figura 5b es una vista lateral

del distribuidor de luz alargado de la figura 5a o 5b; la figuras 5a y 5c son vistas en perspectiva;

[0028] Las figuras 6a-6c representan esquemáticamente construcciones que comprenden distribuidores de luz, donde la figura 6a representa esquemáticamente mediante vista lateral de tal construcción en un fotobiorreactor, la figura 6b representa esquemáticamente en perspectiva una forma de realización de la construcción (como la de la figura 6a), y donde la figura 6c representa esquemáticamente una construcción alternativa con una pluralidad de distribuidores de luz (que no son alargados), y donde los distribuidores de luz tienen superficies estrechadas en forma de parábola.

Descripción detallada de las formas de realización preferidas

[0029] La figura 1 representa esquemáticamente en variaciones de vista lateral al respecto de un fotobiorreactor 1 y distribuidores de luz 30. El fotobiorreactor 1 comprende un reactor o recipiente 10. Preferiblemente, el fotobiorreactor 1 de la invención es un fotobiorreactor cerrado. No obstante, el fotobiorreactor 1 también puede ser abierto.

[0030] El recipiente 10 en una forma de realización puede ser un estanque o una parte del mismo, un lago o una parte del mismo, una parte de un arroyo, una parte de un río, una parte de un canal o una parte de un mar. Por ejemplo, el recipiente 10 puede ser un recipiente artificial con fondo de reactor 13 y paredes 14, pero el recipiente 10 también puede ser un estanque o una parte del mismo, donde las paredes 14 están dispuestas en el estanque en el fondo del estanque 13 para obtener un recipiente 10 en el estanque. La invención se refiere a otro recipiente 10. Aquí, el término "recipiente artificial" se refiere a recipientes, contenedores o reactores donde la(s) pared(es) 14 y el fondo 13 son hechos por el hombre, igual que la(s) pared(es) 14 que comprende(n) un recipiente y el fondo 13 de uno o más materiales seleccionados del grupo que consiste en acero, plástico, hormigón y otros materiales que pueden utilizarse para ensamblar el recipiente. En una forma de realización, la(s) pared(es) 14 comprende(n) un material transparente. El recipiente 10 está dispuesto y construido para contener líquido 20.

[0031] El recipiente 10 contiene, al menos durante el uso del fotobiorreactor 1, un líquido acuoso 20, preferiblemente agua, que comprende un cultivo fotosintético 21. Por lo tanto, el recipiente 10 está dispuesto o construido para contener, durante el uso, el líquido acuoso 20 que comprende un cultivo fotosintético 21.

[0032] El cultivo fotosintético 21 puede comprender (micro) algas, pero también otras especies que pueden convertir la radiación del sol en biomasa como por ejemplo bacterias fotosintéticas púrpuras. Las especies vivas que pueden crecer en un líquido y así formar biomasa y/u otro material útil, y para lo cual la luz es esencial para crecer, aquí se indican como cultivos fotosintéticos. Con cultivo fotosintético 21 no sólo se refiere a algas (verdes), sino a todos los microorganismos fotosintéticos, como la cianobacteria, la rodofita (algas rojas), la clorofita (algas verdes), dinofita, crisofita (algas marrones doradas), primnesiofita (haptofita), bacilariofita (diatomeas), xantofita, eustigmatofita, rafidofita, feofita (algas marrones) y bacterias fotosintéticas púrpuras. El experto en la materia conoce las algas adecuadas. Se pueden utilizar, por ejemplo, *Dunaliella salina*, *Haematococcus pluvialis*, *Nannochloropsis*, sp. *Chlorella* sp., *Chlamydomonas reinhardtii*, *Arthrospira* sp., *Nostoc* sp, *Scenedesmus*, *Porphyridium*, *Tetraselmis*, *Spirulina* sp., etc. El cultivo fotosintético 21 para uso en esta invención puede comprender cultivos de células de otros organismos como (micro) algas genéticamente modificadas, (micro) algas genéticamente mejoradas, etc. También se pueden aplicar combinaciones de dos o más cultivos fotosintéticos diferentes como cultivo fotosintético 21.

[0033] Ventajosamente, la invención provee el recipiente 10 donde el líquido 20 comprende aproximadamente 1-50 gramos/l de cultivo fotosintético 21. Se pueden obtener concentraciones de aproximadamente 5 hasta 50 gramos/l o posiblemente incluso más alto, mientras que los reactores para el cultivo de cultivo fotosintético 21 del estado de la técnica puede comprender líquidos que contienen 2-3 gramos/l de cultivo fotosintético 21. De esta manera, el volumen de reactor se puede utilizar mejor que en el caso para reactores en el estado de la técnica.

[0034] El fotobiorreactor 1 comprende, además, un distribuidor de luz 30. Aquí, el término "distribuidor de luz" también incluye varios distribuidores de luz. El distribuidor de luz 30 tiene una superficie 31 dispuesta para recibir luz 40 y una superficie estrechada 32 dispuesta para emitir, al menos, parte de la luz recibida 40. La superficie 31 puede, por lo tanto, ser también indicada como superficie de recepción de luz 31 y la superficie 32 puede, por lo tanto, ser indicada también como superficie de emisión de luz 32. Durante el uso del fotobiorreactor 1, el (los) distribuidor(es) de luz 30 están dispuestos en el reactor 1 con al menos parte de la superficie 31 sobre la superficie del líquido 22, pero preferiblemente la superficie entera 31 se encuentra sobre la superficie líquida 22. Asimismo, durante el uso del fotobiorreactor 1, el (los) distribuidor(es) de luz 30 está(n) dispuesto(s) en el reactor 1 con al menos parte de la superficie estrechada 32 en el líquido 20. Preferiblemente al menos aproximadamente el 50%, tal como aproximadamente el 50-80%, más preferiblemente al menos aproximadamente el 70%, tal como aproximadamente el 70-90%, y más preferiblemente al menos aproximadamente el 90%, tal como aproximadamente el 90-100%, de la superficie estrechada 32 se sumerge en el líquido durante la operación del fotobiorreactor 1.

[0035] Los distribuidores de luz 30 se pueden construir para ser flotantes. El experto en la técnica sabe cómo hacer objetos flotantes, por ejemplo seleccionando el tipo de material y su densidad relativa, la forma, la presencia de cámaras de aire, etc.

[0036] El distribuidor de luz 30 tiene una superficie superior 38, que puede comprender una abertura. Cuando la

superficie superior 38 se cierra, la superficie superior 38 comprende la superficie de recepción de luz 31 (es decir, incluyendo la forma de realización donde la superficie superior 38 consiste sustancialmente en la superficie de recepción de luz 31), cuando la superficie superior 38 está abierta, la luz 40 puede penetrar sustancialmente sin obstáculos en los bordes del distribuidor de luz. Una abertura de este tipo puede ser dispuesta especialmente para permitir que la luz 40, tal como la luz solar, penetre en un distribuidor de luz vacío 30 (ver también abajo).

[0037] No obstante, el (los) distribuidor(es) de luz 30 también se pueden contener en una construcción dispuesta sobre o en el líquido 20. Tal construcción está dispuesta para mantener al menos parte de la superficie estrechada 32 durante el uso por debajo de la superficie del líquido 22 y, al menos, parte de la superficie 31 dispuesta para recibir luz 40 sobre la superficie del líquido 22 (ver también arriba). Formas de realización de tal construcción esquemáticamente se representan en las figuras 6a-6c (ver abajo).

[0038] Ventajosamente, el (los) distribuidor(es) de luz 30 se pueden usar así para distribuir luz en un fotobiorreactor 1, donde el recipiente 10 es por ejemplo un estanque o una parte del mismo, un lago o una parte del mismo, una parte de un arroyo, una parte de un río, parte de un canal, o una parte de un mar. Conteniendo el líquido entre las paredes 14 y el fondo 13 y disponiendo los distribuidores de luz 30 en el líquido 20, se obtiene el fotobiorreactor 1, donde se pueden cultivar algas, etc. Parte de los distribuidores de luz 30 sobresaldrán del líquido 20 (es decir, se extiende desde el líquido 20), y esta parte puede recibir luz 40. De esta manera, los estanques naturales, etc. se pueden usar fácilmente como fotobiorreactores 1. Por lo tanto, la invención también provee un distribuidor de luz 30 de por sí con una superficie 31 dispuesta para recibir luz 40 y una superficie estrechada 32 dispuesta para emitir al menos parte de la luz recibida 40. El distribuidor de luz 30 según la invención es especialmente un distribuidor de luz 30 para un fotobiorreactor que comprende un líquido acuoso que contiene un recipiente 20 que comprende el cultivo fotosintético 21, el distribuidor de luz 30 tiene una superficie 31 dispuesta para recibir luz 40 de una fuente, tal como el sol y/o una fuente artificial tal como una o más lámparas y/o uno o más LED, dispuestos fuera del líquido acuoso 20 (es decir, sobre la superficie del líquido 22 en el contenedor o recipiente 10), y una superficie estrechada 32 dispuesta para emitir, al menos, parte de la luz recibida 40 en el líquido acuoso 20.

[0039] Por lo tanto, el (los) distribuidor(es) de luz 30 están durante su uso dispuestos de manera que al menos parte de la superficie estrechada 32 se sumerge en el líquido acuoso 20 que comprende el cultivo fotosintético 21. El (los) distribuidor(es) de luz 30 tienen una parte estrechada, con una superficie estrechada 32 y una parte diseñada para la recepción de luz con una superficie 31 dispuesta para recibir luz 40. Durante su uso, la superficie 31 dispuesta para recibir luz se dispone al menos parcialmente sobre la superficie del líquido 22. El fotobiorreactor 1 puede comprender, además, medios adicionales para concentrar la luz 40 en el líquido 20. Por ejemplo, la superficie 31 del (de los) distribuidor(es) de luz 30 pueden comprender lentes, etc.

