

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 477**

51 Int. Cl.:

**A61N 1/05** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.05.2001 E 09013945 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016 EP 2158937**

54 Título: **Dispositivo de retina artificial**

30 Prioridad:

**04.05.2000 US 564841**

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

**09.12.2016**

73 Titular/es:

**PIXIUM VISION SA (100.0%)  
74 rue du Faubourg Saint Antoine  
75012 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**CHOW, ALAN Y. y  
CHOW, VINCENT Y.**

74 Agente/Representante:

**AZNÁREZ URBIETA, Pablo**

**ES 2 593 477 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

**Dispositivo de retina artificial**

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere, en general, a dispositivos médicos. Más particularmente, la presente invención se refiere a un dispositivo médico de retina artificial para estimular eléctricamente de manera más eficiente y con mayor resolución las células neuroretinales en retinas parcialmente dañadas con el fin de producir una visión artificial. La invención provee eficiencia y resolución mejoradas del dispositivo, al utilizar una estimulación de la corriente eléctrica transretinal provista por electrodos de estimulación y de retorno a tierra que se colocan en lados opuestos de la neuroretina.

**Antecedentes de la invención**

- 15 Diversas enfermedades de retina ocasionan pérdida de visión o ceguera por destrucción de las capas vasculares del ojo, que incluyen la coroides y coriocapilar, y de las capas retinales externas, que incluyen la membrana de Bruch y el epitelio de pigmento retinal. Con frecuencia, la pérdida de estas capas está acompañada por una degeneración de la porción externa de la neuroretina, típicamente la capa fotorreceptora. Pueden quedar restos variables de la neuroretina conservados, compuestos por la capa nuclear externa, plexiforme externa, nuclear interna, plexiforme interna, de capas de fibras nerviosas y células ganglionares.

- 20 Los esfuerzos anteriores conocidos para generar visión mediante estimulación eléctrica retinal utilizaban disposiciones de electrodos de estimulación con su electrodo de retorno a tierra o electrodos dispuestos ya sea completamente en el lado epirretinal o subretinal de la neuroretina. El documento US 4.628.933 A, en el cual se basa el preámbulo de la reivindicación 1, describe un aparato conocido para la visión artificial.

- 25 La colocación de electrodos estimuladores y de retorno a tierra juntos de esta manera dio como resultado una estimulación ineficiente de la neuroretina, debido a que el campo eléctrico no estaba forzado directamente a través de la neuroretina. La resolución también se veía afectada, debido a la propagación difusa de cada campo eléctrico de los electrodos estimuladores.

**Breve resumen de la invención**

La invención se describe en un reivindicación independiente 1 con realizaciones preferentes en las reivindicaciones dependientes.

- 30 El dispositivo de retina artificial de esta invención está compuesto de dos unidades básicas, la unidad de electrodo de estimulación y la unidad de electrodo de retorno a tierra. Las dos unidades están física y eléctricamente continuas, o física y eléctricamente conectadas, mediante un conductor de tipo cola aislado que, en algunas realizaciones, soporta, coloca y alinea las dos unidades en lados opuestos de la neuroretina uno con relación al otro. La unidad de electrodo de estimulación es, por ejemplo, un disco de silicio de 3 mm de diámetro y 25 micrómetros de espesor y está constituida por subunidades de microelectrodos de estimulación separados. Preferentemente, la unidad de electrodo de estimulación tiene una unidad de electrodo de retorno a tierra que se extiende desde un borde, comprendido por una cola de silicio con un conductor aislado que conduce al electrodo de retorno a tierra en su punta. Las subunidades de microelectrodos de estimulación de las unidades de electrodos de estimulación suministran una corriente generada por uno o más microfotodiodos conectados, por ejemplo en serie, y fabricados dentro de la subunidad. El número preferido de microfotodiodos por subunidad es de uno.

- 45 En otras realizaciones, cada subunidad de microelectrodos preferentemente está fabricada sobre un nodo de una cinta de silicio en forma de disco, estando las subunidades separadas por áreas abiertas de la cinta. Las áreas abiertas de la cinta permiten que la alimentación y oxígeno de la circulación retinal externa se disperse hacia la neuroretina.

- 50 En la realización preferente, en el lado posterior de la unidad de electrodo de estimulación, es decir, el lado opuesto al lado de la luz incidente, se conforma y dispone un conductor común aislado para conectar eléctricamente a tierra las subunidades de microelectrodos. Preferentemente, el conductor de tierra común continúa a lo largo de la extensión de la unidad de electrodo de retorno a tierra y termina en un electrodo de retorno a tierra expuesto en o cerca de la punta de la unidad de electrodo de retorno a tierra, y está dispuesto en la cavidad vítrea. La punta del electrodo de retorno a tierra expuesto en la cavidad vítrea permite que el

campo eléctrico generado por las subunidades de microelectrodos en el espacio subretinal estimulen transretinalmente la neurorretina.

5 En una segunda realización, una cola adicional con un conductor incrustado y una punta de electrodo está conectada a la punta del electrodo de tierra de la unidad de electrodo de tierra para extender adicionalmente la ubicación del electrodo de tierra en la cavidad vítrea.

10 En una modificación ilustrativa que no forma parte de la presente invención, el conductor de la unidad de electrodo de tierra está eléctricamente conectado con un fotodiodo o fotodiodos de polarización adicionales para incrementar el voltaje y la corriente generados por el dispositivo. En este último caso, el electrodo de tierra del dispositivo está dispuesto preferentemente en el fotodiodo o fotodiodos de polarización adicionales dispuestos en la cavidad vítrea.

En otra modificación ilustrativa que no forma parte de la presente invención, el fotodiodo o fotodiodos de polarización están colocados en la bolsa capsular de la lente del ojo después de una eliminación quirúrgica del núcleo de la lente y del material cortical.

**Breve descripción de las figuras**

15 Otras características y ventajas de la invención serán evidentes para los expertos en la técnica al hacer referencia a la descripción detallada y las figuras, en las cuales:

- Fig. 1A: vista en planta de una realización preferente que muestra la unidad de electrodo de estimulación y la unidad de electrodo de retorno a tierra.
- 20 Fig. 1B: vista lateral de la Fig. 1A que muestra la unidad de electrodo de estimulación y la unidad de electrodo de retorno a tierra.
- Fig. 2a: vista en planta de la extensión de cola de las realizaciones preferentes, que se acopla física y eléctricamente a la unidad de electrodo de retorno a tierra de las Fig. 1A y 1B para extender adicionalmente la ubicación del electrodo de retorno a tierra en la cavidad vítrea del ojo.
- 25 Fig. 2B: vista en sección transversal de la extensión de cola de las realizaciones preferentes.
- Fig. 3: vista en perspectiva que muestra la extensión de cola de las Fig. 2A y 2B unida a la unidad de electrodo de retorno a tierra de las Fig. 1A y 1B.
- Fig. 4: vista en perspectiva de otra realización, que muestra la unidad de electrodo de estimulación fabricada como una cinta de silicio circular para permitir que la alimentación fluya entre la coroides y la neurorretina, y las subunidades de electrodo de estimulación fabricadas en los nodos de intersección de la cinta.
- 30 Fig. 4A y 4B: vistas en planta y en sección transversal amplificadas respectivamente de la realización de la Fig. 4 donde las subunidades de electrodo de estimulación de la unidad de electrodo de estimulación están cada una constituida por tres microfotodiodos eléctricamente conectados en serie para incrementar la salida de voltaje de cada subunidad de electrodo de estimulación.
- 35 Fig. 5: vista en sección transversal de las Fig. 1A y 1B, en el ojo con una unidad de electrodo de estimulación en el espacio subretinal y un electrodo de retorno a tierra de la unidad de electrodo de retorno a tierra expuesto en la cavidad vítrea.
- 40 Fig. 6: vista en sección transversal del dispositivo de la Fig. 5 con la extensión de cola unida de las Fig. 2A y 2B.
- Fig. 7: vista en sección transversal de una disposición ilustrativa, que muestra el dispositivo de las Fig. 1A y 1B con una unidad de estimulación de electrodo implantada en el espacio subretinal y un bucle de electrodo de retorno a tierra de la unidad de electrodo de retorno a tierra dispuesto en la cavidad vítrea.
- 45 Fig. 8: vista en sección transversal de una modificación ilustrativa que no forma parte de la invención, que muestra el dispositivo de las Fig. 1A y 1B con una unidad de electrodo de estimulación implantada en el espacio subretinal y una extensión de cola que se conecta eléctricamente a un fotodiodo de polarización dispuesto en la cápsula de lente del ojo, el fotodiodo de polarización contiene la ubicación extendida del electrodo de retorno a tierra, y el fotodiodo de polarización provee voltaje y/o corriente adicional a la unidad de estimulación de electrodo en el espacio subretinal.
- 50 Fig. 9: vista en sección transversal de otra modificación ilustrativa que no forma parte de la presente invención, que muestra el dispositivo de las Fig. 1A y 1B con su unidad de electrodo de estimulación implantada en el espacio subretinal y una extensión de cola que se conecta eléctricamente a un fotodiodo de polarización dispuesto frente al iris, en la cámara anterior del ojo, el fotodiodo de polarización contiene la ubicación extendida del
- 55

