



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 299 916**

51 Int. Cl.:  
**A61F 2/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **05011703 .5**

86 Fecha de presentación : **12.01.2001**

87 Número de publicación de la solicitud: **1645243**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **12.04.2006**

54 Título: **Dispositivo implantable.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.06.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.06.2008**

73 Titular/es: **Beta O 2 Technologies Ltd.**  
**95 Beit Lechem Street**  
**Haifa 35568, IL**

72 Inventor/es: **Vardi, Pnina;**  
**Gross, Yossi;**  
**Bloch, Konstantin;**  
**Bloch, Daria y**  
**Boukobza, Nizza**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 299 916 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 implantable.

5 **Campo de la invención**

La presente invención pertenece al campo de dispositivos implantables en el cuerpo y, más específicamente, a dispositivos implantados que contienen células vivas.

10 **Antecedentes de la invención**

Se conocen varios desórdenes que aparecen por la hiposecreción de una o más sustancias tales como hormonas. Entre estos se encuentran la diabetes, enfermedades de Parkinson, enfermedad Alzheimer, hipo e hipertensión, hipotiroidismo y diversos desórdenes del hígado. La hormona insulina, por ejemplo, es producida por células  $\beta$  en las isletas de Langerhans del páncreas. En individuos normales, la liberación de insulina es regulada para mantener los niveles de glucosa en sangre en el intervalo de aproximadamente 70 a 110 miligramos por decilitro. En los diabéticos, la insulina o no se produce en absoluto (diabetes de Tipo 1), o las células del cuerpo no responden adecuadamente a la insulina que se produce (diabetes Tipo 2). El resultado es unos niveles elevados de glucosa en la sangre.

20 Los desórdenes que aparecen por la hiposecreción de una hormona se tratan usualmente mediante la administración de la hormona ausente. Sin embargo, a pesar de los avances en la comprensión y tratamiento de estas enfermedades, a menudo no es posible regular con precisión el metabolismo con hormonas exógenas. Por ejemplo, es preciso que un diabético realice varias mediciones diarias de los niveles de insulina y glucosa en sangre y que luego se inyecte una cantidad adecuada de insulina para hacer que los niveles de insulina y glucosa estén dentro del intervalo aceptable.

El trasplante de órganos no es un tratamiento viable hoy en día para estos desórdenes por varias razones que incluyen el rechazo de un órgano trasplantado por el sistema inmune. Se pueden implantar en el cuerpo células aisladas después de ser tratadas para impedir el rechazo, por ejemplo, mediante inmunosupresión, radiación o encapsulación. Los métodos de inmunoprotección de materiales biológicos por encapsulación se describen en las Patentes Norteamericanas números 4.352.883, 5.427.935, 5.879.709, 5.902.745 y 5.912.005. El material de encapsulado se selecciona para que sea biocompatible y para permitir la difusión de pequeñas células entre las células del ambiente al tiempo que apantalla las células frente a la inmunoglobulina y a las células del sistema inmune. Las células  $\beta$  encapsuladas pueden inyectarse, por ejemplo, en una vena (en cuyo caso quedarán alojadas finalmente en el hígado) o embutirse bajo la piel, en la cavidad abdominal, o en otras localizaciones. Sin embargo, el crecimiento fibrótico excesivo alrededor de las células implantadas daña gradualmente el intercambio de sustancias entre las células y su ambiente. La hipooxigenación de las células conduce finalmente a la muerte de éstas.

La patente norteamericana número 5.855.613 describe la embutición de células en una lámina delgada de gel alginoso que a continuación se implanta en el cuerpo.

La patente norteamericana número 5.834.005 describe el inmunoaislamiento de células colocándolas en una cámara que se implanta dentro del cuerpo. En la cámara, las células son apantalladas frente al sistema inmune por una membrana permeable a pequeñas moléculas tales como glucosa, oxígeno y la hormona secretada por las células, pero impermeable a células y anticuerpos. Estas cámaras implantadas no tienen, sin embargo, una relación de área superficial frente a volumen suficientemente alta para un intercambio adecuada entre las células y la sangre. De este modo, también en este caso, la hipooxigenación conduce finalmente a la muerte celular.

La patente norteamericana número 5.855.613 describe la embutición de células en una lámina delgada de gel que se implanta en un cuerpo.

La patente norteamericana número 5.834.005 describe el inmunoaislamiento de células colocándolas en una cámara que se implanta dentro del cuerpo. En la cámara, las células se apantallan frente al sistema inmune por medio de una membrana permeable a pequeñas células tales como glucosa, oxígeno y la hormona secretada por las células, pero impermeable a células y anticuerpos. Sin embargo, estas cámaras implantadas, no tienen una relación área superficial *versus* volumen suficientemente alta para un intercambio adecuado entre las células y la sangre. De este modo, también en este caso, la hipooxigenación conduce finalmente a la muerte celular.

**Sumario de la invención**

La presente invención proporciona, según se reivindica, un dispositivo implantable que comprende una cámara para albergar células funcionales y un generador de oxígeno para proporcionar oxígeno a las células dentro de la cámara. Las células, denominadas aquí "*células funcionales*", se cargan dentro de la cámara del dispositivo que se implanta a continuación en el cuerpo. El dispositivo comprende un generador de oxígeno, es decir, un elemento que puede producir oxígeno y ponerlo a disposición de las células, de modo que las células funcionales no padecen hipooxigenación. El generador de oxígeno produce así oxígeno y libera típicamente el oxígeno en las proximidades de la célula.

