

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 955 288**

51 Int. Cl.:

A61N 1/05 (2006.01)

A61N 1/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2018** **PCT/EP2018/074450**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.03.2019** **WO19057551**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2018** **E 18765132 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2023** **EP 3684458**

54 Título: **Implante de retina**

30 Prioridad:

22.09.2017 LU 100467

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

29.11.2023

73 Titular/es:

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT HAMBURG-
HARBURG (100.0%)
Am Schwarzenberg-Campus 1
21073 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**LUJAN VILLARREAL, DIEGO;
KRAUTSCHNEIDER, WOLFGANG y
SCHRÖDER, DIETMAR**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 955 288 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

Implante de retina

La invención se refiere a un implante de retina que tiene un portaelectrodos al que se conectan una pluralidad de electrodos, y un controlador electrónico conectado al portaelectrodos para proporcionar señales de estimulación a los electrodos.

Los implantes de retina de este tipo, también denominados prótesis visuales, incluyen una pluralidad de electrodos que se implantan dentro de un ojo de un paciente, de modo que las señales de estimulación eléctrica aplicadas a los electrodos activan las células nerviosas retinianas cercanas, en particular las células ganglionares. Se demostró que la estimulación eléctrica de las células ganglionares retinianas crea sensaciones visuales denominadas fosfenos. Aparentemente, este enfoque es adecuado para pacientes que padecen diversas enfermedades que afectan en particular a los mecanismos fotorreceptores de la retina, dejando intactas las células ganglionares, como la retinitis pigmentaria u otras degeneraciones hereditarias de la retina.

El controlador electrónico de un implante de retina se combina con una cámara u otro medio técnico para convertir la luz entrante en señales eléctricas. Estos medios técnicos pueden incluir un CCD u otros fotodetectores. Se pueden usar cámaras externas, así como fotodetectores unidos o integrados dentro de un portaelectrodos implantado en el ojo.

El documento US 2004/0082981 A1 muestra un ejemplo de un implante de retina microfotodetector que tiene una superficie portadora bidimensional que lleva una pluralidad de electrodos dispuestos en una rejilla rectangular. Los fotodetectores están integrados con la superficie portadora, rodeando los electrodos.

El documento US 2008/0228242 A1 describe otro implante de retina que tiene una matriz de electrodos implantada dentro de un ojo y conectada a un controlador electrónico. El controlador electrónico está conectado a una cámara externa que incluye un procesador de imágenes a través de una interfaz inalámbrica.

El documento EP 1 762 269 A2 divulga un implante retiniano cuyos electrodos están diseñados para adaptarse a la curvatura de la retina.

El documento US 2012/0035726 A1 divulga un implante de retina con las características del preámbulo de la reivindicación 1.

La publicación científica "Interim results of a multicenter trial with the new electronic subretinal implant Alpha AMS in 15 patients blind from inherited retinal degenerations" de Katarina Stingl et al., Frontiers in Neuroscience, agosto de 2017, volumen 11, artículo 445, describe un implante de retina que tiene un portaelectrodos que comprende un chip CMOS unido a una lámina de poliimida que se implanta por debajo de la retina. El chip abarca 1,600 celdas de píxeles. Cada celda de pixel incluye un fotodiodo, un amplificador y un electrodo de estimulación.

Si bien se ha demostrado que al menos las funciones visuales limitadas en pacientes ciegos con degeneraciones de la retina externa pueden restaurarse con las tecnologías antes mencionadas, queda margen de mejora, entre otras cosas, con respecto a la resolución alcanzable. Basándose en esto, el problema técnico de la invención es proporcionar un implante de retina que permita una resolución mejorada de las percepciones visuales.

Este problema se resuelve mediante el implante de retina con las características de la reivindicación 1. Los aspectos ventajosos de la invención se dan en las reivindicaciones dependientes.

El implante de retina comprende

- un portaelectrodos que tiene una superficie portadora bidimensional y que está adaptado para la implantación quirúrgica dentro de un ojo, de manera que la superficie portadora mira hacia una capa de retina,
- una pluralidad de electrodos unidos a la superficie portadora, y
- un controlador electrónico conectado a los electrodos para proporcionar señales de estimulación a los electrodos, en el que
- los electrodos están dispuestos a distancias variables de la superficie portadora, y en el que
- la superficie (12) portadora comprende una pluralidad de puntos (14) de conexión de electrodos dispuestos en un patrón en la superficie (12) portadora, cada uno de los puntos (14) de conexión de electrodos está conectado a al menos uno de los electrodos (18), en el que
- una pluralidad de elementos (16) portadores lineales, estando cada uno de los elementos (16) portadores lineales conectado a un punto (14) de conexión de electrodos y llevando una pluralidad de electrodos (18).