electrodo de retorno a tierra, y el fotodiodo de polarización provee voltaje y/o corriente adicional para la unidad de estimulación de electrodo en el espacio subretinal.

**Descripción detallada de las realizaciones preferentes**

5 En referencia a las figuras, como se muestra en las figuras 1A y 1B, la realización preferida del dispositivo retinal 10 tiene una unidad de electrodo de estimulación 12 y una unidad de electrodo de retorno a tierra curvo 16 configurado para su implantación en un ojo, de modo que el dispositivo retinal puede ser colocado completamente dentro del ojo y estimular lados opuestos o sustancialmente opuestos de la neurorretina. Preferentemente, los dos componentes 12 y 16 están físicamente fabricados sobre un sustrato sencillo de pastilla de silicio delgado 11, pero pueden ser fabricados por separado y luego ser unidos. La unidad de electrodo de estimulación 12 incluye una disposición de subunidades de electrodos de estimulación 22 cada una compuesta de una o más fuentes eléctricas tales como un fotodetector o fotodetectores. En una realización preferente, los fotodetectores pueden ser implementados como microfotodiodos 23a eléctricamente conectados, por ejemplo en serie.

15 Un electrodo de estimulación 23b hace contacto al menos con una de células individuales, grupos de células, porciones de células y fibras nerviosas de la neurorretina. El electrodo de retorno a tierra 14 está dispuesto preferentemente en o cerca de la punta de la unidad de electrodo de retorno a tierra 16. El electrodo de estimulación 23b y electrodo de retorno a tierra 14 se disponen en lados opuestos de una neurorretina, o, si la neurorretina está parcialmente omitida o dañada, entonces en lados opuestos del resto de la neurorretina. En una realización preferente, el electrodo de estimulación, 23b está dispuesto en un espacio subretinal de la neurorretina y el electrodo de retorno a tierra 14 está dispuesto sobre un lado epirretinal de la neurorretina. En otra realización, las posiciones están invertidas, con el electrodo de retorno a tierra 14 estando dispuesto en el espacio subretinal de la neurorretina y el electrodo de estimulación 23b estando dispuesto en el lado epirretinal de la neurorretina.

25 También como se muestra en las figuras 1A y 1B, los componentes ejemplares de la realización preferente del dispositivo retinal 10 incluyen el sustrato de silicio delgado 11, la unidad de electrodo de estimulación 12, subunidades de electrodo de estimulación 22, microfotodiodos 23a eléctricamente conectados, por ejemplo en serie, dentro de las subunidades de electrodo de estimulación 22, y un electrodo de estimulación de iridio/óxido de iridio 23b de las subunidades de electrodo de estimulación 22. Preferentemente los microfotodiodos 23a u otra fuente eléctrica estimulan la neurorretina desde los lados subretinales y de la cavidad vítrea del ojo. Alternativamente, la fuente eléctrica podría proveer estimulación desde el exterior del ojo en respuesta a luz incidental. Por ejemplo, la fuente eléctrica podría enviar señales proporcionales a luz incidente detectada a través de cableado hacia el espacio subretinal y cavidad vítrea del ojo. En otra realización, la fuente eléctrica puede transmitir una señal de una manera inalámbrica al ojo utilizando, por ejemplo, radiofrecuencia (RF) para enviar señales a una bobina localizada en el ojo que está en comunicación con los electrodos de estimulación y de tierra. Otros mecanismos conocidos también se pueden utilizar para proveer energía eléctrica al ojo en respuesta a luz incidente.

40 También incluida con la unidad de electrodo de retorno a tierra 16, se encuentra una capa de tensión de nitrito de silicio 17 que, de preferencia, configura la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 en una forma generalmente curva, para dirigir la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 hacia la cavidad vítrea. Aunque una curva dirige la unidad de electrodo de tierra 16 hacia la cavidad vítrea, se pueden utilizar otras formas, tales como un electrodo de tierra sesgado, para realizar la misma función, pero puede ser más difícil de fabricar. El electrodo de retorno a tierra 14 preferentemente se produce de un óxido de iridio/iridio e incluye una capa de adhesión de titanio 14a y un tubo P+ 14b dispuesto debajo de una capa de adhesión de titanio 14a para permitir el contacto eléctrico con el sustrato de silicio impurificado 11. Preferentemente, el dispositivo retinal 10 también incluye una capa de dióxido de silicio 15 que aísla la unidad de electrodo de estimulación 12 y la unidad de electrodo de retorno a tierra 16.

50 Como se muestra en las figuras 1A y 1B, la unidad de electrodo de estimulación 12 incluye una pluralidad de subunidades de electrodos de estimulación 22 que tienen uno o más microfotodiodos 23a eléctricamente conectados, por ejemplo en serie, dentro de cada subunidad de electrodo 22. El número preferido de microfotodiodos 23a es una unidad por subunidad de microelectrodo 22. Las capas del microfotodiodo son, por ejemplo, desde la superficie de luz incidente, el electrodo de iridio/óxido de iridio 23b, capa de adhesión de titanio 23c, tubo N+ 23d, capa intrínseca 23e y sustrato de silicio 11. Los expertos en la técnica apreciarán que se pueden utilizar otras disposiciones donde las subunidades de microelectrodos sean subunidades capaces de generar una corriente eléctrica.

55 También como se muestra en las figuras 1A y 1B, la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 incluye preferentemente un orificio de posicionamiento 24 que permite que el dispositivo retinal 10 sea colocado con instrumentos durante la cirugía. La unidad de electrodo de retorno a tierra 16, en otra disposición ilustrativa,

incluye muescas 26 que permiten un ajuste seguro para uniones que tienen protuberancias correspondientes que se ajustan en las muescas 26, como se describe más adelante a detalle.

5 Como se muestra en las figuras 2A y 2B, se describe una extensión de cola 30 para fijación a la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 (mostrada en las figuras 1A y 1B) con el fin de extender la terminación eléctrica del electrodo de retorno a tierra 14 (mostrado en las figuras 1A y 1B), por ejemplo, hacia la cavidad vítrea. Se puede requerir de extensión adicional del electrodo de tierra hacia la cavidad vítrea para disminuir la inclinación no deseada del campo eléctrico que se desplaza desde el electrodo de estimulación hacia el electrodo de tierra. Dicho campo eléctrico inclinado es menos eficiente para estimular la neurorretina en comparación con un campo eléctrico que está dispuesto en una dirección perpendicular a la superficie neurorretinal.

10 La figura 2A es una vista en planta y la figura 2B es una vista lateral de la extensión de cola 30. La unión de extensión de cola 30 está construida de un material biocompatible 31, tal como Parylene o un material biocompatible similar, y de preferencia se fabrica con una curva. La unión de extensión de cola 30 también incluye un conductor incrustado 34, aislado por el material circundante 31, que termina en un electrodo de retorno a tierra de extensión de cola 32 en o cerca de un extremo de la unión de extensión de cola 30, de preferencia para ubicar el electrodo lo más lejos posible en la cavidad vítrea. El conductor 34 de la unión de extensión de cola 30 está diseñado para hacer contacto eléctricamente con el electrodo de retorno a tierra 14 cuando la unión de extensión de cola 30 está fija a la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 (mostrada en las figuras 1A y 1B). Preferentemente, el electrodo de tierra de extensión de cola 32 está constituido de iridio/óxido de iridio, u otro material de electrodo adecuado.