## ES 2 299 916 T3

La cámara tiene paredes, que son permeables a los nutrientes requeridos por las células así como a sustancias producidas o secretadas por las células, incluyendo tales sustancias, por ejemplo, metabolitos, productos de desecho producidos por las células y sustancias requeridas por el individuo producidas por las células funcionales. En el cuerpo, las células funcionales son inmunoaisladas de los constituyentes del cuerpo por las paredes de la cámara, al tiempo que quedan continuamente expuestas a concentraciones adecuadas de oxígeno, nutrientes y hormonas que penetran las paredes de la cámara. El hecho de que el oxígeno sea suministrado a las células por el generador de oxígeno permite que las células funcionales mantengan una alta tasa metabólica, de modo que un son necesarias un menor número de células funcionales para un efecto dado en comparación con dispositivos de la técnica anterior. El dispositivo que contiene las células funcionales puede implantarse en diversas partes del cuerpo, por ejemplo debajo de la piel o en el peritoneo. El dispositivo puede tener cualquier forma que requiere una aplicación particular. Según una realización de la invención, el dispositivo está configurado como un elemento tubular delgado que contiene la célula funcional dentro del paso del tubo. El dispositivo tiene típicamente un tamaño tal que puede ser implantado mediante inyección a través de un introductor tal como una jeringa. Semejante procedimiento de implantación puede ser corto y durar únicamente 10 minutos. Asimismo se contemplan otras formas del dispositivo, por ejemplo una forma de barquillo, dentro del alcance de la invención.

El generador de oxígeno comprende células fotosintéticas que convierten el dióxido de carbono en oxígeno cuando son iluminadas. Las células fotosintéticas son preferiblemente algas unicelulares, por ejemplo, una cepa a alta temperatura de *Chlorella pyrenoidosa* (número de catálogo 1230. UTEX) que tiene una temperatura óptima igual a la temperatura corporal. Otras células fotosintéticas que pueden usarse con la invención incluyen *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus*, *Euglena*, *Volvox* y *Spiroliina*. Las células fotosintéticas pueden ser autotrópicas o mixotrópicas. Pueden emplearse cloroplastos aislados en vez, o además, de células intactas. En el caso en el que el generador de oxígeno es de células fotosintéticas, la cámara incluye una fuente de luz con una fuente de energía asociada, tal como una batería. Las células fotosintéticas o cloroplastos pueden estar contenidos dentro de un compartimento separado en el interior del dispositivo, por ejemplo en el caso de un dispositivo con forma de tubo pueden estar contenidos dentro de una cámara delgada alargada contenida dentro del tubo (en esencia un tubo de menor diámetro); o pueden estar dispersos.

En un ejemplo de otro dispositivo, que no es parte de la invención, el generador de oxígeno comprende un par de electrodos. Cuando se aplica un potencial eléctrico a través de los electrodos, el oxígeno es liberado por la electrolisis de las moléculas de agua ambiente presentes dentro de la cámara. Los electrodos están conectados a fuente de energía, típicamente una batería recargable.

La cámara puede comprender además un sensor de oxígeno que determina la concentración de oxígeno en las proximidades de las células funcionales. Puede disponerse un microprocesador para encender el generador de oxígeno cuando el sensor detecta que la concentración de oxígeno está por debajo de un mínimo predeterminado y desconectarlo cuando la concentración de oxígeno está por encima de un máximo predeterminado.

Las células funcionales células isleta pancreáticas ( $\alpha$ -células,  $\beta$ -células), células hepáticas, células neurales, células cortex renales, células endoteliales vasculares, células tiroideas, células paratiroideas, células suprarenales, células del timo, células ováricas, células testiculares. Según una realización actualmente preferida, las células funcionales son  $\beta$ -células pancreáticas, que son células liberadoras de insulina. Un dispositivo de esta clase puede configurarse para uso en el tratamiento de diabetes dependiente de insulina o para vigilar los niveles de glucosa del cuerpo. Según otro ejemplo, las células funcionales pueden ser células hepáticas, con lo que el dispositivo puede servir como un "hígado artificial".

La población de células funcionales del dispositivo puede tener forma individual, de racimos de células o de partes de un tejido extirpado. Estos tejidos o células incluyen, sin limitación, tejido o células extraídas de un donante animal, tejido o células obtenidas por incubación o cultivo de tejidos y células de un donante, células obtenidas a partir de estirpes de células viables, células obtenidas por ingeniería genética. Las células pueden ser de origen humano o animal así como genéticamente diseñadas o células clonadas o células germinales. Las células pueden ser autólogas o heterólogas respecto de las células del receptor. Los tejidos o células puede realizar una función útil secretando una sustancia beneficiosa dentro del cuerpo, tal como hormonas o neurotransmisores, o eliminando una sustancia dañina del cuerpo absorbiéndola, tal como es el caso de células hepáticas que tiene absorber diversas sustancias tóxicas. Las células, los racimos de células o las partes de tejido pueden estar dispersos en un medio líquido o matriz dentro de la cámara, o pueden estar fijados a un sustrato, por ejemplo las paredes de la cámara.

En otra aplicación, que no es parte de la invención, la cámara de la presente invención se usa para implantar células en el cuerpo como para de un sistema para detectar o vigilar el nivel de una sustancia en fluidos corporales. Un sistema de esta clase comprende un dispositivo implantable de la invención que tiene un detector destinado a vigilar una propiedad de las células funcionales que se correlaciona con el nivel de la sustancia en e medio que rodea a las células funcionales. Por ejemplo, la patente norteamericana número 5.101.814 describe el uso de una cámara para implantar células sensibles a la glucosa dentro del cuerpo y para vigilar una propiedad óptica o eléctrica de las células que se correlaciona con los niveles de glucosa. La presente invención puede incorporar una disposición de detector del tipo descrito en el documento US 5.101.814.

La fuente de energía del dispositivo de la invención es típicamente una batería recargable. El dispositivo comprende preferiblemente un circuito de recarga unido a dicha batería, para recargar por inducción remota la batería según se

## ES 2 299 916 T3

conoce de por sí. El dispositivo también comprende preferiblemente una circuitería electrónica para vigilar los parámetros del dispositivo o sus proximidades o para controlar los parámetros operativos del dispositivo. Tales parámetros vigilados pueden ser parámetros que influyen sobre la viabilidad de las células funcionales o el nivel de producción de una sustancia requerida, por ejemplo el nivel de oxígeno; el nivel de una sustancia requerida producida; el nivel en los fluidos corporales de una sustancia que se ha de producir o eliminar por el dispositivo, etc. Los parámetros vigilados pueden usarse, por ejemplo, para controlar el nivel de producción de oxígeno (controlando la corriente hacia los electrodos o la luz generada por la fuente de luz, según sea el caso). La circuitería de control puede comprender medios para comunicación inalámbrica con un dispositivo externo, según se conoce de por sí.