El portaelectrodos puede tener una forma generalmente similar a una placa. Puede comprender un material rígido y/o duro, como un sustrato semiconductor, o un material flexible, como una película polimérica. El grosor del portaelectrodos puede ser pequeño en comparación con sus dimensiones laterales. La forma general del portaelectrodos puede ser circular o rectangular, por ejemplo. La superficie portadora bidimensional puede ser plana o curvada en una o dos dimensiones.

En uso, el portaelectrodos que incluye la pluralidad de electrodos unidos a la superficie portadora se implanta dentro del ojo de un paciente de tal manera que la superficie portadora mire hacia una capa de retina. Esta capa en particular es una capa ganglionar de la retina. Sin embargo, puede ser una opción implantar el portaelectrodos de modo que la superficie del portaelectrodos mire hacia otra capa de la retina, ya sea una capa que incluya células nerviosas o cualquier otra capa de la retina.

El controlador electrónico está conectado a los electrodos para proporcionar señales de estimulación a los electrodos. El controlador electrónico puede unirse o formar parte integral del portaelectrodos. En este caso, el controlador electrónico se implantará en la retina. Como alternativa, el controlador electrónico puede conectarse al portaelectrodos a través de uno o más cables. En este caso, el controlador electrónico aún puede implantarse dentro del ojo de un paciente, por ejemplo, en la retina y a cierta distancia del portaelectrodos, o en cualquier otra ubicación dentro o fuera del ojo.

El controlador de electrodos puede adaptarse para controlar las características de las señales de estimulación, en particular, la forma de un pulso estimulante, una amplitud de la corriente eléctrica de un pulso estimulante, y/o una selección de un primer conjunto de electrodos que funcionan como electrodos activos y/o una selección de un segundo conjunto de electrodos que funcionan como electrodos de tierra. Esto brinda flexibilidad para definir señales de estimulación efectivas y seguras en diferentes condiciones.

Independientemente de su posición, el controlador electrónico está adaptado para proporcionar señales de estimulación a los electrodos. En particular, el controlador electrónico está adaptado para direccionar cada uno de los electrodos, uno o más a la vez, así como de manera consecutiva. Se entiende que las señales de estimulación serán controladas por el controlador electrónico para crear fosfenos, en particular de acuerdo con un patrón de luz que incide sobre un receptor interconectado con el controlador electrónico. Como se mencionó anteriormente, el receptor de luz puede incluir, por ejemplo, una cámara con CCD o cualquier otro tipo de fotodetectores. El receptor de luz también puede formar parte del implante de retina implantado dentro del ojo o puede colocarse externamente y conectarse al controlador electrónico de forma inalámbrica, por ejemplo.

De acuerdo con la invención, los electrodos están dispuestos a diferentes distancias de la superficie portadora. Esto significa que los electrodos se colocan al menos en parte fuera del portaelectrodos de modo que cuando se implanten, se colocarán dentro de la capa de la retina en la que se implanta la superficie del portaelectrodos. Dispuestos a distancias variables de la superficie portadora significa que la pluralidad de electrodos está distribuida sobre un cierto volumen que puede extenderse desde la superficie portadora hasta la capa retiniana.

Los inventores observaron que los implantes de retina convencionales con electrodos dispuestos en un patrón bidimensional tienden a crear fosfenos de formas variadas, incluidas formas circulares relativamente pequeñas, formas circulares más grandes, formas de marcas, formas rectangulares e incluso formas de anillos. Extensas simulaciones por computadora que analizan áreas de activación dentro de la retina en función de las densidades de corriente sugirieron que la forma de los fosfenos está, entre otras cosas, influenciada por la distancia de los electrodos a las células nerviosas relevantes. Incluso con los electrodos más pequeños, no siempre es posible apuntar a una determinada célula ganglionar sin activar también muchas otras células ganglionares adyacentes.