15 En referencia también a las figuras 1A y 1B, la unión de extensión de cola 30 tiene una bolsa 36 que se ajusta sobre la unidad de electrodo de tierra 16 para establecer contacto eléctrico con el electrodo de retorno a tierra 14. Dentro de la bolsa 36, se encuentran protuberancias 38, las cuales se ajustan en las muescas 26 de la unidad de electrodo de retorno a tierra 16. Preferentemente, las protuberancias 38 están construidas de un material biocompatible, tal como Parylene o un material biocompatible similar. La unión de extensión de cola 30 incluye una ranura 40 que permite que el orificio de posicionamiento de la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 sea accesible mediante un instrumento (no mostrado).

20 La figura 3 es una vista en perspectiva que muestra la extensión de cola 30 (mostrada en las figuras 2A y 2B) eléctricamente fija a la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 del dispositivo retinal 10. El conductor 34 de la extensión de cola 30 hace contacto con el electrodo de retorno a tierra 14 de la unidad de electrodo de retorno a tierra 16. Preferentemente, la extensión de cola 30 es curva para colocar su electrodo de retorno a tierra 32 en la cavidad vítrea del ojo. Los expertos en la técnica apreciarán que se pueden utilizar otras formas de la extensión de cola, siempre que la configuración coloque el electrodo de retorno a tierra en el vítreo del ojo. También se muestra la unidad de electrodo de estimulación 12.

30 La figura 4 es una vista en perspectiva de otra realización del dispositivo retinal 10 mostrado en las figuras 1A y 1B. Los componentes similares están marcados utilizando los mismos números de referencia seguidos por una letra. El dispositivo retinal 10A de la realización alternativa es similar al dispositivo retinal 10 de la realización preferente mostrado en las figuras 1A y 1B, excepto que la unidad de electrodo de estimulación 12a está fabricada como una cinta en forma de disco 17 para permitir que la alimentación fluya entre la coroides y la neurorretina, y las subunidades de electrodo de estimulación 22a están fabricadas en los nodos de intersección de la cinta 17. De preferencia, la cinta está fabricada de silicio y puede ser perforada. El dispositivo retinal 10a de la realización alternativa es, por tanto, similar al dispositivo retinal 10 de la realización preferente, con la adición de aberturas nutriente fabricadas 13.

35 La figura 4A es una vista en planta ampliada y la figura 4B es una vista en sección transversal a través de la sección III-III de la figura 4A de una realización alternativa del dispositivo retinal 10a mostrado en la figura 4. Las subunidades de electrodos de estimulación 22a de la unidad de electrodo de estimulación 12a mostrado en la figura 4 están cada una compuestas de primeros, segundos y terceros microfotodiodos 24, 25, 26 eléctricamente conectados, por ejemplo en serie, dentro de la subunidad de electrodo de estimulación 22a, para incrementar el voltaje de salida de cada subunidad de electrodo de estimulación 22a. Las subunidades de electrodo de estimulación 22a hacen contacto con un conductor de tierra común 28d a través de una almohadilla de contacto 28c.

40 De preferencia, el conductor de tierra común 28d y la almohadilla de contacto 28c se aíslan durante la fabricación, por ejemplo por deposición de dióxido de silicio 29. Para efectos de claridad, preferentemente solamente las capas de uno de los fotodiodos conectados eléctricamente en serie están marcadas: en la capa N+ 24a, el sustrato de silicio de tipo N 24b, la capa intrínseca 24c, y la capa P+ 24d. Los conductores 27b, 28b de preferencia están depositados sobre capas de aislamiento de dióxido de silicio 27a, 28a, para conectar eléctricamente los microfotodiodos adyacentes 24, 25, 26. Una capa aislante de dióxido de silicio

27c cubre el conductor 27b. El electrodo de estimulación 27 de cada subunidad de electrodo de estimulación 22a de preferencia está fabricado de iridio/óxido de indio depositado sobre una capa de adhesión de titanio. Los expertos en la técnica apreciarán que se pueden utilizar otros materiales de electrodo, por ejemplo metales nobles tales como platino y tantalio. El conductor de tierra común 28d de las subunidades de electrodo de estimulación 22a termina eléctricamente, por ejemplo, en o cerca del electrodo de retorno a tierra 14a de la unidad de electrodo de retorno a tierra 16a, mostrada en la figura 4.

La figura 5 es una vista en sección transversal que muestra el dispositivo retinal 10 de la realización preferente de las figuras 1A y 1B implantado en el ojo 6 con la unidad de electrodo de estimulación 12 dispuesta en el espacio subretinal entre la neurorretina 50 y el epitelio de pigmento retinal 52, y la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 en la cavidad vítrea 54. Las imágenes luminosas 56 entran al ojo 6 a través de la córnea 58 y la lente 60 y son enfocados hacia la subunidad de electrodo de estimulación 12. Estímulos eléctricos en patrones son entonces generados por los microfotodiodos de las subunidades de electrodo 22 (figura 1A) que estimulan la neurorretina de cubierta 50 en el patrón de la imagen. Para propósitos de referencia, otras estructuras del ojo 6 que se muestran son iris 62, esclerótica 64 y nervio óptico 66.

La figura 6 muestra una vista en sección transversal de un dispositivo retinal 10b de una realización alternativa, que incluye el dispositivo retinal 10 de la realización preferente como se describe en las figuras 1A y 1B y otras características. El dispositivo retinal 10b de la realización alternativa incluye la unidad de electrodo de estimulación 12 dispuesta en el espacio subretinal entre la neurorretina 50 y el epitelio de pigmento retinal 52, y la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 en la cavidad vítrea 54, con la extensión de cola unida 30 de las figuras 2A y 2B. Un propósito de la extensión de cola 30 es extender adicionalmente de manera eléctrica la ubicación el electrodo de retorno a tierra hacia la cavidad vítrea 54 para evitar un desvío del campo eléctrico transretinal entre la unidad de electrodo de estimulación 12 y la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 a medida que el campo eléctrico atraviesa la neurorretina 50. Un campo eléctrico no desviado que es perpendicular a la superficie que mira hacia el vítreo de la neurorretina estimula de manera eficiente las células retínicas restantes. Para propósitos de referencia, otros elementos y estructuras del ojo que se muestran son córnea 58, iris 62, lente 60, esclerótica 64, nervio óptico 66 e imágenes de luz incidente 56.

La figura 7 muestra una vista transversal de otra realización del dispositivo retinal 10c que incluye el dispositivo retinal 10 de la realización preferente como se describe en las figuras 1A y 1B y otras características. La unidad de electrodo de estimulación 12 está dispuesta en el espacio subretinal entre la neurorretina 50 y el epitelio de pigmento retinal 52, y la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 está dispuesta en la cavidad vítrea 54, incluyendo una extensión de cola 30a que tiene un electrodo de tierra generalmente en bucle. Aunque la unidad de electrodo de estimulación 12 de preferencia está colocada en el espacio subretinal con la unidad de electrodo de retorno a tierra 16 colocada en la cavidad vítrea, en otras disposiciones ilustrativas se puede invertir el posicionamiento de la unidad de electrodo de estimulación 12 y la unidad de electrodo de tierra 16.

Un propósito del electrodo de bucle de la extensión de cola 30a es extender adicionalmente de manera eléctrica la ubicación del electrodo de retorno a tierra hacia la cavidad vítrea 54 y de una manera regular. Un electrodo de tierra dispuesto de manera regular en la cavidad vítrea con relación a la disposición de electrodo de estimulación retinal ayuda a mantener el campo eléctrico de estimulación transretinal en una dirección perpendicular con relación a la superficie neurorretinal. Dicha alineación del campo eléctrico con relación a la superficie neurorretinal estimula de manera eficiente la neurorretina en comparación, por ejemplo, con un campo eléctrico transretinal que está inclinado hacia la superficie neurorretinal. Para propósitos de referencia, otros elementos y estructuras del ojo que se muestran son córnea 58, iris 62, lente 60, esclerótica 64, nervio óptico 66 e las imágenes de luz incidente 56.