[0040] Como estará claro para el experto en la técnica, el material del (de los) distribuidor(es) de luz 30 es esencialmente transparente. Esto significa que al menos parte del (de los) distribuidor(es) de luz 30, especialmente aquellas partes que son necesarias para recibir luz 40 y transportar esta luz a, al menos, parte de la superficie estrechada 32 son transparentes. Preferiblemente, el (los) distribuidor(es) de luz 30 está(n) hecho(s) de un material transparente. El término "transparente" es conocido por el experto en la técnica. Transparente aquí indica especialmente que la luz visible bajo la irradiación perpendicular de una pieza de material de 1 cm de grosor se transmite para al menos aproximadamente el 70%, más preferiblemente al menos aproximadamente el 90%, incluso más preferiblemente al menos aproximadamente el 95%, hasta sustancialmente el 100% de transmisión. Los materiales transparentes que se pueden usar pueden, por ejemplo, ser seleccionados del grupo que consiste en vidrio, polimetilacrilato (PMA), polimetilmetacrilato (PMMA) (Plexiglas o Perspex), acetobutirato de celulosa (CAB), policarbonato (PC), policloruro de vinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET), y tereftalato de polietileno modificado con glicol (PETG). En otra forma de realización, el material comprende un acrilato, por ejemplo PMA o PMMA, especialmente PMMA. Tales materiales también se conocen en la técnica como plásticos transparentes. En otra forma de realización, el material comprende plásticos transparentes conocidos comercialmente como PERSPEX™ o PRISMEX™. Preferiblemente, el distribuidor de luz 30 según la invención consiste esencialmente en un material transparente.

[0041] Debido a la forma del (de los) distribuidor(es) de luz 30, la luz recibida se propagará al (a los) distribuidor(es) de luz 30 y será transmitida y/o reflejada a la superficie estrechada 32. La luz que es transmitida puede ser absorbida por el cultivo fotosintético 21 en el líquido 20 cerca de la superficie estrechada 32. La luz reflejada se propagará, además, a través del (de los) distribuidor(es) de luz 30 y se reunirá con otra parte de la superficie estrechada 32 y allí puede ser transmitida y/o reflejada. Cuantas más reflexiones, más baja será la penetración de la luz recibida 40 en el (los) distribuidor(es) de luz 30 y, así, será menor en el recipiente 10 la luz recibida 40 que puede ser absorbida por el cultivo fotosintético 21. La luz transmitida en el líquido 20 está indicada con número de referencia 42.

[0042] La distancia entre los distribuidores de luz 30, indicada como distancia d3 entre las partes finales o "partes superiores" de la superficie estrechada 32, puede ser aproximadamente de 2-200 cm.

[0043] Para promover el número de reflexiones, en una forma de realización al menos parte de la superficie estrechada 32 comprende un reflector 33 dispuesto para reflejar de nuevo al menos parte de la luz recibida 40 al distribuidor de luz 30. En la figura 1 se muestra dicho reflector 33. Preferiblemente, el reflector ocupa en el rango de aproximadamente 10-90% de la superficie estrechada 32; preferiblemente, los reflectores sólo se disponen en/sobre la parte superior de la

superficie estrechada 32. Los reflectores se conocen en la técnica y pueden, por ejemplo, comprender láminas reflectantes. En una forma de realización, el reflector 33 también puede ser dispuesto para transmitir al menos parte de la luz recibida 40 (por ejemplo, un reflector construido para transmitir entre aproximadamente el 2-25% de la luz recibida 40). El (los) reflector(es) 32 puede(n) rodear circunferencialmente al menos parte de la superficie estrechada 32. El reflector 33 puede rodear circunferencialmente el distribuidor de luz 30, y puede ocupar en el rango de aproximadamente 10-90% de la superficie estrechada 32.

[0044] Como se ha mencionado anteriormente, cuantas más reflexiones, menor será la luz recibida 40 que penetra en el (los) distribuidor(es) de luz 30 y, así, será menor en el recipiente 10 la luz recibida 40 que puede ser absorbida por el cultivo fotosintético 21. Por lo tanto, el (los) distribuidor(es) de luz 30 tiene(n) preferiblemente una forma seleccionada del grupo que consiste en una forma cónica, una forma parabólica y una forma de pirámide. Como estará claro para el experto en la técnica, el fotobiorreactor 1 puede comprender diferentes tipos de distribuidores de luz 30 y durante la operación (durante el uso) pueden aplicarse diferentes tipos de distribuidores de luz 30. Así, las combinaciones de dos o más tipos diferentes de formas de distribuidores de luz 30 se pueden aplicar en el fotobiorreactor 1. En una forma de realización se prefieren formas parabólicas, ya que parece que los rayos incidentes de luz queden retenidos en mayor proporción que en formas curvadas (redondas), y así la luz puede penetrar de forma más profunda en el líquido. Por lo tanto, la superficie estrechada 32 está especialmente "curvada en forma de parábola", "estrechada en forma de parábola" o "estrechada y curvada en forma de parábola".

[0045] Las figuras 2a-2c representan esquemáticamente un número no limitativo de posibles tipos de distribuidores de luz 30. La figura 2a muestra esquemáticamente las vistas laterales de distribuidores de luz posibles 30 y la figura 2b muestra esquemáticamente las vistas como se ven desde el fondo de los distribuidores de luz 30. Los distribuidores de luz 30 tienen una superficie 31 de ápice o de recepción de luz y una parte final 34. La parte final 34, de hecho, es la parte superior de los objetos matemáticos pirámide, tetraedro o cono.

[0046] Aquí se pueden utilizar también conos truncados, tetraedros o pirámides. Además, también se pueden utilizar otras formas, tales como pirámides pentagonales, cúpulas triangulares, cúpulas cuadradas, cúpulas pentagonales, rotondas pentagonales, o tipos alargados de las mismas como conos alargados, pirámides alargadas cuadradas, tetraedros alargados, pirámides alargadas pentagonales, cúpulas alargadas triangulares, cúpulas alargadas cuadradas, cúpulas alargadas pentagonales, rotondas alargadas pentagonales. Los distribuidores de luz pueden tener una forma regular, pero también pueden tener una forma irregular o asimétrica. Todas estas formas, y otras formas se indican aquí como formas estrechadas con superficies estrechadas 32. Como estará claro para el experto en la técnica, una superficie estrechada 32 también puede incluir una pluralidad de superficies tales como 3 (tetraedro), 4 (pirámide cuadrada), etc. Aquí, una superficie 32 que comprende una pluralidad de superficies (ver también dibujos esquemáticos de la figura 2b), se indica como superficie 32. Como estará claro para el experto en la técnica, el fotobiorreactor 1 puede comprender diferentes tipos de distribuidores de luz 30 y durante la operación (durante uso) se pueden aplicar diferentes tipos de distribuidores de luz 30. Así combinaciones de dos o más tipos diferentes de formas de distribuidores de luz 30 se pueden aplicar en el fotobiorreactor 1.

[0047] Por motivos de simplicidad aquí se tratan más extensamente sólo los conos, tetraedros y pirámides. Estos objetos tienen una base (opcionalmente curvada), que comprende esencialmente la superficie 31 de recepción de luz y una parte estrechada con una superficie estrechada 32, que se estrecha en un ápice 34. Se debe tener en cuenta que durante el uso, el ápice 34 estará en el líquido 20, mientras que la base estará, al menos parcialmente y más preferiblemente en su totalidad, sobre la superficie del líquido 22.

[0048] La figura 2a, el tipo I muestra una vista lateral de un distribuidor de luz piramidal o cónico tetraédrico 30; el tipo II es igual que el tipo I, no obstante, la superficie superior 31, es decir, la superficie dispuesta para recibir luz 40 es curvada, aquí es preferiblemente convexa. La superficie estrechada 32 forma un ángulo α con un eje longitudinal a través del cuerpo estrechado (es decir, el distribuidor de luz 30). El ángulo α preferiblemente está en el rango de aproximadamente 1-45°, más preferiblemente en el rango de aproximadamente 2-40°, incluso más preferiblemente en el rango de aproximadamente 5-35°. Por lo tanto, en una forma de realización, la superficie estrechada 32 es recta y tiene un ángulo α con un eje longitudinal 100 del distribuidor de luz 30, preferiblemente en el rango de aproximadamente 1-45°.

[0049] La figura 2b muestra a la izquierda vistas laterales de la parte de final 34; es decir, vistas a lo largo del eje longitudinal viendo desde el lado del ápice 34. En caso de una pirámide cuadrada, se encontrará la primera vista desde la izquierda; en caso de un tetraedro, se encontrará la segunda vista desde la izquierda y, en caso de un cono, se encontrará una de las dos vistas derechas. A modo de ejemplo, la figura 2 muestra de la izquierda a la derecha una vista desde abajo de una pirámide cuadrada con superficie 32 sustancialmente plana (aunque en una forma de realización, la superficie 32 también puede ser curvada), un tetraedro con superficie 32 curvada (aunque en una forma de realización, la superficie 32 también puede ser plana), una forma parabólica y otra vez una forma parabólica, pero ahora con reflector 33. Se debe tener en cuenta que todos los distribuidores de luz 30 representados esquemáticamente pueden comprender o pueden no comprender reflector 33 sobre o en, al menos, parte de la superficie 32.

[0050] Por lo tanto, en lugar de (o además de) los distribuidores de luz 30 de los tipos I y II, también se pueden aplicar distribuidores de luz 30 que tienen una superficie curvada estrechada 32. Estos tipos se indican en la figura 2a como

tipos III y IV. El experto en la técnica entiende que se encontrarán sustancialmente las mismas vistas laterales como se ve desde la parte final 34 de los tipos I y II. Por lo tanto, en una forma de realización la invención provee un distribuidor de luz 30 donde la superficie estrechada 32 está curvada. Los tipos III y IV también se indican aquí como "formas parabólicas". Dichos tipos pueden tener superficies 32 estrechadas curvados en forma de parábola.