Con la disposición tridimensional ingeniosa de los electrodos es posible estrechar el área de activación de modo que se pueda activar selectivamente un número menor de células ganglionares o incluso una única célula ganglionar. Sin desear estar ligado a la teoría, se cree que esto se debe en parte al hecho de que las diferencias de potencial y las rutas de corriente correspondientes entre diferentes electrodos pueden limitarse a volúmenes más pequeños dentro del tejido retiniano. En particular, se pueden encontrar combinaciones adecuadas de electrodos colocados en diferentes lados de una determinada célula ganglionar, de modo que la corriente eléctrica suministrada entre estos electrodos discurra más o menos directamente a través de la respectiva célula ganglionar. En contraste con esta situación teóricamente ideal, los implantes de retina convencionales que tienen configuraciones de electrodos con electrodos activos y de tierra dispuestos más o menos en el mismo plano siempre darán lugar a rutas de corriente curvas que se extienden desde un primer electrodo en la superficie portadora hacia el tejido retiniano y de regreso al otro electrodo en la superficie portadora.

Otra ventaja de la disposición tridimensional de los electrodos es que mediante la selección de electrodos adecuados se pueden compensar las tolerancias de posicionamiento que se producen al implantar el portaelectrodos.

Según un aspecto de la invención, al menos uno de los electrodos está situado a una distancia mínima de la superficie portadora, siendo la distancia mínima en particular inferior a 10 μm . En particular, la distancia mínima desde la superficie del portador puede ser cero o casi cero cuando los electrodos más cercanos a la superficie del portador se colocan directamente en la superficie del portador. Sin embargo, también se puede desear usar una distancia mínima

mayor que cero, de modo que, para colocar los electrodos más cercanos en la proximidad de las células ganglionares, la superficie portadora se pueda colocar a una cierta distancia de la capa ganglionar. Esta distancia puede ayudar a acomodar capas de tejido adicionales y/o espacios inevitables.

5 Según un aspecto de la invención, al menos uno de los electrodos está situado a una distancia máxima de la superficie portadora, siendo la distancia máxima superior a 50 μm . Esto permite cubrir una parte sustancial de la capa retiniana respectiva por el volumen dispuesto entre los electrodos más cercanos y los más distales. En particular, los electrodos colocados a la máxima distancia de la superficie portadora penetrarán suficientemente profundo en la capa retiniana si el portaelectrodos se implanta de la manera prevista.

10 De acuerdo con la invención, la superficie portadora comprende una pluralidad de puntos de conexión de electrodos dispuestos en un patrón sobre la superficie portadora, estando cada uno de los puntos de conexión de electrodos conectado a al menos uno de los electrodos. En particular, cada uno de los puntos de conexión de electrodos se conectará a más de uno de los electrodos, por ejemplo, a un número de electrodos que va de 3 a 50. Para permitir la aplicación selectiva de cada uno de estos varios electrodos conectados a un punto de conexión de electrodos, el punto de conexión de electrodos puede incluir un número correspondiente de contactos. El patrón en el que los puntos de
15 conexión de electrodos están dispuestos sobre la superficie portadora puede ser un patrón regular, en particular una rejilla rectangular de puntos de conexión de electrodos.

De acuerdo con la invención, se proporciona una pluralidad de elementos portadores lineales, cada uno de los elementos portadores lineales está conectado a un punto de conexión de electrodos y lleva una pluralidad de electrodos. Los electrodos transportados por un elemento portador lineal pueden estar dispuestos a lo largo de una
20 línea sustancialmente recta o a lo largo de una trayectoria curva. En cualquier caso, los elementos portadores lineales pueden facilitar la colocación deseada de los electrodos dentro de la capa retiniana respectiva. Los elementos portadores lineales pueden penetrar en o a través de esta capa. El elemento portador lineal puede estar hecho de un material flexible tal como una película polimérica. Puede estar hecho de un material semiconductor, en particular de silicio. El elemento portador lineal puede estar hecho de un material eléctricamente conductor o aislante. Las
25 dimensiones y propiedades mecánicas del elemento portador lineal pueden seleccionarse de modo que pueda colocarse dentro del tejido retiniano sin causar daño sustancial a las células nerviosas. El elemento portador lineal puede incluir uno o más rutas conductoras, como filamentos eléctricamente conductores u otros conductores eléctricos. Las rutas conductoras pueden estar eléctricamente aislados entre sí y/o del entorno circundante. Cada una de las rutas conductoras puede conectarse eléctricamente a uno solo de los electrodos.