### 10 Breve descripción de los dibujos

Con el fin de comprender la invención y ver cómo puede realizarse en la práctica, se describirán ahora realizaciones preferidas, únicamente a modo de ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos anexos, en los que:

15 Las figuras 1a, 1b son un dispositivo según una primera realización de la invención;

Las figuras 2a, 2b son un dispositivo según un ejemplo que no forma parte de la invención;

20 Las figuras 3a, 3b son un dispositivo según una segunda realización de la invención; y

Las figuras 4a, 4b son un dispositivo según una tercera realización de la invención.

### Descripción detallada de realizaciones preferidas

#### 25 Primera Realización

Haciendo referencia en primer lugar a la figura 1, se muestra en una vista en sección transversal (figura 1a) y en una vista longitudinal (figura 1b) una realización del dispositivo de la invención. El dispositivo tiene una cámara 100 que tiene la forma global de un cilindro delgado. La cámara tiene así una relación de área superficial frente a volumen extremadamente grande que permite tanto un intercambio eficiente de nutrientes y desechos como una inserción y recuperación sencillas dentro y fuera del peritoneo o en cualquier otra área corporal. La cámara 100 es flexible y puede fabricarse para adoptar cualquier configuración deseada dentro del cuerpo.

35 Una membrana exterior 105 está formada a partir de un material semipermeable, por ejemplo, un copolímero acrílico de cloruro de polivinilo. Se selecciona el corte de peso molecular de la membrana exterior 105 de modo que la membrana exterior 105 sea permeable a nutrientes y sustancias activas, tales como hormonas secretadas por las células, pero es impermeable a inmunoglobulinas y células. El corte de peso molecular de la membrana exterior 105 está preferiblemente entre  $16570 \times 10^{-24}$  g y  $115990 \times 10^{-24}$  g (10.000 y 70.000 Dalton). La membrana exterior 105 tiene un revestimiento antifibrina 145 que impide el crecimiento fibrótico excesivo.

40 Una membrana interior 110 es permeable a pequeñas moléculas inorgánicas tales como gases, agua y sales. El corte de peso molecular de la membrana interior 110 se encuentran entre preferiblemente  $165,7 \times 10^{-24}$  g y  $331,4 \times 10^{-24}$  g (100 y 200 Dalton). La membrana interior 110 puede fabricarse a partir de material usados comúnmente en membranas de pulmón artificial, por ejemplo, tales materiales se describen en la patente norteamericana número 5.614.378. El interior 130 de la membrana interior 110 contiene células fotosintéticas 135. Los organismos fotosintéticos pueden ser, por ejemplo, algas unicelulares tales como *Chlorella*. Una fuente de luz 140 produce luz que tiene preferiblemente una longitud de onda en el intervalo de 400 a 700 nm. La luz es guiada desde la fuente de luz 140 a lo largo de la longitud de la cámara 100 por una fibra óptica 148. La cámara 100 contiene una fuente de energía 155, un microprocesador 150 que puede ser, por ejemplo una batería recargable o cualquier otra clase de fuente de energía, y un sensor de oxígeno 160. Las células fotosintéticas 135 constituyen un generador de oxígeno.

55 Con anterioridad a la implantación de la cámara 100 dentro del cuerpo del receptor, se cargan unas células funcionales 120 dentro del espacio anular 115 entre la membrana exterior 105 y la membrana interior 110. Las células funcionales 120 pueden ser, por ejemplo, isletas pancreáticas, en cuyo caso son suficientes aproximadamente  $10^6$  isletas para producir cantidades adecuadas de insulina para regular los niveles de glucosa en el cuerpo del receptor. Las células funcionales 120 pueden suspenderse en un medio líquido en el espacio anular 115 o inmovilizarse en el espacio anular 115 embutiéndolas en una matriz de gel formada, por ejemplo, a partir de alginato, polilisina, chitosano, alcohol de polivinilo, glicol de polietileno, agarosa, gelatina o k-carragenina.

60 Después de ser cargado con las células funcionales 120, la cámara 100 es implantada dentro del cuerpo por medio de un aplicador que puede ser, por ejemplo, una jeringa. El procesador 150, la fuente de luz 140 y la fuente de energía 155 también pueden implantarse en el cuerpo o, en uso, pueden estar fuera del cuerpo. Si la fuente de luz 140 en uso está fuera del cuerpo, la fibra óptica 148 es configurada para atravesar la piel. Si el procesador 150 en uso está fuera del cuerpo, el sensor 160 de oxígeno está configurado para atravesar la piel.

65 Cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el espacio anular 115 está por debajo de un mínimo predeterminado, se conecta la fuente de luz 140 mediante el microprocesador 150 con el fin de inducir la fotosíntesis mediante las células fotosintéticas 135. El oxígeno producido por fotosíntesis en las células fotosintéticas

## ES 2 299 916 T3

135 es liberado desde las mismas y se propaga a través de la membrana interior 110 dentro del espacio anular 115 y se pone así a disposición de las células funcionales 120. Cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el espacio anular 115 está por encima de un máximo predeterminado, la fuente de luz 140 es desconectada por el microprocesador 150 para detener la fotosíntesis de las células fotosintéticas 135 con la finalidad de conservar la fuente de energía 155. Son suficientes aproximadamente  $10^9$  -  $10^{10}$  células *Chlorella* para producir un suministro adecuado de oxígeno para  $10^6$  isletas funcionales.