[0051] Por motivos de ilustración, un tipo cónico (el cual puede ser de los tipos I-IV) con un reflector 33 se indica posteriormente en la figura 2b (derecha). En la figura 2a, dicho reflector 33 es sólo representado a modo de ejemplo en el tipo IV, aunque todos los tipos pueden tener dicho reflector 33. También se ve un ejemplo de un reflector que comprende el distribuidor de luz 30 en la figura 1, donde el distribuidor de luz central 30 comprende un reflector 33 a modo de ejemplo.

[0052] Un distribuidor de luz 30 es descrito donde el distribuidor de luz 30 es un cuerpo vacío, y donde el cuerpo vacío opcionalmente se adecua para contener un líquido o un material sólido. La figura 2c representa esquemáticamente un tipo vacío de ese tipo del distribuidor de luz 30. El distribuidor de luz 30 tiene una cavidad 35, con pared(es) de cavidad 36. Preferiblemente, la cavidad 35 no está llena del cultivo fotosintético 21 que comprende líquido acuoso. Preferiblemente, la cavidad se puede rellenar con agua u otro líquido; la cavidad 35, opcionalmente llena de un líquido o material sólido, aumenta el número de reflexiones. La cavidad puede estar cerrada, por ejemplo por una superficie de recepción de luz 31, o puede estar abierta, como se representa esquemáticamente en la figura 2c. Se debe tener en cuenta que a modo de ejemplo, en la figura 2c se representa esquemáticamente una variante donde, al menos, parte de la pared de cavidad 36 comprende un reflector 37. Como se ha mencionado anteriormente, cuando la superficie superior 38 se cierra, el distribuidor de luz 30 se cierra sustancialmente por una superficie de recepción de luz 31; cuando el distribuidor de luz 30 estuviera abierto, es decir, la superficie superior 38 comprendería una abertura, la superficie de recepción de luz 31 puede coincidir al menos parcialmente con las pared(es) de la cavidad 36. El distribuidor de luz 30 en la figura 2c se representa esquemáticamente con un 39. Cuando el distribuidor de luz 30 está abierto, tal como se indica a modo de ejemplo en la figura 2c, al menos parte de la(s) pared(es) de cavidad 36 puede tener la función de superficie de recepción de luz.

[0053] Los distribuidores de luz 30 tienen una altura h_1 y, en el caso de distribuidores 30 formados cónicamente (cónico o parabólico), un diámetro d_1 . En el caso de formas piramidales (cuadrado, piramidal o tetraedro), u otras formas, los distribuidores de luz 30 tienen una anchura w_1 y una longitud l_1 . Preferiblemente, h_1 , w_1 , l_1 se encuentran independientemente en el rango de aproximadamente 5-100 cm y d_1 , w_1 , l_1 se encuentran independientemente en el rango de aproximadamente 1-20 cm. Las proporciones h_1/l_1 , h_1/w_1 y h_1/d_1 se encuentran preferiblemente independientemente en el rango de aproximadamente 5-30. La superficie 31 dispuesta para recibir luz preferiblemente tiene una área (indicada con la referencia 131) de aproximadamente 4-400 cm², preferiblemente en el rango de aproximadamente 4-100 cm². La superficie estrechada 32 dispuesta para transmitir luz al líquido acuoso que comprende el cultivo fotosintético preferiblemente tiene una área 232 de aproximadamente 10-4000 cm². Preferiblemente, la superficie 32 es aproximadamente 2-50, especialmente aproximadamente 2-40 veces, más preferiblemente aproximadamente 4-30, especialmente entre 5-30 veces más grande que la superficie 31. Por lo tanto, en una forma de realización preferida la proporción del área de superficie 232 de la superficie 32 al área de superficie 131 de la superficie 31 se encuentra en el rango de aproximadamente 2-50, especialmente 2-40, tal como aproximadamente 4-30, como por ejemplo especialmente 5-30. El experto en la técnica puede sintonizar los rangos y proporciones de las dimensiones dependiendo, por ejemplo, de la latitud en la que será aplicado el fotobiorreactor y opcionalmente de las especies de algas. Cuando el distribuidor de luz 30 está abierto, es decir la superficie superior 38 puede comprender una abertura 39, la proporción del área de superficie 232 de la superficie 32 al área de superficie 131 de la superficie 31 puede ser en el rango de aproximadamente 1-50. Cuando la proporción de l_1/W_1 no es sustancialmente 1, se pueden obtener distribuidores alargados de luz 30, que se alargan a lo largo de un eje perpendicular al eje longitudinal 100 (ver figuras 5a-5c y 6a-6c).

[0054] Con referencia a la figura 2d, los distribuidores de luz 30 también pueden tener formas asimétricas, por ejemplo como se representa esquemáticamente en esta figura. Parte de la superficie externa que está dispuesta para ser sumergida en el líquido acuoso 21 durante el uso del fotobiorreactor 1 puede no ser sustancialmente estrechada de forma recta y parte de la superficie externa se puede estrechar, es decir puede ser una superficie estrechada 32, tal y como se define aquí. En referencia a los tipos I y II, parte de la superficie externa que está dispuesta para ser sumergida en el líquido 20 tiene $\alpha=0^\circ$, y parte de la superficie externa que está dispuesta para ser sumergida en el líquido 20 tiene $0^\circ < \alpha < 90^\circ$. Esto puede ser ventajoso en relación a la latitud donde el fotobiorreactor 1 debe ser aplicado. Cuando se usan tales distribuidores asimétricos de luz 30, en general sobre la mitad de la superficie externa que está dispuesta para ser sumergida en el líquido acuoso 21 durante el uso del fotobiorreactor 1 puede no ser estrechada de forma recta (es decir, vertical en relación a la superficie de la tierra o en relación a la superficie líquida 22), y la mitad de la superficie externa que está dispuesta para ser sumergida en el líquido acuoso 21 durante el uso del fotobiorreactor 1 puede comprender la superficie estrechada 32 tal y como se define aquí. Por motivos de comprensión, la parte de la superficie externa que está dispuesta para ser sumergida en el líquido acuoso 21 durante el uso del fotobiorreactor 1 es indicada a continuación con la referencia 432; la superficie no estrechada (recta) es indicada con la referencia 430. Por lo tanto, la parte de la superficie externa 430 que está dispuesta para ser sumergida no comprende esencialmente la superficie de recepción de luz 31. Por lo tanto, en una forma de realización del distribuidor de luz 30 según la invención, el distribuidor de luz 30 tiene una superficie 31 dispuesta para recibir luz 40 y una superficie externa 432 que está dispuesta para ser sumergida en el líquido acuoso 21 durante el uso del fotobiorreactor 1, donde al menos parte de la superficie externa

432 comprende una superficie estrechada 32 dispuesta a emitir una parte mínima de la luz recibida 40, y opcionalmente parte de la superficie externa 432 comprende una superficie no estrechada (recta) 430. Como está claro para el experto en la técnica, la proporción del área de superficie de la superficie 432 al área de superficie de la superficie 31 puede encontrarse en el rango de aproximadamente 2-50, más especialmente aproximadamente 5-30 (ver más también arriba).

[0055] También estas formas de realización pueden comprender un reflector 33, como se indica en la figura 2d, tipo IV. Por lo tanto, para aumentar el número de reflexiones, en una forma de realización al menos parte de la superficie estrechada 32 y al menos parte de la superficie no estrechada 430 puede comprender un reflector 33 dispuesto para reflejar de nuevo al menos parte de la luz recibida 40 al distribuidor de luz 30. En la figura 2dI, se muestra tal reflector 33. Preferiblemente, el reflector ocupa en el rango de aproximadamente 10-90% de la superficie estrechada 32 y la superficie no estrechada 430; preferiblemente, los reflectores sólo son dispuestos en/sobre la parte superior de la superficie estrechada 32 y la superficie no estrechada 430.

[0056] Además, como estará claro para el experto en la técnica, los distribuidores de luz 30 con superficie asimétricamente estrechada 32 también pueden ser aplicados. Por ejemplo, en una forma de realización, un distribuidor de luz puede tener una superficie estrechada 32 que parcialmente es estrechada de forma curvada y parcialmente estrechada de forma recta. Asumiendo que los tipos I y III en la figura 2d deben ser conectados a cada uno con la cara recíproca 430, se obtiene una forma de realización de distribuidor de luz 30 con superficie estrechada asimétricamente curvada 32.

[0057] El fotobiorreactor 1 según la invención comprende además un segundo cuerpo 60. Este se muestra esquemáticamente en la figura 3. Este segundo cuerpo 60 comprende una cavidad 61 con una superficie estrechada 62. De esta manera, en el recipiente 10, tal como un reactor o un (parte de un) estanque, el distribuidor de luz 30 y el segundo cuerpo 60 pueden ser dispuestos en una configuración donde el distribuidor de luz 30 es al menos parcialmente dispuesto en la cavidad 61. Para permitir el flujo del líquido 20, hay una distancia d2 entre la superficie estrechada 62 de la cavidad 61 del segundo cuerpo 60 y la superficie estrechada 32 del distribuidor de luz 30. El distribuidor de luz 30 y la cavidad 61 del segundo cuerpo 60 están dispuestas de esta manera en una configuración de hembra-macho. Como estará claro para el experto en la técnica, la cavidad 61 y el distribuidor de luz 30 preferiblemente tienen las formas sustancialmente correspondientes. La forma de la superficie estrechada 62 de la cavidad 61 corresponde sustancialmente a la forma de la superficie estrechada 32 del distribuidor de luz 30. Por ejemplo, cuando el distribuidor de luz 30 es un cono, se provee una cavidad 61 en forma de cono. Por lo tanto, la forma de la cavidad 61 o su superficie 62 por una parte, y la forma del distribuidor de luz 30, o su superficie estrechada 32 por otro lado son, al menos, parcialmente congruentes y se construyen para permitir al distribuidor de luz 30 introducir al menos parte de la cavidad 61 (configuración de hembra-macho), mientras se mantiene al menos la distancia d2 entre las superficies respectivas. El segundo cuerpo 60 puede ser dispuesto en el fondo de un estanque, etc. En principio, el segundo cuerpo 60 también puede ser flotante. El segundo cuerpo 60 puede estar hecho de uno o más material(es) como se ha descrito anteriormente, pero también puede consistir de uno o más materiales diferentes. En las formas de realización descritas aquí, no es esencial que el segundo cuerpo 60 comprenda un material transparente.