30 De acuerdo con un aspecto de la invención, cada uno de los elementos portadores lineales comprende un alambre, en el que la pluralidad de electrodos portados por el respectivo elemento portador lineal está fijada al alambre. El alambre sirve para proporcionar suficiente estabilidad mecánica al elemento portador lineal, de modo que el mismo pueda colocarse dentro del respectivo tejido retiniano en la posición deseada.

De acuerdo con un aspecto de la invención, cada elemento portador lineal comprende una pluralidad de circuitos decodificadores, estando asignado cada uno de los circuitos decodificadores a uno de los electrodos del elemento portador lineal correspondiente, y un número fijo de rutas conductoras que están todas conectadas a cada uno de los circuitos de decodificación. Cada uno de los circuitos decodificadores puede estar dispuesto cerca de un electrodo. Cada electrodo de un elemento portador lineal se puede direccionar a través del mismo número fijo de rutas conductoras. En particular, cada uno de los electrodos puede comprender un circuito decodificador adaptado para
40 conectar el electrodo correspondiente a una fuente de corriente o a tierra bajo el control de una señal lógica enviada a través de una o más de las rutas conductoras desde el controlador electrónico y decodificada en el circuito decodificador. Por ejemplo, puede haber cuatro rutas conductoras en cada elemento portador lineal, uno de ellos conectado a una fuente de corriente, uno de ellos conectado a tierra, uno de ellos para transferir una señal de control para direccionar un determinado electrodo y uno de ellos para la alimentación del circuito decodificador. Para una
45 supresión de señal de ruido más robusta, se pueden usar rutas conductoras adicionales, por ejemplo, para implementar esquemas diferenciales y para habilitar el circuito de decodificación.

De acuerdo con un aspecto de la invención, los electrodos de al menos uno de los elementos portadores lineales se distribuyen en intervalos regulares sobre un segmento de electrodo del respectivo elemento portador lineal. Por ejemplo, el segmento de electrodo puede extenderse por toda la longitud del elemento portador lineal de modo que
50 los electrodos cubran toda la longitud del elemento portador lineal que se extiende desde la superficie portadora. Como alternativa, el segmento de electrodo puede formar solo una parte del elemento portador lineal de modo que los electrodos puedan cubrir un cierto rango de distancias desde la superficie portadora solamente. En este caso, el elemento portador lineal puede incluir un segmento de sujeción que se extiende desde la superficie portadora hasta el segmento de electrodo.

55 De acuerdo con un aspecto de la invención, al menos uno de los segmentos de electrodos está dispuesto en una dirección normal a la superficie portadora. Esto significa que los electrodos del segmento de electrodos están dispuestos a diferentes distancias de la superficie portadora.

De acuerdo con un aspecto de la invención, al menos uno de los segmentos de electrodos está dispuesto a una distancia constante de la superficie portadora. Esto significa que cada uno de los electrodos de este segmento de

electrodos se coloca a la misma distancia de la superficie portadora, mientras que otros electrodos posiblemente dispuestos en otros segmentos de electrodos se colocan a distancias mayores o menores de la superficie portadora.

Según un aspecto de la invención, la superficie portadora forma una parte de una esfera. En general, la superficie portadora bidimensional también puede ser plana o casi plana o puede estar curvada en una o dos dimensiones. Cuando la superficie portadora forma una porción de una esfera, reflejando la forma de una porción correspondiente de la retina, esto puede facilitar la colocación de la superficie portadora cerca de la capa retiniana.

Según un aspecto de la invención, el portaelectrodos comprende una lámina flexible. Esto también puede facilitar la colocación de la superficie portadora cerca de la capa respectiva de la retina.

En un aspecto de la invención, el controlador electrónico está adaptado para proporcionar una señal de estimulación aplicando un pulso de corriente a al menos un primer electrodo de la pluralidad de electrodos y conectando a tierra al menos un segundo electrodo de la pluralidad de electrodos. En otras palabras, la pluralidad de electrodos que cubren un cierto volumen de tejido retiniano incluye electrodos que sirven como electrodos activos, así como electrodos que sirven como electrodos de tierra. El controlador electrónico está conectado a la pluralidad de electrodos de tal manera que se pueden usar electrodos seleccionados para este propósito.

Según un aspecto de la invención, el controlador electrónico está adaptado para utilizar cada uno de los electrodos como primer electrodo y como segundo electrodo. Esto ofrece una flexibilidad aún mayor al seleccionar ciertas combinaciones de electrodos para establecer una ruta de corriente.