La fuente de energía 155 puede recargarse periódicamente cuando la cámara 100 está dentro del cuerpo. Por ejemplo, unos contactos eléctricos (no mostrados) situados normalmente fuera del cuerpo pueden conectarse a través de un cable percutáneo a los terminales de la fuente de energía 155. Se aplica a continuación una tensión a través de los contactos para recargar la fuente de energía 155. Alternativamente, la fuente de energía 155 puede recargarse inductivamente aplicando externamente un campo eléctrico sobre la piel en las proximidades de la cámara 100.

Haciendo referencia ahora a la figura 2, un ejemplo que no forma parte de la invención, se muestra en una vista en sección transversal (figura 2a) y longitudinal (figura 2b) una segunda realización de la invención. Este ejemplo es similar a la primera realización mostrada en la figura 1, y los componentes idénticos se identifican con el mismo número. Un par de electrodos flexibles 315a y 315b se extiende a lo largo de la longitud de la cámara 300 en el interior 130 de la membrana interior 110. Los electrodos están fabricados de un material biocompatible tal como carbono o platino. La cámara 300 contiene una fuente de energía 355, un microprocesador 350 y un sensor 160 de oxígeno. Los electrodos 315a y 315b constituyen un generador de oxígeno.

Con anterioridad a la inserción de la cámara 300 dentro del cuerpo del receptor, se cargan las células funcionales 120 dentro del espacio anular 115 entre la membrana exterior 105 y la membrana interior 110. Las células funcionales pueden suspenderse en un medio líquido en el espacio anular 115 o inmovilizarse embutiéndolas en una matriz de gel formada, por ejemplo, a partir de alginato, polilisina, quitosano, alcohol de polivinilo, glicol de polietileno, agarosa, gelatina o k-carragenina.

La cámara 300 es implantada entonces dentro del cuerpo usando un aplicador que puede ser, por ejemplo, una jeringa. El procesador 350 y la fuente de energía 355 también pueden implantarse en el cuerpo o, en uso, pueden estar fuera del cuerpo. Si el procesador 350 en uso está fuera del cuerpo, los electrodos 315a y 315b y el sensor 160 de oxígeno se configuran para atravesar la piel.

Dentro del cuerpo, cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el espacio anular 115 está por debajo de un mínimo predeterminado, el microprocesador 350 provoca la generación de un potencial eléctrico entre los electrodos 315a y 315b por medio de la fuente de energía 355. Esto provoca la hidrólisis de las moléculas de agua en el interior 130 de la membrana interior 110, produciendo oxígeno. Las moléculas de oxígeno se propagan a través de la membrana interior 110 hacia el espacio anular 115 entre la membrana interior 110 y la membrana exterior 105, y así se ponen a disposición de las células funcionales 120. Cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el espacio anular 115 está por encima de un máximo predeterminado, el potencial eléctrico a través de los electrodos 315a y 315b es desconectado por el microprocesador 350 con la finalidad de conservar la fuente de energía 155. La fuente de energía 155 puede recargarse cuando la cámara 300 está dentro del cuerpo según se describe con referencia a la realización anterior.

### Segunda Realización

Se muestra en la figura 3 otra realización de la invención. Esta realización tiene componentes en común con la realización de la figura 1 y los componentes similares están identificados con el mismo número. Esta realización tiene una cámara 400 que tiene una forma plana delgada o similar a un barquillo que se implanta en el cuerpo cerca de la piel 402. La superficie 405 de la cámara 400 más próxima a la piel 402 es transparente a la luz. Las células fotosintéticas 135 y las células funcionales 120 están cargadas en el interior 410 de la cámara 400. Las células fotosintéticas 135 son radiadas con luz desde una fuente de luz 415 situada fuera del cuerpo. La luz procedente de la fuente de luz 415 penetra a través de la piel 402 y de la superficie 405 hacia el interior 410 de la cámara 400. El procesador 150 y la fuente de energía 155 también pueden implantarse en el cuerpo o pueden, en uso, situarse fuera del cuerpo. La fuente de luz 415 puede ser integral con el dispositivo según se muestra en la figura 3a. En este caso cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el interior 410 del dispositivo 400 está por debajo de un mínimo predeterminado, el microprocesador 150 enciende la fuente de luz 415 para inducir la fotosíntesis de las células fotosintéticas 135. Cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el interior 410 está por encima de un máximo predeterminado, el microprocesador 150 apaga la fuente de luz 415.

Las células fotosintéticas también pueden iluminarse por una fuente de luz 415 que es independiente del procesador 150 según se muestra en la figura 3b. En este caso cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el interior 410 del dispositivo 400 está por debajo de un mínimo predeterminado, el procesador 150 genera una señal sensible tal como una señal audible producida por un altavoz 450. Esto indica a la persona que debe radiar la piel 402 que reviste la cámara 400 con el fin de inducir la fotosíntesis de las células fotosintéticas 135. Cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el interior 410 está por encima de un máximo predeterminado, el procesador 150 interrumpe la señal sensible informando así a la persona de que debe detenerse la iluminación.

## ES 2 299 916 T3

### Tercera Realización

En la figura 4 se muestra aún otra realización de la invención. Esta realización tiene componentes en común con la realización de la figura 3 y los componentes similares están identificados con el mismo número. Esta realización  
5 tiene una cámara 500 que está formada a partir de un gel sólido tal como alginato, polilisina, chitosano, alcohol de polivinilo, glicol de polietileno, agarosa, gelatina o k-carragenina. El gel es preferiblemente transparente a la luz. Las células fotosintéticas 135 y las células funcionales 120 están embutidas en el gel. Las células fotosintéticas 135 son radiadas con luz desde una fuente de luz 415 situada fuera del cuerpo. La luz procedente de la fuente de luz 415 penetra  
10 a través de la piel 402 y del gel de las células fotosintéticas. El procesador 150 y la fuente de energía 155 también pueden implantarse en el cuerpo o pueden, en uso, situarse fuera del cuerpo. La fuente de luz 415 puede ser integral con el dispositivo según se muestra en la figura 4a. En este caso cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el interior 510 del dispositivo 400 está por debajo de un mínimo predeterminado, el microprocesador 150 enciende la fuente de luz 415 para inducir la fotosíntesis de las células fotosintéticas 135. Cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el interior 510 está por encima de un máximo predeterminado, el  
15 microprocesador 150 apaga la fuente de luz 415.