[0058] La distancia d2 entre el distribuidor de luz 30 y la superficie estrechada 62 de la cavidad 61 del segundo cuerpo 60 también se puede indicar como la distancia más corta. Esta distancia puede variar sobre la superficie 62 de la cavidad y la superficie 32 del distribuidor de luz 30. La distancia d2 en general se encuentra en el rango de aproximadamente 2-15 cm. Preferiblemente, la distancia se selecciona para tener una distribución óptima de luz en el líquido 20. Una distancia más grande d2 que la profundidad de penetración de la luz 42 no es en principio necesario. Debido a la distancia d2, se crea un canal o vacío 64 entre el distribuidor de luz 30 y la cavidad 61. Este canal se puede utilizar para permitir un flujo constante. De esta manera, la luz puede ser distribuida sustancialmente de forma uniforme sobre el cultivo fotosintético 21, mientras el flujo en la cavidad es tal que permite refrescar continuamente el cultivo en la superficie y el medio del canal.

[0059] Opcionalmente, al menos parte de la superficie estrechada 62 de la cavidad 61 del segundo cuerpo 60 puede comprender un reflector 63.

[0060] Preferiblemente, el fotobiorreactor I comprende una pluralidad de distribuidores de luz 30. La pluralidad de distribuidores de luz 30 puede comprender por ejemplo 10-10000 distribuidores de luz 30 por recipiente 30. Además, la pluralidad de distribuidores de luz 30 puede comprender más de un tipo de distribuidores de luz 30. Los distribuidores de luz 30 de la pluralidad de distribuidores de luz 30 puede sustancialmente tener las mismas dimensiones pero también se puede aplicar un rango de dimensiones de los distribuidores de luz 30. Como se ha mencionado anteriormente, el fotobiorreactor I puede comprender diferentes tipos de distribuidores de luz 30 y durante la operación (durante el uso) se pueden aplicar diferentes tipos de distribuidores de luz 30. Así combinaciones de dos o varios tipos diferentes de formas de distribuidores de luz 30 se pueden aplicar en el fotobiorreactor 1.

[0061] Correspondientemente, preferiblemente, el segundo cuerpo 60 comprende una pluralidad de cavidades 61. La pluralidad de cavidades 61 puede comprender por ejemplo 10-10000 cavidades 61 por segundo cuerpo 60. Además, la pluralidad de cavidades 61 puede comprender más de un tipo de cavidades 61 (es decir, cavidades 61 estrechadas con

formas diferentes). Las cavidades 61 de la pluralidad de cavidades 61 sustancialmente puede tener las mismas dimensiones pero también se puede aplicar un rango de dimensiones de las cavidades 61. La pluralidad de cavidades 61 del segundo cuerpo 60 crean de por sí una o más protuberancias 65 (es decir, la(s) elevación(es) 65 entre cavidades 61). De hecho, la combinación de una pluralidad de distribuidores de luz 30 y el segundo cuerpo 60 que comprende una pluralidad de elevaciones 65 puede ser vista como una pluralidad de estalactitas y estalagmitas donde estas están dispuestas compensadas entre sí (es decir, una estalagmita no está justo debajo de una estalactita). La combinación de una pluralidad de distribuidores de luz 30 y el segundo cuerpo 60 que comprende la pluralidad de cavidades 61 están preferiblemente dispuestas en una configuración de hembra-macho, preferiblemente de manera que cada distribuidor de luz 30 está al menos parcialmente dispuesto en una cavidad 61. Así, al menos, parte de la(s) superficie(s) estrechada(s) 32 del (de los) distribuidor(es) de luz 30 está(n) rodeada(s) circunferencialmente por, al menos, parte de la(s) superficie(s) estrechada(s) 62 de la(s) cavidad(es) 61. Por lo tanto, la invención también se dirige a un método que comprende la provisión de una pluralidad de distribuidores de luz 30 y que provee un segundo cuerpo 60 que comprende una pluralidad de cavidades 61 y que dispone los distribuidores de luz 30 y las cavidades 61 en una configuración de hembra-macho (en el recipiente 10).

[0062] Las formas de realización de disposiciones de una pluralidad de distribuidores de luz 30 se representan esquemáticamente en la vista superior en las figuras 4a, 4b y 4c. La figura 4a muestra una disposición de distribuidores de luz 30 con forma cónica (incluso parabólica), la figura 4b muestra una disposición de distribuidores de luz 30 con forma piramidal cuadrada y la figura 4c muestra una disposición de distribuidores de luz 30 con forma tetraédrica. Como estará claro para el experto en la técnica, las combinaciones de distribuidores de luz 30 con diferentes formas también pueden ser aplicadas, por ejemplo una pluralidad de distribuidores de luz 30 con forma cónica y piramidal. Estos pueden preferiblemente ser dispuestos de forma regular en el recipiente 10. Preferiblemente, la forma del distribuidor de luz 30 y la cavidad correspondiente 61 son sustancialmente las mismas; es decir un distribuidor de luz 30 con forma cónica y una cavidad 61 inversa con forma cónica; un distribuidor de luz 30 con forma tetraédrica y una cavidad 61 inversa con forma tetraédrica, etc.

[0063] Con referencia a las figuras 4a, 4b y 4c, los distribuidores de luz 30 se pueden embalar en un embalaje hexagonal, tal como se representa esquemáticamente en las figuras 4a y 4c, y en un embalaje cúbico, tal como se representa esquemáticamente en la figura 4b. Preferiblemente, se aplica un embalaje cerrado, es decir que el área de superficie líquida 22 (bajo irradiación perpendicular) irradiada directamente por tal radiación (esta área se indica en figuras 1, 3, 4a-4c y 6a con referencia 122) y no irradiada por luz transmitida a través de la superficie estrechada 32 es tan pequeña como sea posible, mientras que preferiblemente el área de líquido 20 irradiada por luz a través de la superficie estrechada 32 es tan grande como sea posible (esta área se indica en las vistas laterales en las figuras 1, 3 y 6a con referencia 332). Con referencia a las figuras 1, 3, 6a y 6b, este puede ser el caso cuando se apliquen embalajes cerrados, y dónde los distribuidores de luz 30 son adyacentes entre sí. A continuación, los distribuidores de luz 30 pueden estar en contacto físico con los distribuidores de luz adyacentes 30 (no representados). Preferiblemente, los distribuidores de luz 30 están dispuestos de manera que los ejes longitudinales 100 son sustancialmente paralelos. Preferiblemente, los distribuidores de luz 30 están en contacto físico con los distribuidores de luz adyacentes 30.

[0064] Otras formas de realización del distribuidor de luz 30 se representan esquemáticamente en las figuras 5a-5c.

[0065] En la figura 5a, el distribuidor de luz 30 tiene una forma alargada curvada o una forma alargada parabólica. Con referencia a la figura 2a, los tipos III y IV, el distribuidor de luz 30 como se representa esquemáticamente en la figura 5a podría obtenerse a modo de ilustración por un alargamiento a lo largo de un eje perpendicular al eje longitudinal 100. De esta manera, puede obtenerse una especie de superficie estrechada 32 curvada, o más especialmente en forma de parábola. Especialmente una superficie estrechada 32 en forma de parábola curvada da buenos resultados. Además, esta forma de realización se indica como distribuidor de luz 30 alargado curvado. Dicho distribuidor de luz 30 alargado curvado puede ser vacío o puede ser cerrado, es decir la superficie superior 38 puede comprender una abertura (como se indica en la figura 5a con referencia 39) o se puede cerrar. Especialmente, tales superficies superiores 38 comprenden una abertura 39. La superficie 31 dispuesta para recibir luz es, por lo tanto, la superficie interna del distribuidor de luz 30 alargado curvado.

[0066] La superficie estrechada 32 curvada tiene una parte final 34, y como esta parte final también es alargada, esta parte final también se puede entender como borde estrecho, indicado con la referencia 134. Además, el distribuidor de luz 30 alargado curvado puede tener una superficie frontal y posterior, indicado con la referencia 132. Por lo tanto, en una forma de realización específica, el distribuidor de luz 30 alargado curvado es un encerramiento parcial, formado por una superficie estrechada 32 y una superficie frontal y final 132.

[0067] La longitud de tal distribuidor de luz 30 alargado curvado, indicado con la referencia L2, puede encontrarse por ejemplo en el rango de aproximadamente 0,5-10 m, tal como aproximadamente 1-5 m. La anchura d1 puede encontrarse por ejemplo aproximadamente 1-50 cm, tal como aproximadamente 1-20 cm, en especial aproximadamente 10-20 cm. La altura h1 puede ser aproximadamente 5-100 cm, aproximadamente 10-50 cm, especialmente 20-40 cm. Las proporciones $h1/11$, $h1/w1$ y $h1/d1$ se encuentran preferiblemente de forma independiente en el rango de aproximadamente 5-30. La proporción de la longitud L2 y la altura h1, será al menos aproximadamente 1, más especialmente al menos aproximadamente 5, incluso más especialmente al menos 10. Por ejemplo, la proporción $L2/h1$ puede encontrarse en el rango de aproximadamente 1-1000, tal como aproximadamente 2-200.

[0068] Preferiblemente, la superficie 32 está aproximadamente entre 2-50, especialmente aproximadamente entre 2-40 veces, más preferiblemente aproximadamente entre 4-30, tal como preferiblemente aproximadamente entre 5-30 veces más grande que la superficie 31. Por lo tanto, en una forma de realización preferida, la proporción del área de superficie 232 de la superficie 32 al área de superficie 131 de la superficie 31 se encuentra en el rango de aproximadamente 5-30. No obstante, como se ha mencionado anteriormente, se debe tener en cuenta que la cavidad puede estar cerrada, por ejemplo por una superficie de recepción de luz 31, pero también puede estar abierta en una forma de realización, como se representa esquemáticamente en la figura 2c. Cuando el distribuidor de luz 30 está abierto, es decir la superficie de parte superior 38 puede comprender una abertura 39, la proporción del área de superficie 232 de la superficie 32 al área de superficie 131 de la superficie 31 puede encontrarse en el rango de aproximadamente 1-50.