La figura 8 muestra una vista en sección transversal de una modificación ilustrativa que no forma parte de la presente invención que incluye el dispositivo retinal 10 de la realización preferente como se describe en las figuras 1A y 18, incluyendo la extensión de cola unida 30b. La extensión de cola se conecta eléctricamente al menos con un fotodiodo de polarización 30c dispuesto en la cápsula de lente 60b del ojo 6, el fotodiodo de polarización 30c contiene la ubicación extendida del electrodo de retorno a tierra 32b. El fotodiodo de polarización 30c provee voltaje y/o corriente adicional a la unidad de estimulación de electrodo 12 en el espacio subretinal. El voltaje de estimulación adicional y la corriente resultante pueden ser requeridos para estimular retinas dañadas de manera más severa en comparación con retinas dañadas de manera menos severa. El fotodiodo de polarización, que también puede ser una serie de fotodiodos 30c, está eléctricamente conectado junto en una configuración en serie o en paralelo, como se conoce en la técnica, para proveer el voltaje y/o corriente incrementado. Para propósitos de referencia, otros elementos y estructuras del ojo 6 que se muestran son córnea 58, iris 62, esclerótica 6-4, neurorretina 50, epitelio de pigmento retinal 52, nervio óptico 66 e imágenes de luz incidente 56.

La figura 9 muestra una vista en sección transversal de otra modificación ilustrativa que no forma parte de la presente invención que incluye el dispositivo retinal 10 de la realización preferente como se describe en las figuras 1A y 1B, y una extensión de cola unida 30d que se conecta eléctricamente al menos con un fotodiodo de polarización 30e, de preferencia dispuesto al frente del iris 62 del ojo 6. La colocación del al menos un fotodiodo de polarización en esta ubicación permite que todo el fotodiodo de polarización sea expuesto a la luz, en comparación con un fotodiodo de polarización dispuesto detrás del iris. El fotodiodo de polarización 30e contiene la ubicación extendida del electrodo de retorno a tierra 32c, y el fotodiodo o fotodiodos de polarización 30e para proveer voltaje y/o corriente adicional a la unidad de estimulación de electrodo 12 en el espacio subretinal. El fotodiodo o fotodiodos de polarización 30e eléctricamente conectados juntos en una configuración en serie o en paralelo para proveer voltaje y/o corriente incrementados, como se conoce en la técnica. Para propósitos de referencia, otros elementos y estructuras del ojo 6 que se muestran son córnea 58, lente 60, esclerótica 64, neurorretina 50, epitelio de pigmento retinal 52 y nervio óptico 66, e imágenes de luz incidente 56.

Es de notar que serán aparentes para el experto en la materia cambios y modificaciones de las realizaciones arriba descritas y que éstas se contemplan. Por tanto, se entiende que la descripción detallada debe considerarse como ilustrativa y no limitativa, siendo las siguientes reivindicaciones, incluyendo todo equivalente, las que definen la invención.

**Reivindicaciones**

1. Dispositivo de retina artificial (10) para estimular eléctricamente una neurorretina de un ojo con el fin de producir una visión artificial, comprendiendo el dispositivo de retina artificial (10):  
 al menos un electrodo de estimulación (23b, 27) conectado con una fuente eléctrica (23a),  
 5 al menos un electrodo de retorno a tierra (14, 14a) conectado con la fuente eléctrica,  
 donde el dispositivo incluye la fuente eléctrica (23a) para proporcionar corriente eléctrica a al menos un electrodo de estimulación (23b, 27), caracterizado porque el al menos un electrodo de estimulación (23b, 27) y el al menos un electrodo de retorno a tierra (14, 14a) están configurados para ser dispuestos o implantados en lados opuestos de la neurorretina y donde el electrodo de estimulación (23b, 27) y el electrodo de retorno a tierra (14, 14a) son física y eléctricamente continuos o están física y eléctricamente conectados a un conductor de tipo cola aislado.  
 10
2. Dispositivo (10) según la reivindicación 1, caracterizado porque el al menos un electrodo de estimulación (23b, 27) se proporciona en una unidad de electrodos de estimulación (12) y porque el al menos un electrodo de retorno a tierra (14, 14a) se proporciona en una unidad de electrodos de retorno a tierra (16).  
 15
3. Dispositivo (10) según la reivindicación 2, caracterizado porque la unidad de electrodos de estimulación (12) y la unidad de electrodos de retorno a tierra (16) están configuradas alineadas en lados opuestos de la neurorretina en relación una con la otra.
4. Dispositivo (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el al menos un electrodo de estimulación (23b, 27) está configurado para ser dispuesto o implantado en contacto eléctrico con al menos una de entre células individuales, grupos de células, partes de células y fibras nerviosas de la neurorretina.  
 20
5. Dispositivo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el al menos un electrodo de retorno a tierra (14, 14a) está configurado para estar en una superficie esclerótica en una zona exterior del ojo.  
 25
6. Dispositivo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el al menos un electrodo de estimulación (23b) comprende una pluralidad de electrodos de estimulación (22) y porque los electrodos de estimulación (23b, 27) están configurados para ser dispuestos cerca de o en contacto con un lado epiretinal de la neurorretina
7. Dispositivo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el al menos un electrodo de estimulación (23b) comprende una pluralidad de electrodos de estimulación (22) configurados en una matriz (12).  
 30
8. Dispositivo (10) según la reivindicación 7, caracterizado porque la matriz de electrodos de estimulación (12) se fabrica en una red (17), comprendiendo la red (17) preferentemente silicio y/o comprendiendo la red (17) preferentemente un material biocompatible.  
 35
9. Dispositivo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el al menos un electrodo de retorno a tierra (14, 14a) se fabrica en una red, y porque la red opcionalmente comprende silicio.
10. Dispositivo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque  
 40 la fuente eléctrica está adaptada para proporcionar estimulación desde el exterior del ojo, y/o la fuente eléctrica está adaptada para transmitir una señal de forma inalámbrica al ojo, y/o la fuente eléctrica está adaptada para utilizar radiofrecuencia (RF) para enviar señales a una bobina situada en el ojo que está en comunicación con los electrodos de estimulación de tierra.
11. Dispositivo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el electrodo de retorno a tierra (14, 14a) está soportado y dispuesto en una extensión desde la parte del dispositivo (10) que incorpora al menos un electrodo de estimulación (23b, 27).  
 45
12. Dispositivo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el al menos un electrodo de retorno a tierra (14, 14a) está configurado para estar dispuesto entre la esclerótica y la coroides o porque el al menos un electrodo de retorno a tierra (14, 14a) está configurado para estar dispuesto entre una capa coriocapilar y un epitelio de pigmento retinal o porque el al menos un electrodo de retorno a tierra (14, 14a) está configurado para estar dispuesto  
 50

en un espacio subretinal de la neurorretina o porque el al menos un electrodo de retorno a tierra (14, 14a) está configurado para estar dispuesto en una cavidad vítrea del ojo o porque el al menos un electrodo de retorno a tierra (14, 14a) está configurado para estar dispuesto dentro de una cápsula de lente del ojo o porque el al menos un electrodo de retorno a tierra (14, 14a) está configurado para estar dispuesto en una cámara anterior del ojo.