Las células fotosintéticas también pueden iluminarse por una fuente de luz 415 que es independiente del procesador 150 según se muestra en la figura 4b. En este caso cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el interior 510 de la cámara 500 está por debajo de un mínimo predeterminado, el procesador 150 genera una señal sensible tal como una señal audible producida por un altavoz 450. Esto indica a la persona que debe radiar la piel 402 que reviste la cámara 500 con el fin de inducir la fotosíntesis de las células fotosintéticas 135. Cuando el sensor 160 de oxígeno detecta que el nivel de oxígeno en el interior 410 está por encima de un máximo predeterminado, el procesador 150 interrumpe la señal sensible informando así a la persona de que debe detenerse la iluminación.  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65

# ES 2 299 916 T3

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un dispositivo que comprende una cámara (100, 400, 500) y que está destinado a implantarse en un cuerpo de una persona, comprendiendo la cámara:
- células funcionales (120); y
- células fotosintéticas (135).
- 10 2. Un dispositivo según la reivindicación 1, en el que las células fotosintéticas (135) están posicionadas próximas a las células funcionales (120) para proporcionar oxígeno a las células funcionales (120).
- 15 3. Un dispositivo según la reivindicación 1, en el que las células funcionales (120) están mezcladas con las células fotosintéticas (135).
- 20 4. Un dispositivo según la reivindicación 1, en el que las células funcionales (120) no están inmunoaisladas de las células fotosintéticas (135).
- 25 5. Un dispositivo según la reivindicación 1, en el que la cámara (100) comprende una membrana (110) configurada para separar las células funcionales (120) de las células fotosintéticas (135).
- 30 6. Un dispositivo según la reivindicación 1, en el que la cámara (100) comprende una matriz, en la cual están dispersas las células funcionales (120).
- 35 7. Un dispositivo según la reivindicación 1, en el que la cámara (100, 400, 500) comprende paredes destinadas a inmunoaislar las células funcionales (120) respecto de constituyentes del cuerpo.
- 40 8. Un dispositivo según la reivindicación 1, en el que la cámara (500) está formada por un gel sólido, en el que están embutidas las células funcionales (120) y las células fotosintéticas (135).
- 45 9. Un dispositivo según la reivindicación 1, en el que las células fotosintéticas (135) comprenden algas.
- 50 10. Un dispositivo según la reivindicación 1, que comprende además una fuente luminosa (140, 415).
- 55 11. Un dispositivo según la reivindicación 10, en el que la fuente luminosa (140, 415) está configurada para implantarse en el cuerpo.
- 60 12. Un dispositivo según la reivindicación 10, en el que la fuente luminosa (140, 415) está configurada para colocarse fuera del cuerpo.
- 65 13. Un dispositivo según la reivindicación 1, en el que las células funcionales (120) pueden liberar una sustancia necesaria, y la cámara (100, 400, 500) tiene paredes que son permeables a dicha sustancia, pero no a dichas células, con lo cual se libera dicha sustancia hacia el cuerpo.
- 70 14. Un dispositivo según la reivindicación 13, en el que las células funcionales (120) se seleccionan del grupo que consta de: células de isleta pancreáticas, hepatocitos, células tiroideas, células paratiroidales, células neurales, células ováricas, células adrenales, células del córtex renal, células endoteliales vasculares, células del timo, células ováricas, células testiculares, células creadas genéticamente, células clonadas y células madre.
- 75 15. Un dispositivo según la reivindicación 13, en el que las células funcionales (120) comprenden  $\beta$ -células pancreáticas.
- 80 16. Un dispositivo según la reivindicación 1, en el que las células funcionales (120) pueden absorber o degradar una sustancia del cuerpo, y la cámara (100, 400, 500) tiene paredes que son permeables a dicha sustancia, pero no a dichas células, con lo cual se drena dicha sustancia desde los alrededores del dispositivo hacia de dicha cámara.
- 85 17. Un dispositivo según la reivindicación 16, en el que las células funcionales (120) comprenden células hepáticas.
- 90 18. Un dispositivo según la reivindicación 1, que además comprende un sensor (160) de oxígeno para determinar la concentración de oxígeno en las proximidades de las células funcionales (120).
- 95 19. Un dispositivo según la reivindicación 18, que comprende además un microprocesador (150) configurado para activar las células fotosintéticas (135) cuando la concentración de oxígeno en las proximidades de las células funcionales (120) está por debajo de un primer umbral predeterminado, y para desactivar las células fotosintéticas (135) cuando la concentración de oxígeno en las proximidades de las células funcionales (120) está por encima de un segundo umbral predeterminado.

## ES 2 299 916 T3

20. Un dispositivo según la reivindicación 1, que comprende circuitos electrónicos para supervisar unos parámetros seleccionados de la lista que consta de: parámetros del dispositivo y parámetros de los alrededores del dispositivo.

5 21. Un dispositivo según la reivindicación 20, en el que los parámetros incluyen parámetros que influyen sobre la viabilidad de las células funcionales, y en el que los circuitos están destinados a controlar, en respuesta a los parámetros, un nivel de oxígeno proporcionado por las células fotosintéticas.

10 22. Un dispositivo según la reivindicación 21, que comprende una fuente luminosa (140, 415) y en el que los circuitos están destinados a controlar el nivel del oxígeno proporcionado controlando un nivel de luz generado por la fuente luminosa (140, 415).