[0069] El frente y superficie final 132 pueden tener un ángulo α de forma independiente en relación a la superficie de la parte superior 38; α puede ser por ejemplo 90° , y en general se encontrará en el rango de aproximadamente 70° - 90° .

[0070] En otra forma de realización, está provisto un distribuidor de luz en forma de cuña, como se representa esquemáticamente en la figura 5c. Aquí, los mismos detalles que se han descrito anteriormente, especialmente en relación con las figuras 5a y 5b se aplican, con la excepción de que la superficie curvada 32, es una superficie alargada con forma de "V" 32. Así, con referencia a la figura 2a, los tipos I y II, el distribuidor de luz 30 como se representa esquemáticamente en la figura 5c podría obtenerse a modo de ilustración por un alargamiento a lo largo de un eje perpendicular a un eje longitudinal 100. De esta manera, se puede obtener una especie de superficie estrechada 32 en forma de cuña o con forma de "V". Por lo tanto, el distribuidor de luz 30 alargado con forma de "V" o el distribuidor de luz 30 alargado en forma de cuña como se representa esquemáticamente en la figura 5c también puede ser una forma de realización del distribuidor de luz 30 de la invención.

[0071] Durante el uso, el distribuidor de luz 30 alargado con forma de "V" o el distribuidor de luz 30 alargado en forma de cuña, o el distribuidor de luz 30 alargado curvado están dispuestos con al menos parte de la superficie estrechada 32 sumergida en el líquido acuoso 20 que comprende el cultivo fotosintético 21. El fotobiorreactor I puede comprender uno o más de dichos distribuidores de luz 30 alargados. Cuando se aplica una pluralidad de tales distribuidores de luz 30 alargados estrechados, se puede aplicar una especie de construcción corrugada, indicada con la referencia 300.

[0072] En la figura 6a, se representa esquemáticamente un fotobiorreactor I, que comprende además una construcción 300, donde una construcción 300 comprende la pluralidad de distribuidores de luz 30. Los distribuidores de luz 30 pueden, por ejemplo, estar dispuestos en tal construcción 300 o estar integrados en la construcción 300. En una forma de realización específica, la construcción 300 que comprende la pluralidad de distribuidores de luz 30 es una construcción corrugada 300, y los distribuidores de luz 30 son corrugaciones (como están representados).

[0073] Como se ha descrito anteriormente, los distribuidores de luz 30 pueden tener por ejemplo superficies estrechadas que son en forma de cuña (o con forma de "V") o curvados, es decir las corrugaciones pueden ser en forma de cuña arqueada (o con forma de "V") o curvadas (como están representadas), especialmente en forma de parábola curvada (o estrechadas en forma de parábola). Durante el uso, las corrugaciones están dispuestas con, al menos, parte de la superficie estrechada 32 sumergida en el líquido acuoso 20 que comprende el cultivo fotosintético 21.

[0074] La figura 6b representa esquemáticamente tal construcción 300. Tal construcción 300 puede ser una pieza integral de material. Por lo tanto, en una forma de realización, la construcción 300 que comprende una pluralidad de distribuidores de luz 30 es una única unidad, especialmente una única pieza de material. El fotobiorreactor I opcionalmente puede comprender una pluralidad de tales estructuras 300, y opcionalmente puede comprender soportes y/o viguetas (no representadas) para soportar la construcción 300. Los distribuidores de luz se representan esquemáticamente con superficie estrechada 32 curvada, no obstante, la superficie estrechada 32 también puede ser en forma de cuña, como se ha mencionado anteriormente (ver también figura 5c). No obstante, preferiblemente la superficie estrechada 32 está estrechada en forma de parábola.

[0075] La figura 6c muestra una forma de realización de construcción 300, que comprende también una pluralidad de distribuidores de luz 30, pero que no se extienden, al menos no en una dirección perpendicular al eje longitudinal, como se ha descrito anteriormente, y como se ha representado esquemáticamente en las figuras 2a-2d y 3a-3d y 4a-4c.

[0076] La figura 6a representa esquemáticamente un fotobiorreactor I con una construcción que comprende la pluralidad de distribuidores de luz 30. Las figuras 6a-6b representan esquemáticamente formas de realización donde la construcción 300 que comprende la pluralidad de distribuidores de luz 30 es una construcción corrugada 300, y los distribuidores de luz 30 son corrugaciones, especialmente donde los distribuidores de luz 30 han estrechado superficies (32) que tienen forma de cuña (ver Fig. 5c) o curvadas (ver figuras 6a-6c, y también figuras 5a-5b). Se debe tener en cuenta que en las figuras 6a-6c los distribuidores de luz 30 no son adyacentes; no obstante, éstos pueden ser adyacentes.

[0077] Una ventaja del uso de la construcción 300 también puede ser que se puede proveer de forma relativamente fácil un fotobiorreactor I cerrado. El término fotobiorreactor cerrado se refiere especialmente a biorreactores que están sustancialmente cerrados. Esto puede no implicar un fotobiorreactor I herméticamente sellado, sino un fotobiorreactor I

5 sustancialmente cerrado. El hecho de que en una forma de realización el fotobiorreactor esté sustancialmente cerrado pero no herméticamente sellado significa en el sentido que el área 122 de la superficie líquida 22 irradiada directamente y no irradiada por la luz transmitida a través de la superficie estrechada 32 es tan pequeña como sea posible (pero no siempre cero), mientras que preferiblemente el área 332 de líquido 20 irradiada por luz a través de la superficie estrechada 32 es tan grande como sea posible. Por lo tanto, la construcción 300 se puede usar como una especie de cobertura para el fotobiorreactor 1.

10 [0078] Especialmente, la forma y las dimensiones de los distribuidores de luz 30 mencionados aquí se pueden diseñar por el experto en la técnica para atrapar tanta luz como sea posible y para distribuir esta igualmente sobre el líquido 20. El experto en la técnica puede tener el debido cuidado de la latitud de la aplicación del fotobiorreactor 1. Como se ha mencionado anteriormente, las combinaciones de dos o más tipos diferentes de formas de distribuidores de luz 30 se pueden aplicar en el fotobiorreactor 1 o en la construcción 300, tal como, distribuidores de luz 30 en forma de cuña, de parábola, y asimétricos (ver también abajo), respectivamente.

15 [0079] Con referencia a las figuras 5a-5c, 6a y 6b, también la(s) corrugación(es) puede(n) ser asimétrica(s), de forma similar a la que describen arriba. Asimismo (como se ha descrito arriba), este puede recurrir a los distribuidores de luz 30 de construcción 300 como se representan esquemáticamente en la figura 6c. Por lo tanto, también los distribuidores de luz 30 alargados, por ejemplo en la construcción 300, pueden ser asimétricos.

20 [0080] El fotobiorreactor 1 puede comprender una entrada para una nutrición carbonosa para el cultivo fotosintético, tal como una entrada para CO₂; el líquido 20 puede, por ejemplo, ser aireado, pero del aire también se pueden hacer burbujas a través del líquido 20. Asimismo, un gas que contiene CO₂ o gas CO₂ puro se puede usar para airear o hacer burbujas del líquido 20. Por lo tanto, el fotobiorreactor 1 puede comprender una entrada para un fluido que comprenda CO₂. Además, si se desea, un líquido acuoso 20 que comprenda o no comprenda el cultivo fotosintético 21 se puede añadir y/o quitar. Por lo tanto, el fotobiorreactor 1 (es decir, especialmente el recipiente 10) puede comprender además una entrada para la introducción del líquido acuoso 20 y opcionalmente una salida para la eliminación del líquido acuoso 20. Especialmente, el fotobiorreactor 1 puede comprender una entrada y una salida para la introducción y eliminación de, al menos, parte del cultivo fotosintético 21, respectivamente. Como estará claro para el experto en la técnica, el cultivo fotosintético 21 se introduce y/o se quita preferiblemente mientras esté presente en el líquido 20. Por lo tanto, el fotobiorreactor 1 comprende además una salida para la eliminación de, al menos, el cultivo fotosintético 21. Además, el fotobiorreactor 1 puede comprender además una entrada para introducir una nutrición para el cultivo fotosintético, tal como minerales (además de CO₂). Como estará claro para el experto en la técnica, se puede combinar una o más entradas y salidas. La cosecha del cultivo fotosintético 21 puede hacerse a través de medios conocidos en la técnica. Preferiblemente, hay un flujo a través del reactor. Por lo tanto, con este fin, el reactor comprende una entrada 11 y una salida 12. La entrada 11 se dispone para introducir líquido acuoso, opcionalmente para comprender el cultivo fotosintético 21, y la salida 12 está dispuesta para eliminar líquido acuoso, y opcionalmente el cultivo fotosintético 21. Por lo tanto, en una forma de realización, cultivar el cultivo fotosintético se puede hacer eliminando líquido acuoso 20 que comprende el cultivo fotosintético 21 a través de la abertura 12. Por lo tanto, en un fotobiorreactor de forma de realización comprende una o más entradas para la introducción de uno o más seleccionados del grupo que consiste en un fluido que comprende CO₂, un líquido acuoso (que comprende opcionalmente el cultivo fotosintético 21), y nutrición para el cultivo fotosintético 21 y una o más salidas para la eliminación de uno o más seleccionados del grupo que consiste en el cultivo fotosintético 21 y un líquido acuoso 20. Los términos "entrada" y "salida" también puede referirse a una pluralidad de entradas y salidas, respectivamente. El equipo periférico, opcionalmente o no, conocido por el experto en la técnica tal como bombas, válvulas, filtros, tubo(s) de recirculación, sistema de calefacción, dispositivos de iluminación, sensores de temperatura, sensores de flujo, sensores para la detección de la concentración de uno o más productos químicos, etc. no se representa en los dibujos esquemáticos.