5

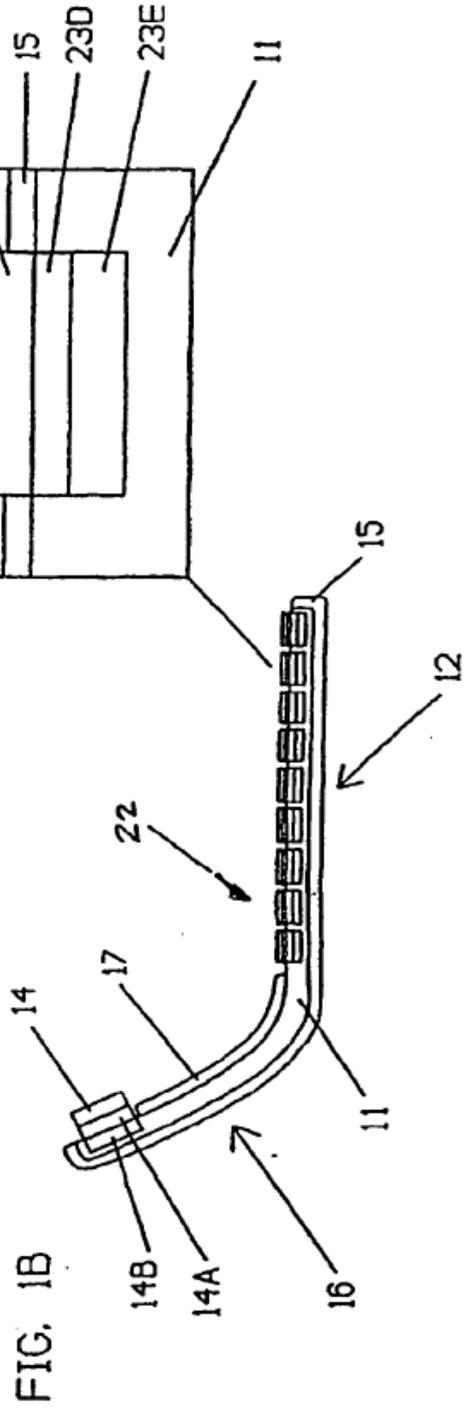
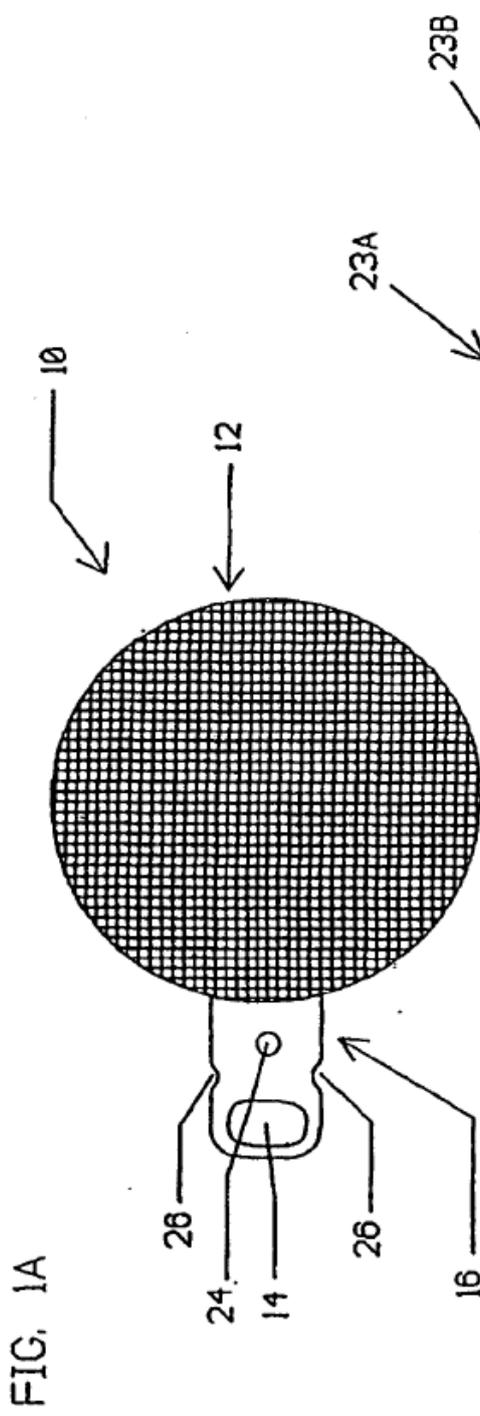