23. Un dispositivo que comprende una cámara y que está destinado a implantarse en un cuerpo de una persona, comprendiendo la cámara:

15 células funcionales; y

cloroplastos aislados.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

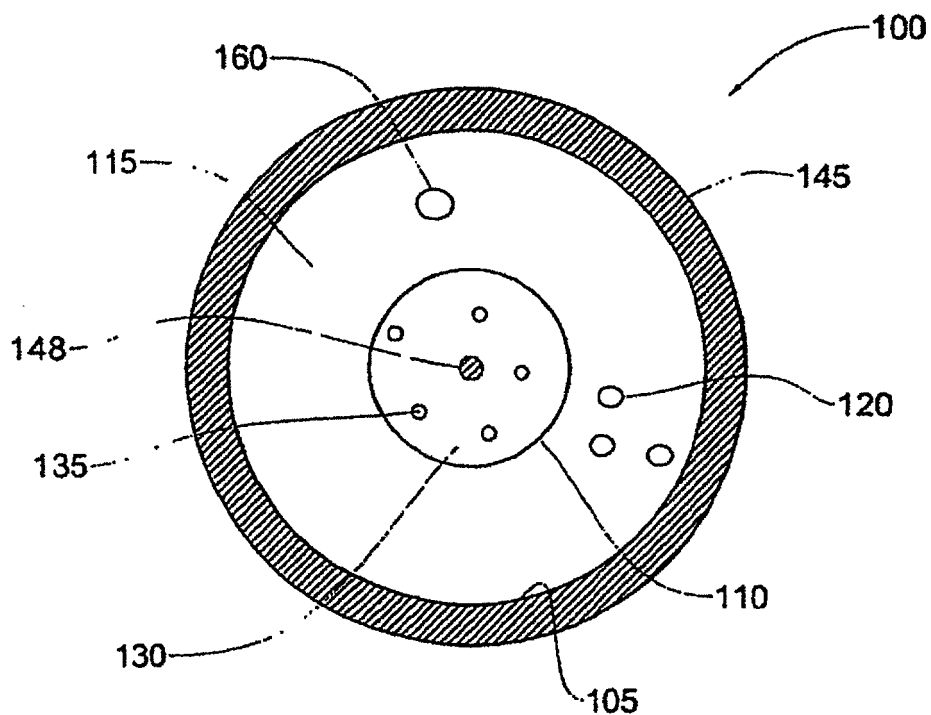


FIG. 1A

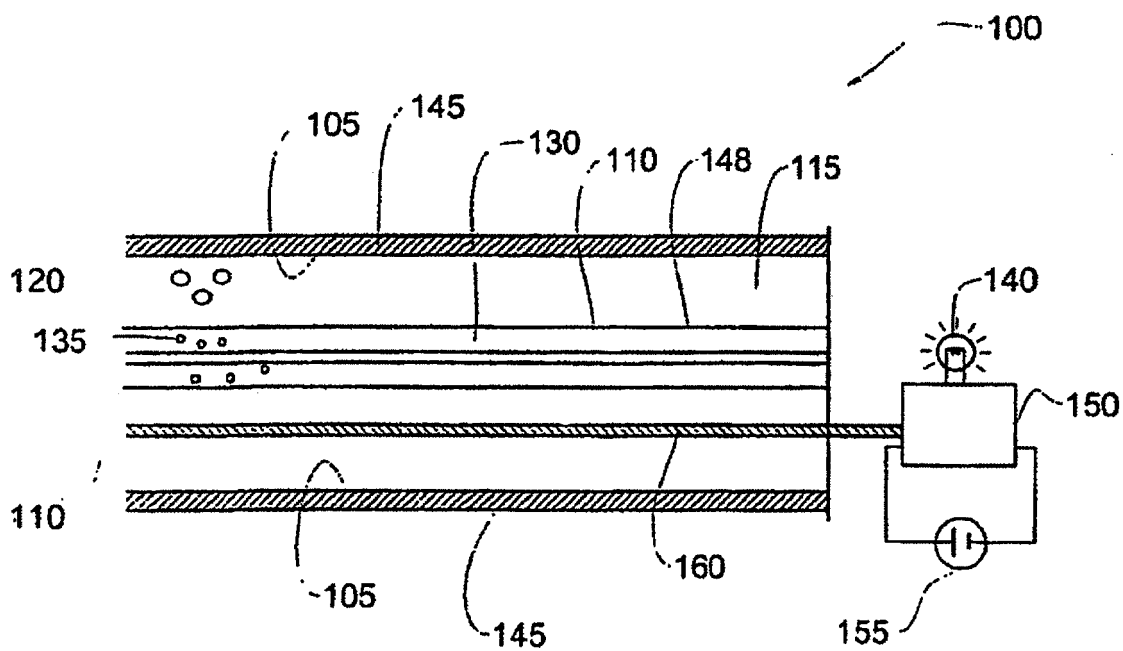


FIG. 1B

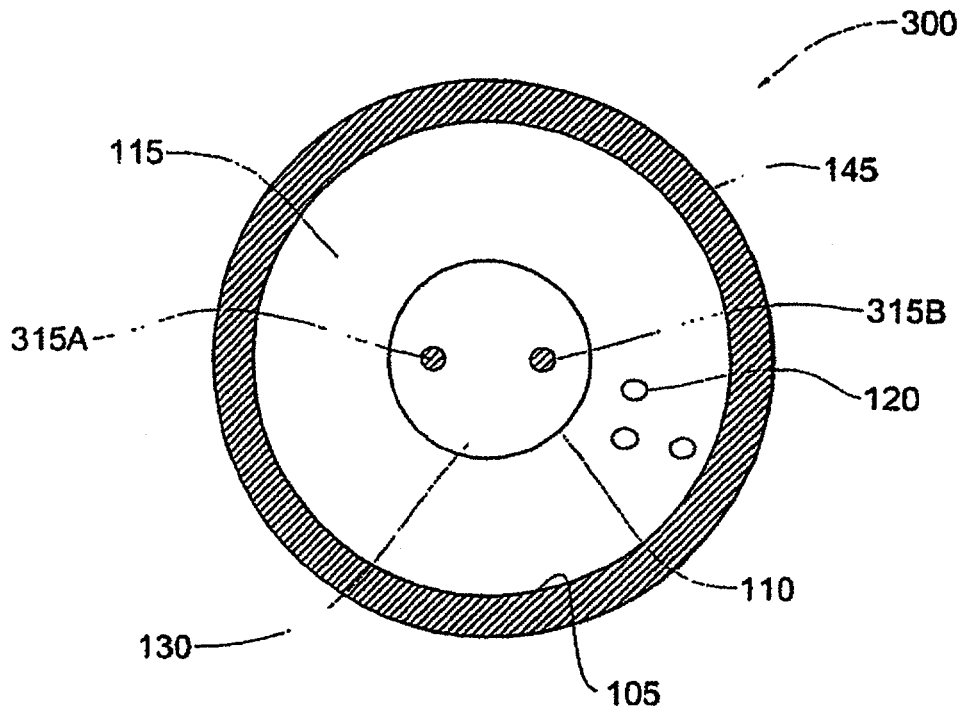


FIG. 2A

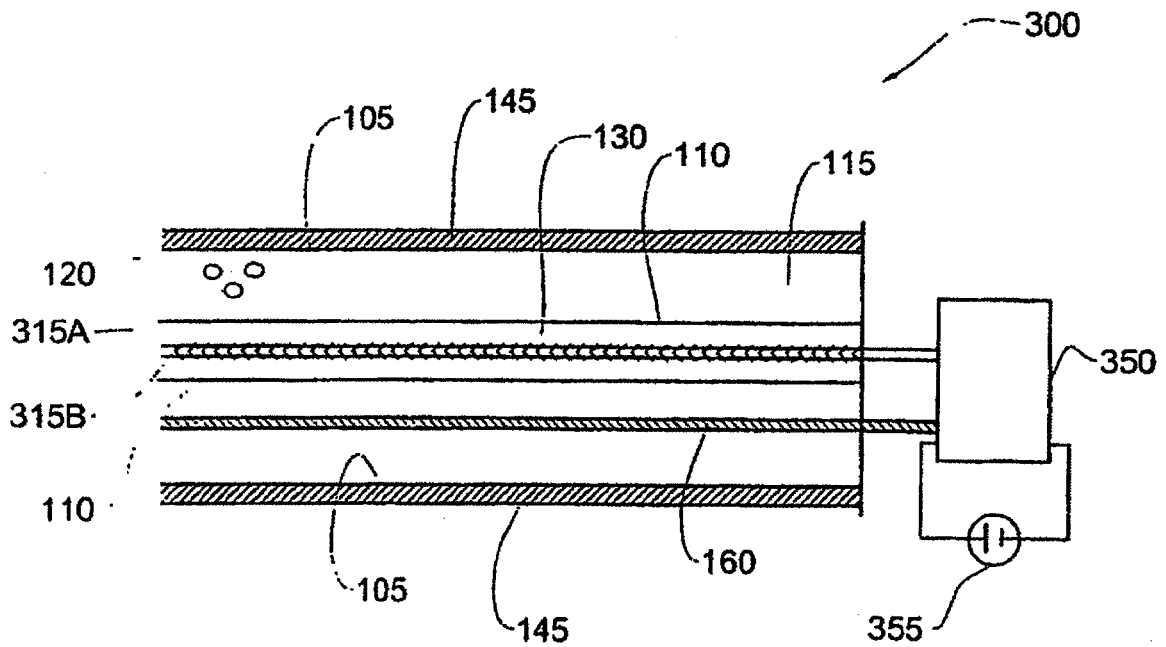