50 [0081] Según otro aspecto de la invención, se provee un método para la producción de un cultivo fotosintético 21. Un líquido acuoso 20 y el cultivo fotosintético 21 (es decir, incluyendo la provisión de un líquido acuoso 20 que comprende el cultivo fotosintético 21) se proveen al recipiente 10, que contiene el líquido 20 durante la operación del fotobiorreactor 1. Además, uno o más distribuidores de luz 30 según la invención (véase arriba) están provistos en el fotobiorreactor 1, es decir están dispuestos en el recipiente 10.

55 [0082] En una forma de realización, en la presencia del líquido 20, uno o más distribuidores de luz 30 están dispuestos para sumergir al menos parte de la superficie estrechada 32 del distribuidor de luz 30 en el líquido acuoso 20. Uno o más distribuidores de luz 30 pueden ser dispuestos en el líquido 20 después de proveer el líquido 20, pero cuando uno o más distribuidores de luz 30 están en una forma de realización comprendida en una construcción, también es posible que el fotobiorreactor 1 esté lleno de líquido 20 y el cultivo fotosintético 21 (es decir, incluyendo la forma de realización de la provisión de un líquido acuoso 20 que comprende el cultivo fotosintético 21) hasta que, al menos, parte de la(s) superficie(s) estrechada(s) 32 de uno o varios distribuidores de luz 30 esté sumergida en el líquido 20. Como estará claro para el experto en la técnica, durante el uso del fotobiorreactor 1, la superficie líquida 22 se mantendrá a una altura tal que la(s) superficie(s) de recepción de luz 31 está(n), al menos, parcialmente por debajo de la superficie del líquido 22 (ver también arriba).

65 [0083] La luz 40 se provee a la superficie 31 dispuesta para recibir luz 40. La luz 40 pueden ser uno o más alumbrados de luz solar o artificial (tal como las lámparas de Xe y/o las lámparas de Ne). Preferiblemente se aplica la luz solar.

[0084] El método puede comprender, además, la provisión de uno o más fluidos que comprenden CO₂, un líquido acuoso y nutrición para el cultivo fotosintético; y cultivando al menos parte del cultivo fotosintético 21. El cultivo puede realizarse por medios conocidos en la técnica. Para tener una buena distribución de luz sobre el cultivo fotosintético 21, el método comprende preferiblemente además la provisión de un flujo en el líquido acuoso 20 que comprende el cultivo fotosintético 21 en el recipiente 10. Tal flujo se puede obtener introduciendo un líquido acuoso, por ejemplo, por la entrada 11 y eliminando un líquido acuoso 20, y opcionalmente el cultivo fotosintético 21, por la salida 12. Con este método, se puede producir biomasa, que se puede usar para generar energía y/o proveer compuestos útiles tales como ácidos grasos, etc.

[0085] La invención provee productos de cultivo fotosintético obtenidos por el método para la producción de la invención. Especialmente los lípidos de algas son una mezcla de lípidos de almacenamiento y lípidos de membrana. El ácido eicosapentanoico (uno de los productos lípidos derivados de algas de alto valor) está presente en microalgas, principalmente en forma de glicolípidos y fosfolípidos. Cuando se cosechan microalgas del fotobiorreactor 1 de la invención, el ácido eicosapentanoico (AEP) puede estar predominantemente en forma de lípido de membrana en lugar de lípido de almacenamiento, mientras las células supuestamente están en la fase exponencial de crecimiento. Dado que los lípidos de membrana son mucho más abundantes que los lípidos de almacenamiento, de este modo las células cultivadas pueden ser más eficaces en la prestación del producto deseado. Las microalgas (en particular, *Nannochloropsis*) cultivadas en el fotobiorreactor pueden tener aproximadamente el 40% o más en peso de lípidos en forma de glicodiacilglicéridos y de fosfodiacilglicéridos, y al menos aproximadamente el 5%, especialmente al menos aproximadamente el 10% en peso de ácidos grasos que consisten en AEP.

[0086] Debe tenerse en cuenta que las formas de realización mencionadas arriba ilustran la invención en lugar de limitarla, y que los expertos en la técnica serán capaces de diseñar varias formas de realización alternativas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones anexas. En las reivindicaciones, cualquier signo de referencia colocado entre paréntesis no debe ser interpretado como limitativo de la reivindicación. El uso de la palabra "comprender" y sus conjugaciones no excluye la presencia de elementos o pasos diferentes de aquellos declarados en una reivindicación. El artículo "un" que precede a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos. La invención se puede implementar mediante hardware que comprende varios elementos diferentes, y mediante un ordenador programado adecuadamente. En la reivindicación del dispositivo que enumera diferentes medios, varios de esos medios pueden ser concretados por uno y el mismo artículo de hardware. El mero hecho de que ciertas medidas se nombren en reivindicaciones dependientes diferentes unas de otras no indican que una combinación de estas medidas no se pueda usar para el beneficio.

[0087] El término "sustancialmente" aquí, será entendido por el experto en la técnica. El término "sustancialmente" también puede incluir formas de realización con, "enteramente" "completamente", "todo", etc. Por lo tanto, en las formas de realización, el adjetivo sustancialmente también puede ser eliminado. Donde sea aplicable, el término "sustancialmente" también puede referirse al 90% o más, tal como el 95% o más alto, especialmente el 99% o más alto, incluso más especialmente el 99,5% o más alto, incluso el 100%. El término "comprender" también incluye formas de realización donde el término "comprender" significa "consistir en".

[0088] Aquí se describen, entre otros, el fotobiorreactor, el distribuidor de luz y la construcción durante la operación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Fotobiorreactor (1) que comprende un recipiente (10) y una construcción (300) que comprende una pluralidad de distribuidores de luz (30), donde el recipiente (10) comprende un cuerpo (60) que comprende cavidades (61) que contienen un líquido acuoso (20) que comprende un cultivo fotosintético (21), dichas cavidades teniendo una superficie estrechada (62), donde los distribuidores de luz (30) tienen una superficie (31) dispuesta para recibir luz (40) y una superficie estrechada (32) dispuesta para emitir, al menos, parte de la luz recibida (40), donde al menos parte de la superficie estrechada (32) se sumerge en el líquido acuoso (20) que comprende el cultivo fotosintético (21), donde los distribuidores de luz (30) y el cuerpo (60) están dispuestos en una configuración donde los distribuidores de luz (30) se disponen al menos parcialmente en las cavidades (61) y donde las cavidades (61) y los distribuidores de luz (30) tienen unas formas sustancialmente correspondientes, y donde, para permitir el flujo del líquido (20), hay una distancia d_2 entre la superficie estrechada (62) de la cavidad (61) del cuerpo (60) y la superficie estrechada (32) del distribuidor de luz (30).
- 15 2. Fotobiorreactor (1) según la reivindicación 1, donde la construcción (300) que comprende la pluralidad de distribuidores de luz (30) es una construcción corrugada (300), y los distribuidores de luz (30) son corrugaciones.
- 20 3. Fotobiorreactor (1) según la reivindicación 2, donde los distribuidores de luz (30) tienen superficies estrechadas (32) que están en forma de cuña o curvadas.
- 25 4. Fotobiorreactor (1) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el distribuidor de luz (30) tiene una forma seleccionada del grupo que consiste en una forma cónica, una forma de parábola, una forma piramidal, conos truncados, tetraedros, pirámides pentagonales, cúpulas triangulares, cúpulas cuadradas, cúpulas pentagonales, rotondas pentagonales, pirámides alargadas cuadradas, tetraedros alargados, pirámides alargadas pentagonales, cúpulas alargadas triangulares, cúpulas alargadas cuadradas, cúpulas alargadas pentagonales, y rotondas alargadas pentagonales.
- 30 5. Fotobiorreactor (1) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde al menos parte de la superficie estrechada (32) comprende un reflector (33) dispuesto para reflejar, al menos, parte de la luz recibida (40) de nuevo hacia el distribuidor de luz (30), donde preferiblemente el reflector (33) está dispuesto para transmitir al menos parte de la luz recibida (40).
- 35 6. Fotobiorreactor (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde el recipiente (10) comprende un recipiente seleccionado del grupo que consiste en un recipiente artificial, un estanque, una parte de un estanque, un lago, una parte de un lago, una parte de un arroyo, una parte de un río, una parte de un canal o una parte de un mar.
- 40 7. Fotobiorreactor (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, donde la superficie estrechada (32) es recta y tiene un ángulo con un eje longitudinal (100) del distribuidor de luz (30).
- 45 8. Fotobiorreactor (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, donde la superficie estrechada (32) está curvada, preferiblemente curvada en forma de parábola.
- 50 9. Fotobiorreactor (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, donde el distribuidor de luz (30) es un cuerpo vacío, donde el cuerpo vacío es adecuado de manera opcional para contener un líquido o un material sólido.
- 55 10. Fotobiorreactor (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, donde el distribuidor de luz consiste esencialmente en un material transparente, y donde la proporción del área de superficie de la superficie (32) al área de superficie de la superficie (31) se encuentra en el rango de 2-50, más especialmente de 5-30.
- 60 11. Método para la producción de un cultivo fotosintético (21) que comprende: provisión de un líquido acuoso (20) y el cultivo fotosintético (21) a un recipiente (10) de un fotobiorreactor según cualquiera de las reivindicaciones 1-10; sumersión de, al menos, parte de la(s) superficie(s) estrechada(s) (32) del (de los) distribuidor(es) de luz (30) en el líquido acuoso (20) que comprende el cultivo fotosintético (20); y provisión de luz a (40) la(s) superficie(s) (31) dispuesta(s) para recibir luz de los distribuidores de luz (30).
12. Método según la reivindicación 11, que comprende además la provisión de un flujo en el líquido acuoso (20) que comprende el cultivo fotosintético (21) en el recipiente (10).
13. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11-12, donde el cultivo fotosintético comprende algas.