FIG. 2A

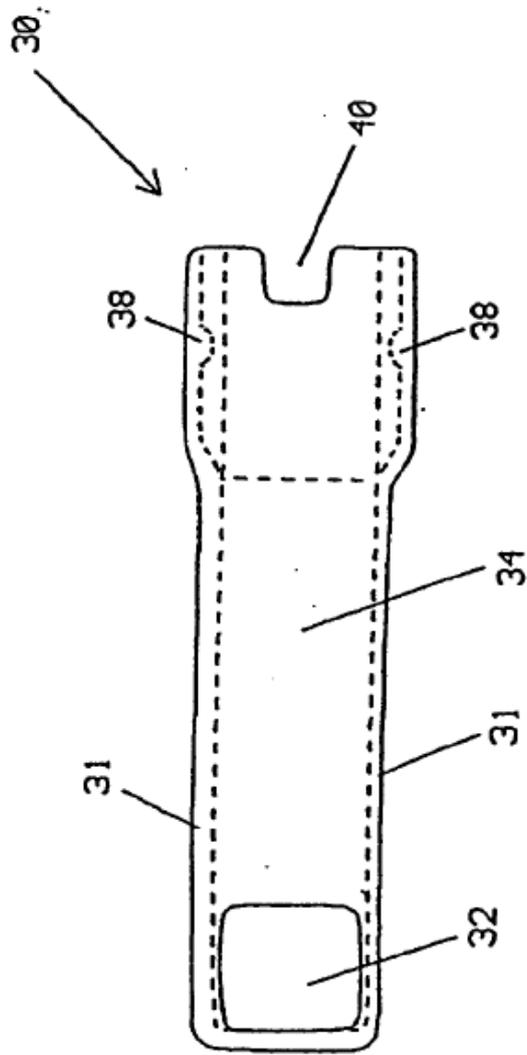


FIG. 2B

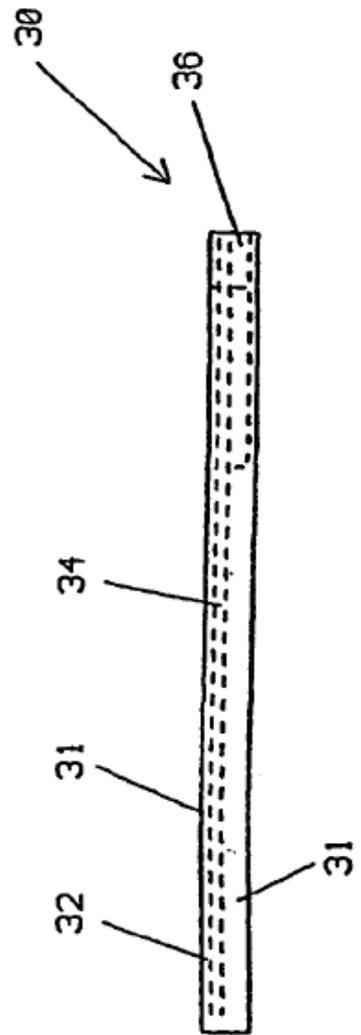


FIG. 3

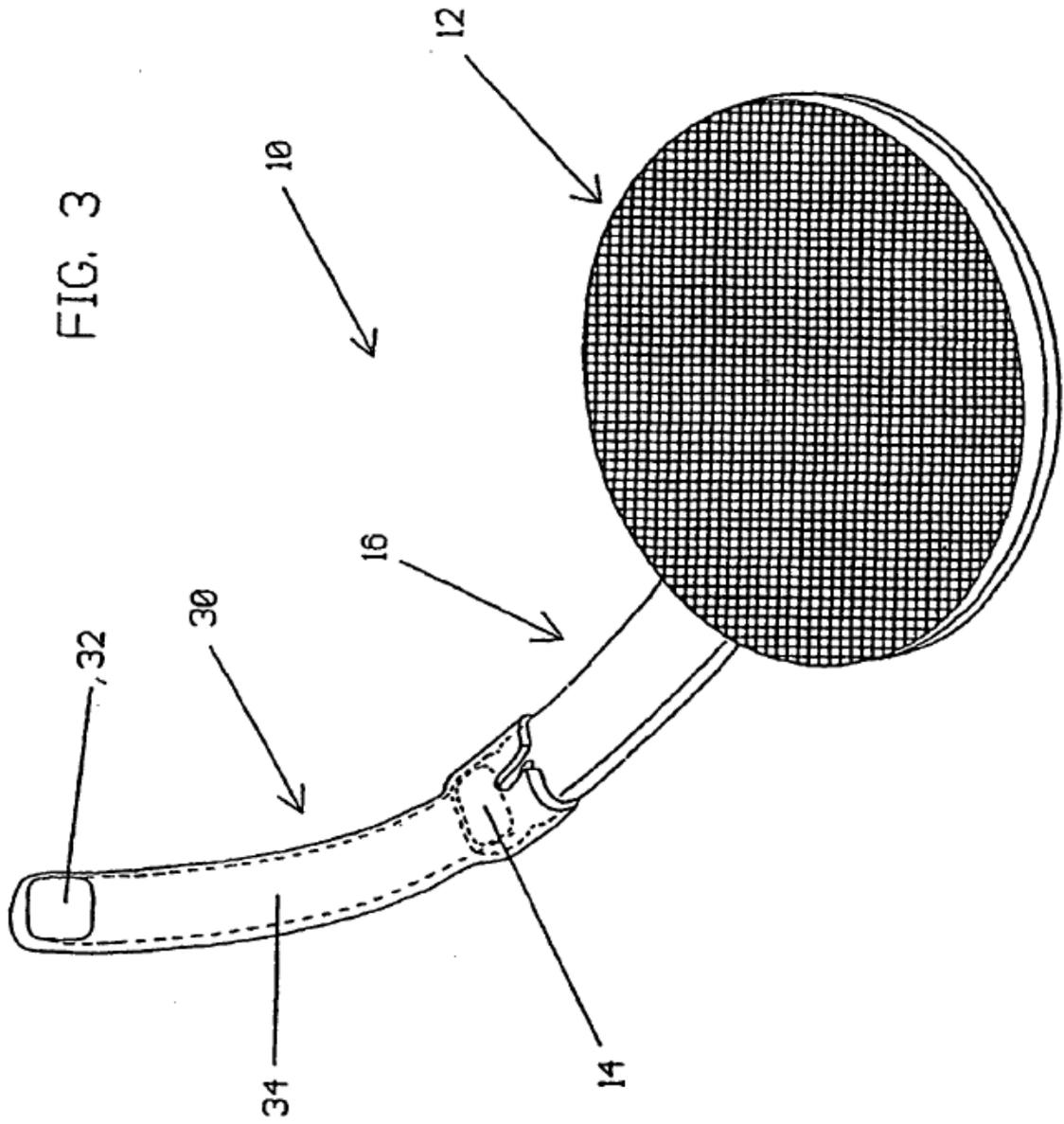


FIG. 4