FIG. 2B

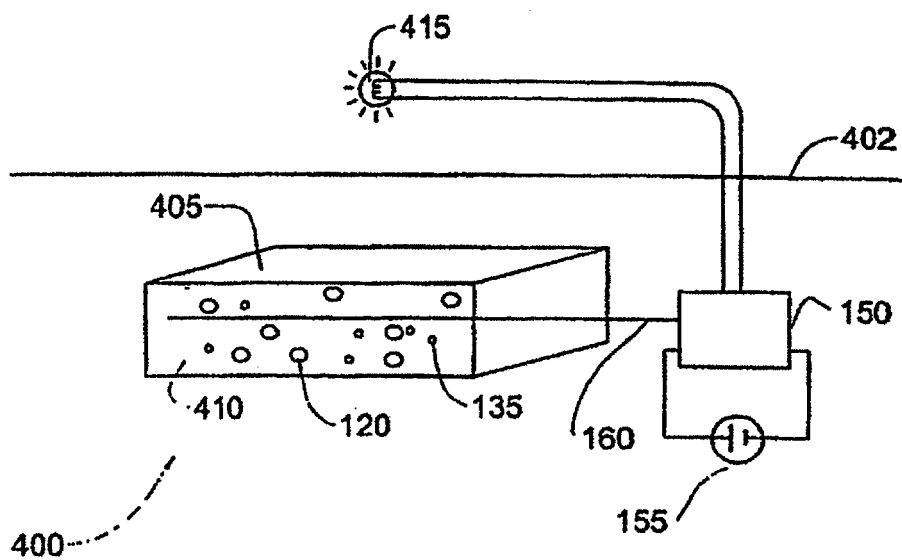


FIG. 3A

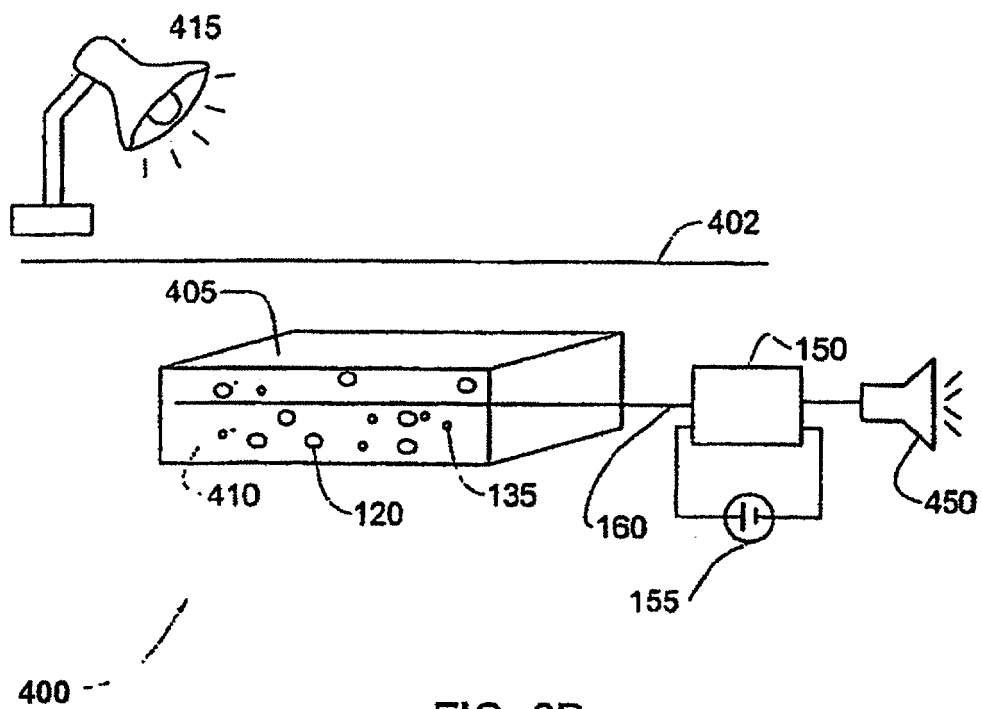


FIG. 3B

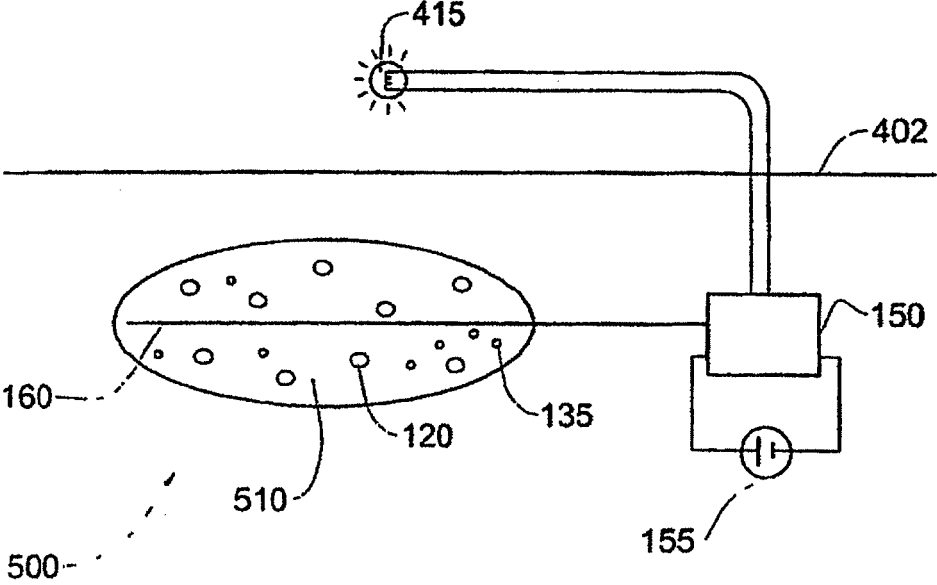


FIG. 4A

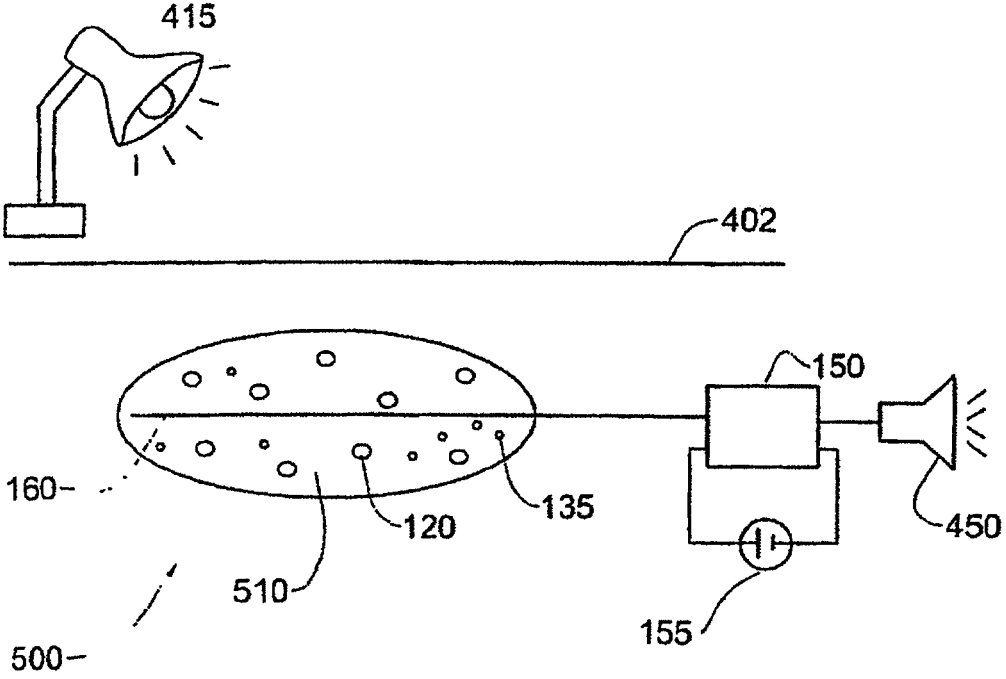


FIG. 4B