Fig 1

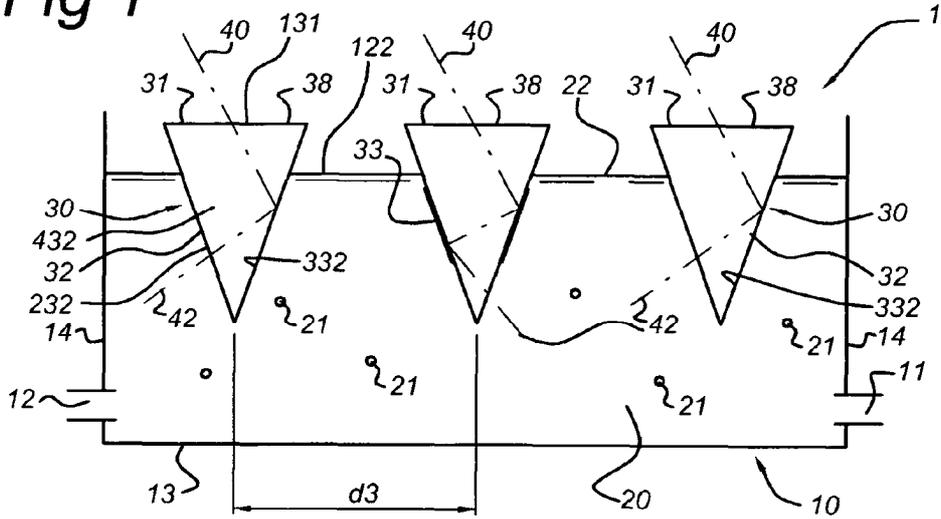


Fig 2a

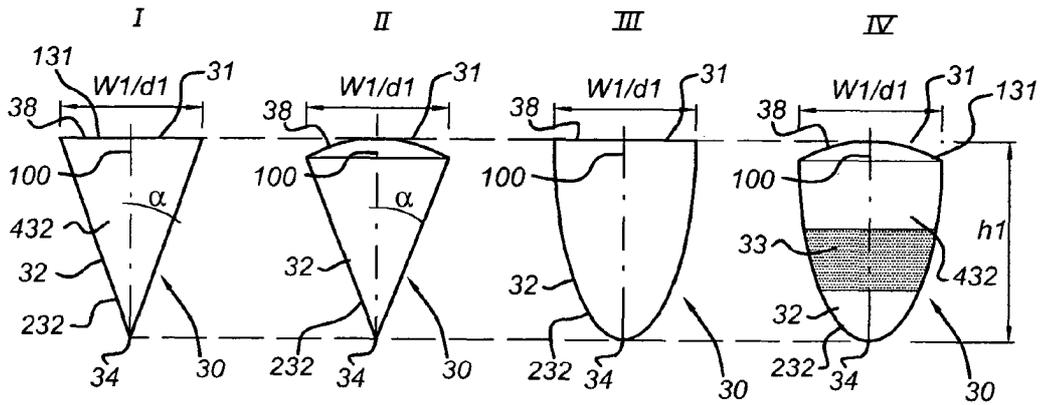


Fig 2b

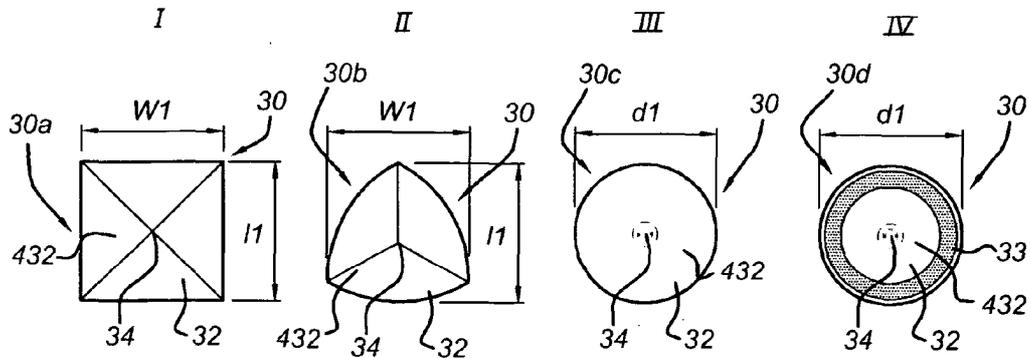


Fig 2c

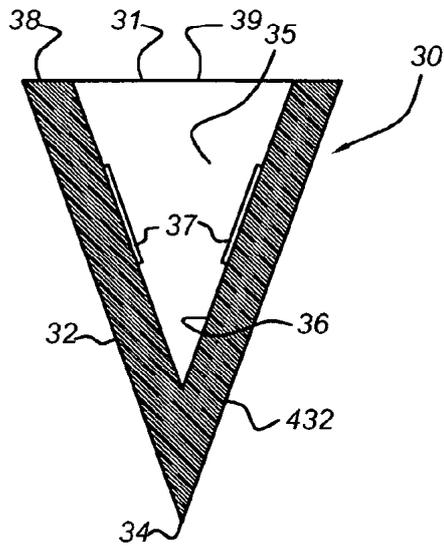


Fig 2d

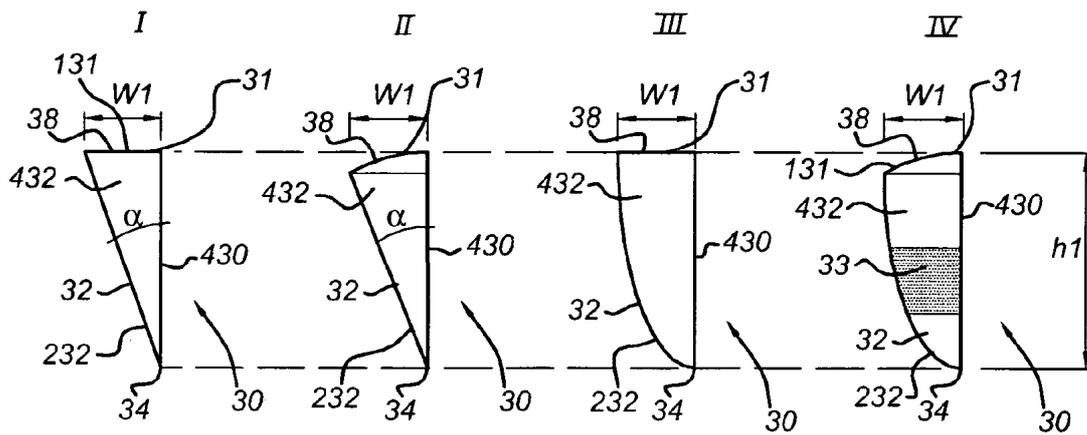


Fig 3

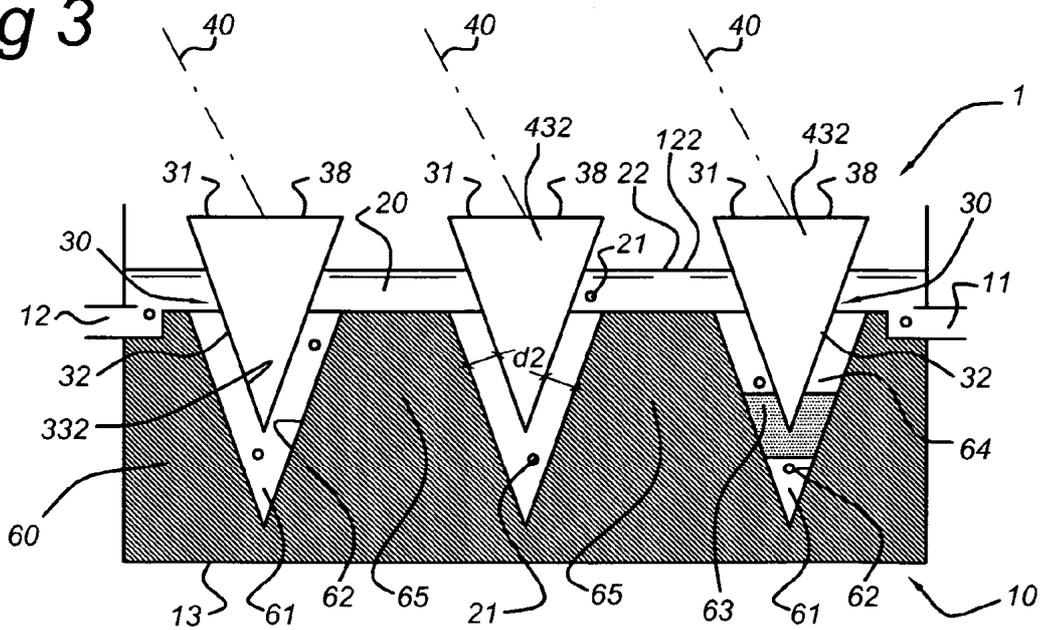


Fig 4a

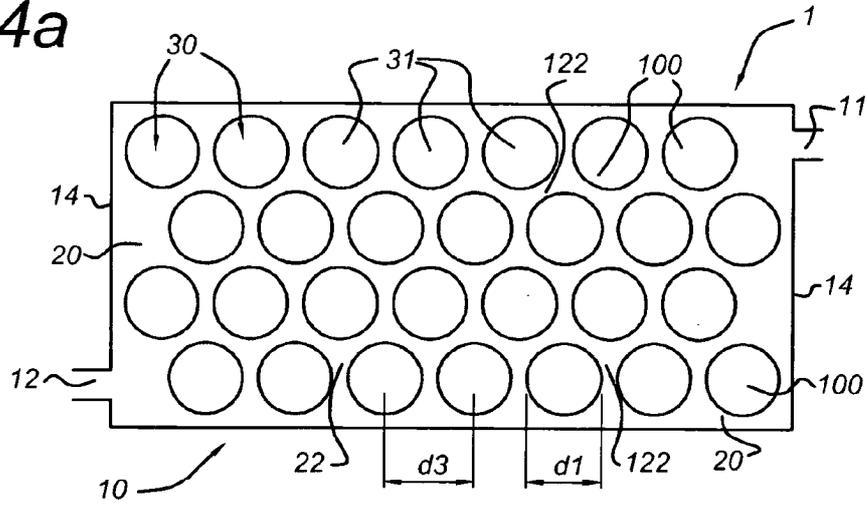


Fig 4b