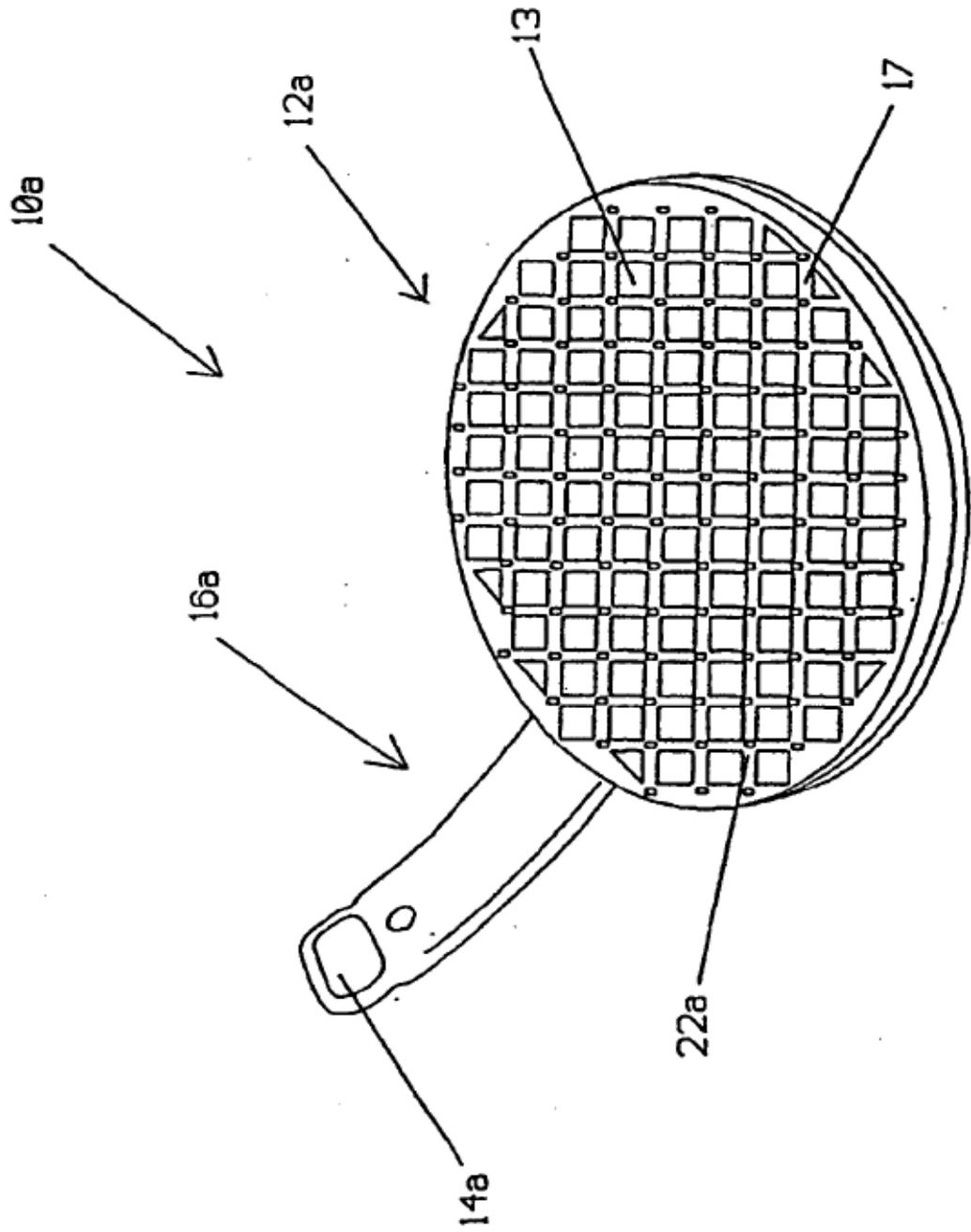


FIG. 4A

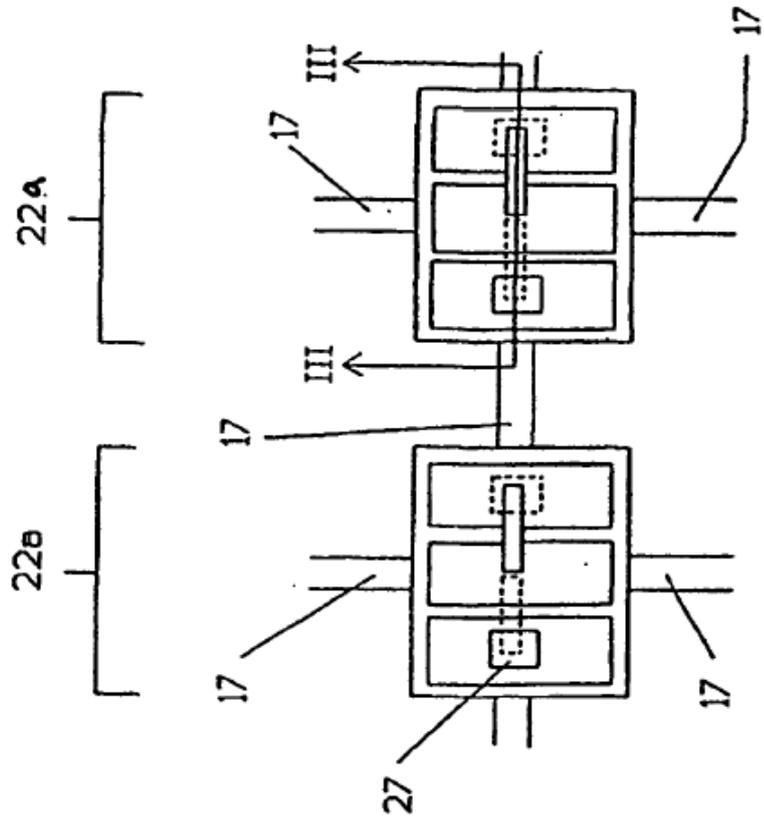


FIG. 4B

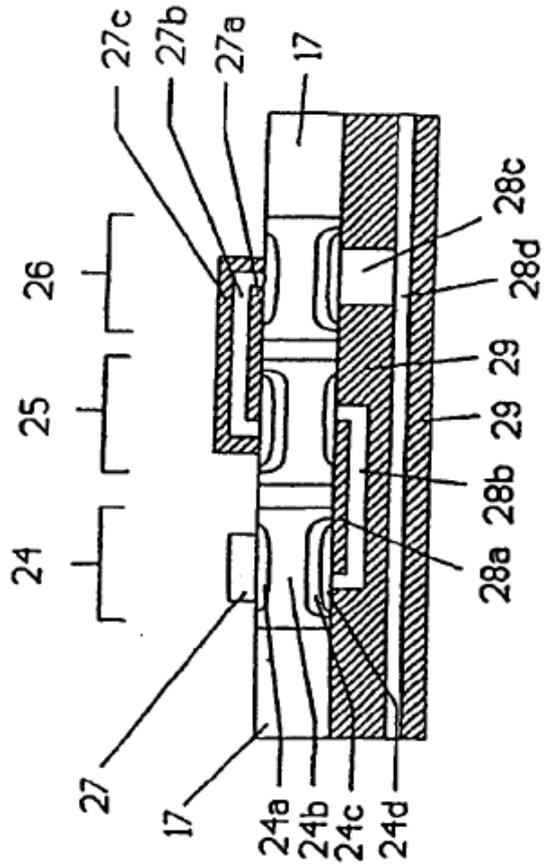


FIG. 5

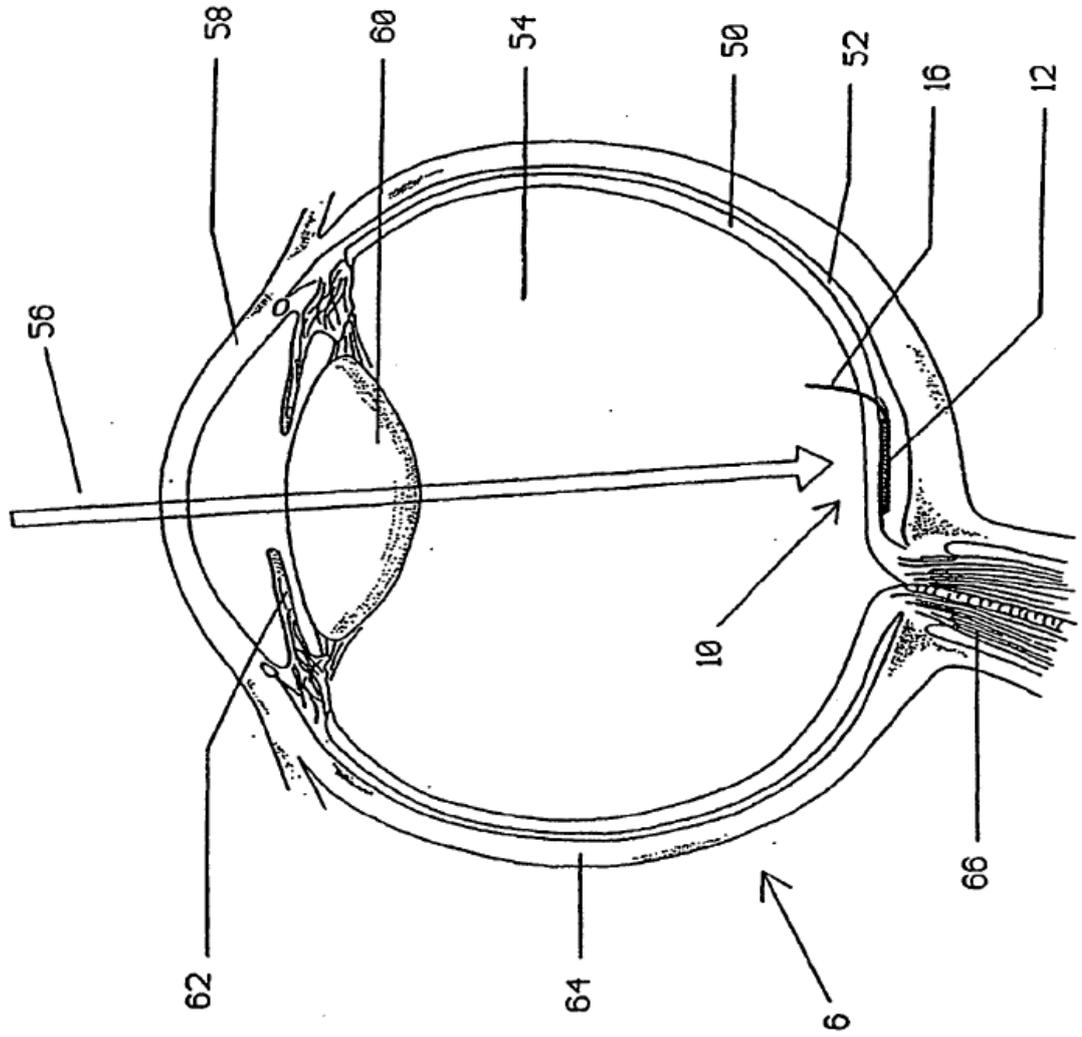


FIG. 6

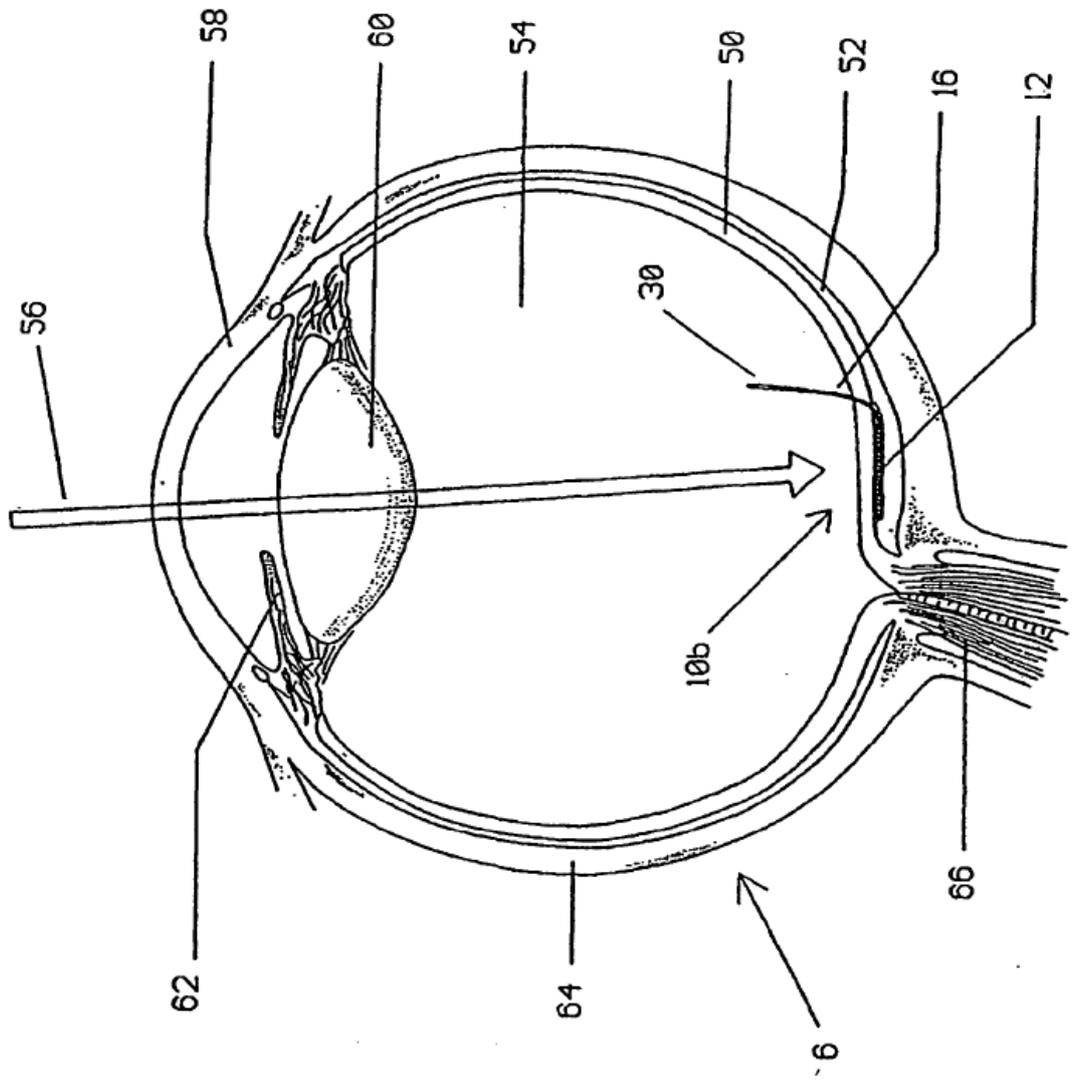


FIG. 7

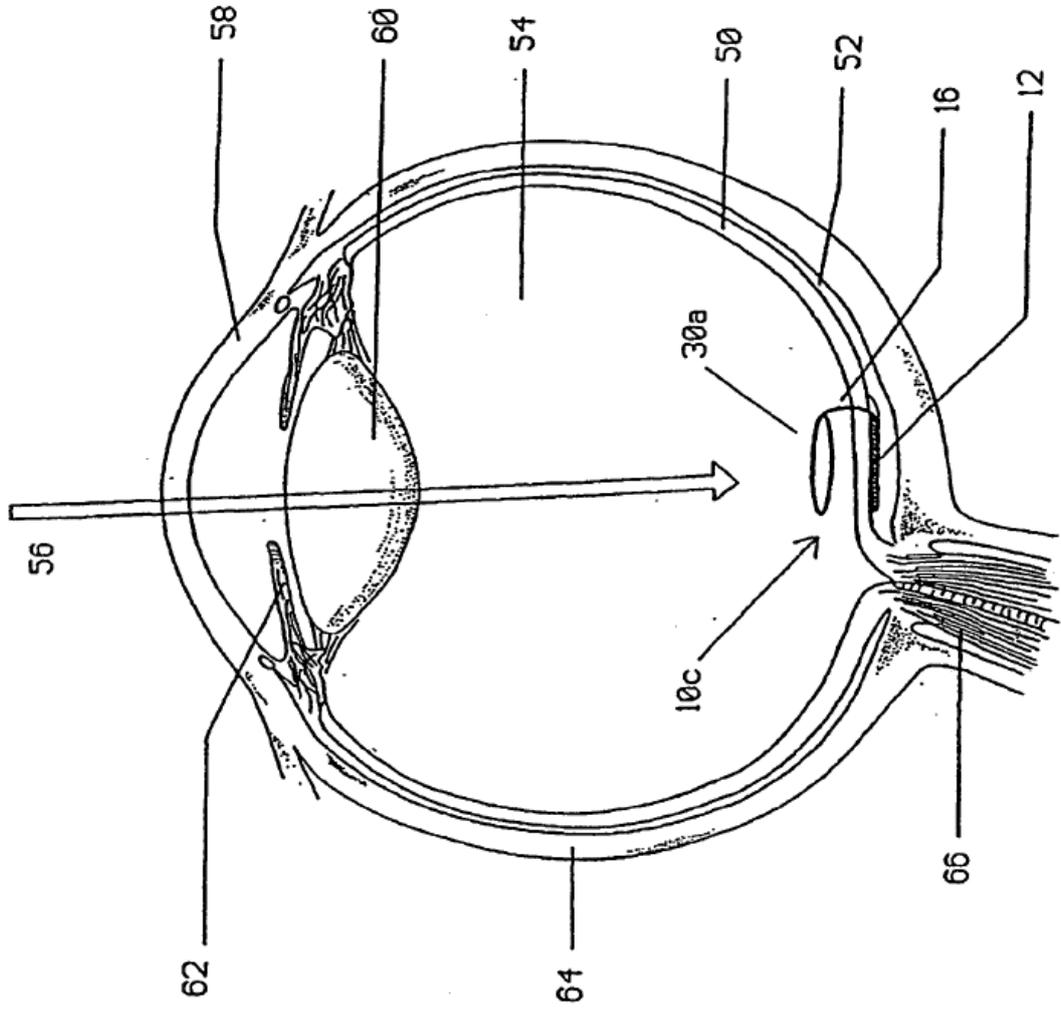


FIG. 8

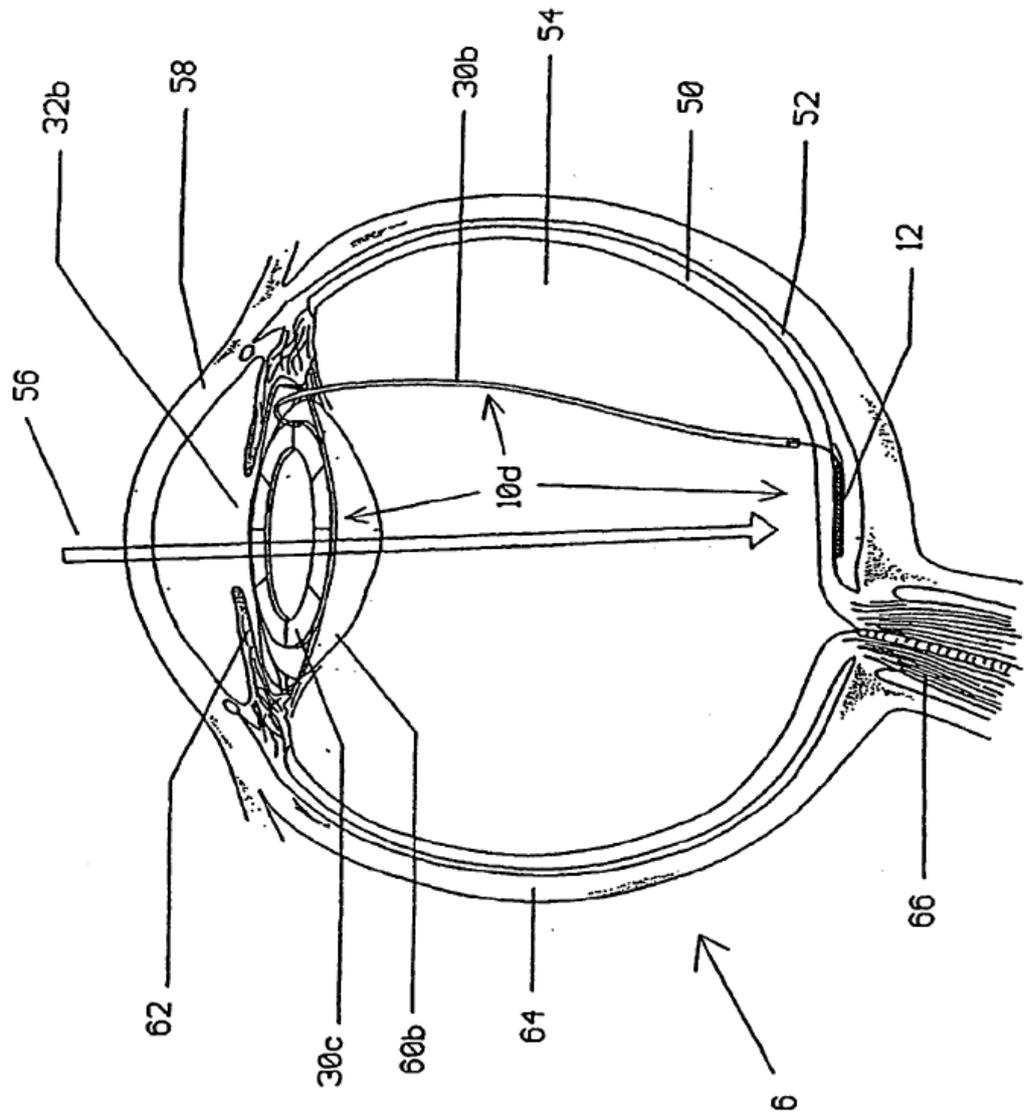


FIG. 9