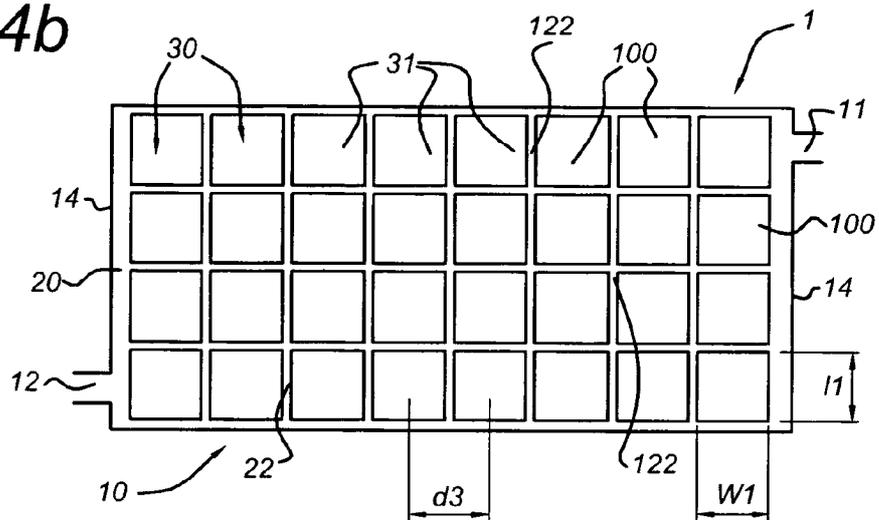


Fig 4c

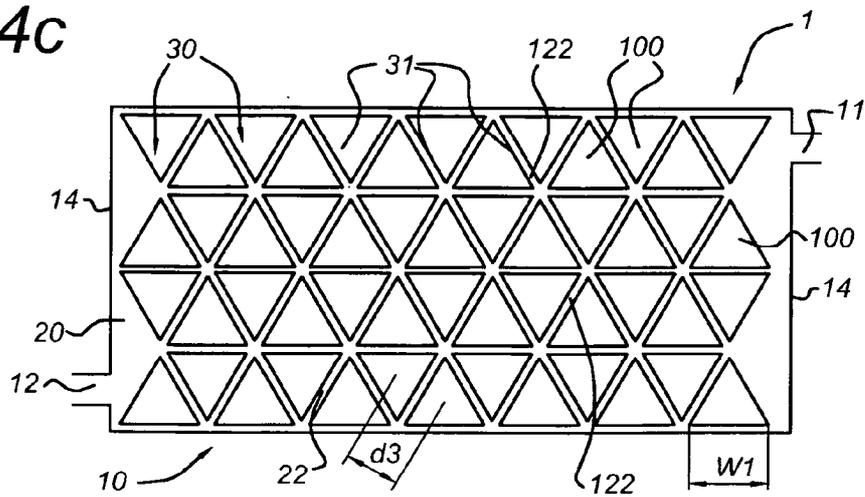


Fig 5a

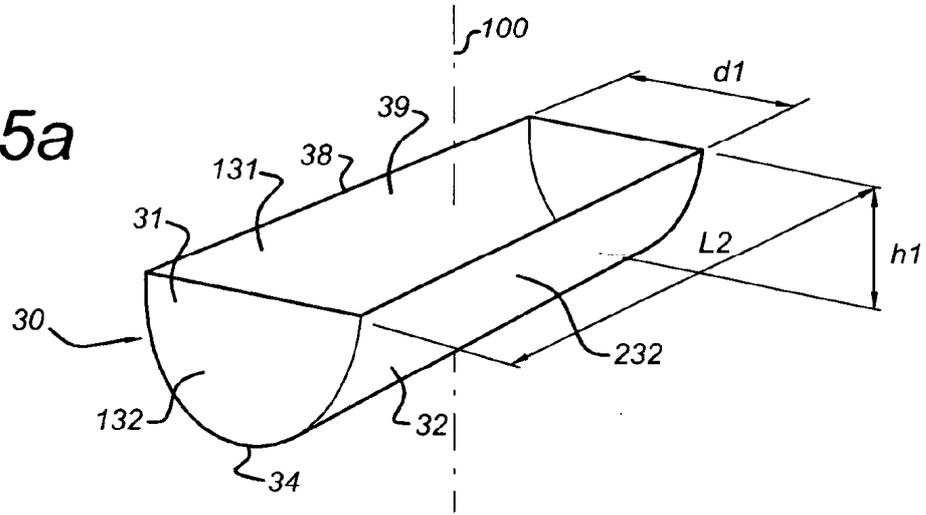


Fig 5b

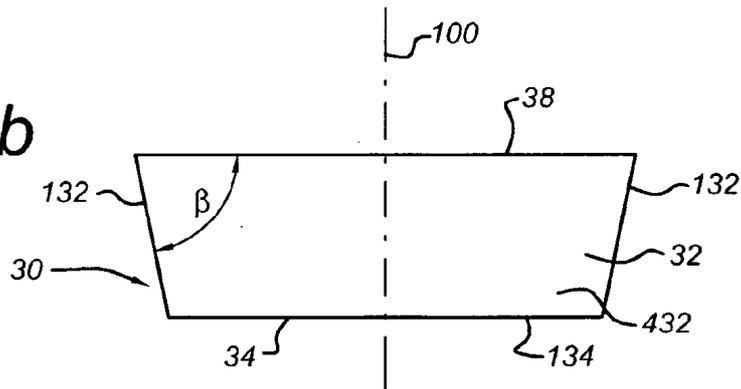


Fig 5c

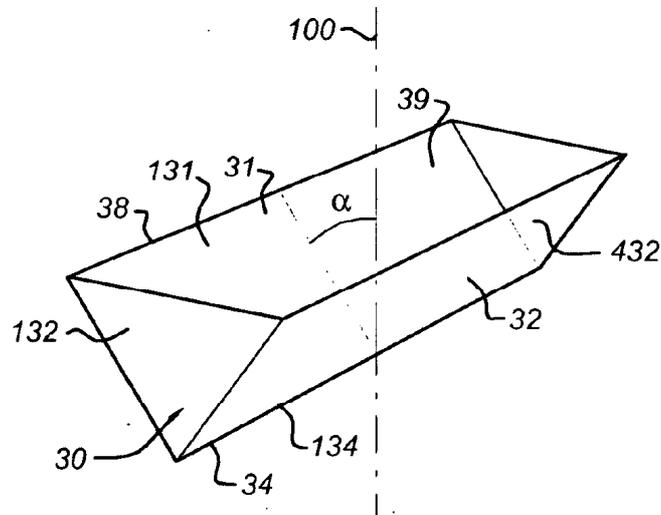


Fig 6a

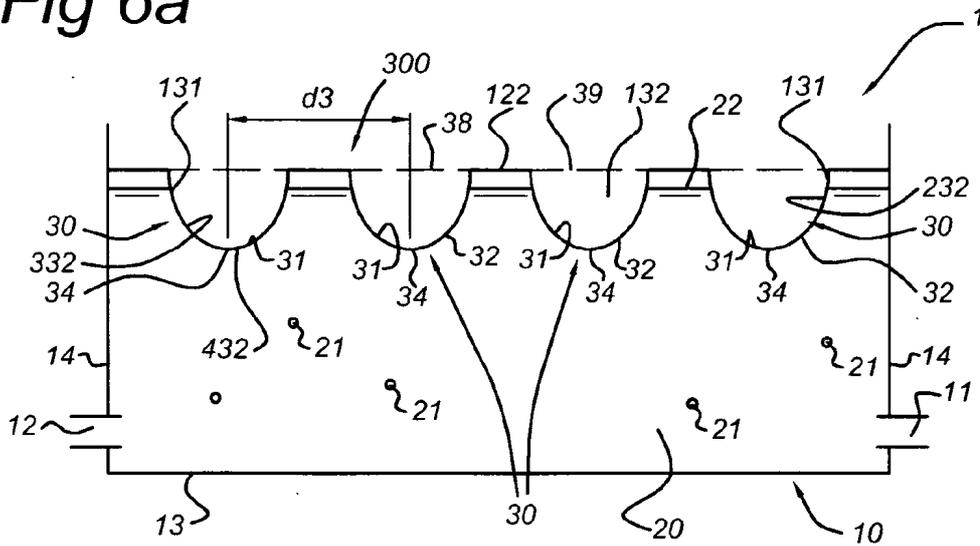


Fig 6b

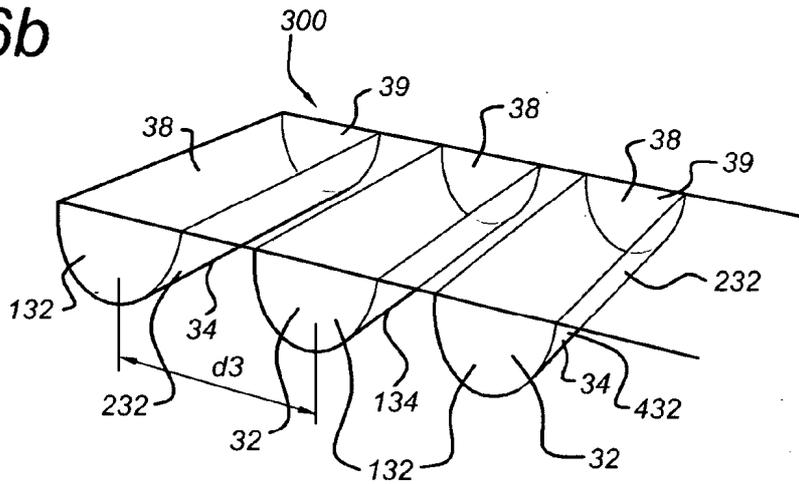


Fig 6c