Según un aspecto de la invención, el primer electrodo está conectado a un primer punto de conexión de electrodos de la pluralidad de puntos de conexión de electrodos y el segundo electrodo está conectado a un segundo punto de conexión de electrodos de la pluralidad de puntos de conexión de electrodos. En esta situación, se forma una ruta de corriente entre diferentes puntos de conexión de electrodos, es decir, por ejemplo, entre diferentes elementos portadores lineales o segmentos de electrodos.

De acuerdo con un aspecto de la invención, los electrodos primero y segundo están conectados al mismo punto de conexión de electrodos. En esta situación, se proporciona una ruta de corriente entre electrodos dispuestos, por ejemplo, en el mismo elemento portadores lineales o segmento de electrodo.

A continuación, la invención se explica con mayor detalle en base a varias realizaciones que se muestran en las figuras. Las figuras muestran:

Figura 1. Una primera realización de un implante de retina en una vista esquemática,

Figura 2. El implante de retina de la figura 1 implantado en un ojo humano en vista esquemática,

Figura 3. Una vista en perspectiva del portaelectrodos de la realización que se muestra en la figura 2,

Figura 4. Un portaelectrodos de otra realización en una vista en perspectiva correspondiente a la figura 3,

Figura 5a. Una vista en perspectiva desde arriba de un elemento portador lineal que lleva una pluralidad de electrodos circulares,

Figura 5b. El elemento portador lineal de la figura 5a en una vista en perspectiva desde abajo,

Figura 5c. El elemento portador lineal de la figura 5a en una vista en perspectiva de la cara lateral,

Figura 5d. Vista superior en perspectiva de un elemento portador lineal que lleva una pluralidad de electrodos rectangulares,

Figura 5e. El elemento portador lineal de la figura 5d en una vista en perspectiva desde abajo,

Figura 5f. El elemento portador lineal de la figura 5d en una vista en perspectiva de la cara lateral,

Figura 6a. El elemento portador lineal de la figura 5a en una vista esquemática que muestra los circuitos de decodificación conectados con las rutas conductoras y el electrodo correspondiente.

Figura 6b. Es el elemento portador lineal de la figura 5d en una vista esquemática que muestra los elementos del circuito de decodificación conectados con las rutas conductoras y el electrodo correspondiente.

El implante de retina de la figura 1 incluye un portaelectrodos 10 que tiene una forma de placa sustancialmente rectangular. Una superficie 12 portadora bidimensional está dirigida hacia el espectador y comprende una pluralidad de puntos 14 de conexión de electrodos dispuestos en una matriz rectangular.

Como se muestra en la figura 1 para algunos de los puntos 14 de conexión de electrodos más a la derecha solamente, cada punto 14 de conexión de electrodos está conectado a un elemento 16 portador lineal formado por un alambre.

Cada uno de los elementos 16 portadores lineales lleva una pluralidad de electrodos 18 colocados en intervalos sustancialmente regulares.

El portaelectrodos 10 está conectado a un controlador 20 electrónico a través de un microcable 22. Esta conexión se realiza de manera que el controlador 20 electrónico pueda proporcionar señales de estimulación selectivamente a cada uno de los electrodos 18.

Aunque no se muestra en detalle en la figura 1, el controlador 20 electrónico, que también puede denominarse chip de estimulación, se combina con la electrónica 40 del receptor. A través de la electrónica 40 del receptor, se puede lograr la comunicación inalámbrica con una cámara externa.

La figura 2 es una sección transversal simplificada que muestra el implante de retina de la figura 1 implantado en un ojo 24 humano. El ojo 24 incluye una córnea 26, un cristalino 28 y un nervio 30 óptico. La retina 32 forma parte de una esfera rodeada por la coroides 34 y la esclerótica 36. La retina 32 incluye varias capas que incluyen una capa ganglionar en la que están dispuestas las células 38 ganglionares.

Aproximadamente dentro del eje óptico y en la fovea que no se muestra en la figura, el portaelectrodos 10 se implanta de modo que su superficie 12 portadora se enfrenta a una capa de la retina 32 que incluye las células 38 ganglionares. Lejos del eje óptico y a cierta distancia del portaelectrodos 10, el controlador 20 electrónico y la electrónica 40 del receptor se implantan dentro del ojo 24. Tanto el portaelectrodos 10 como el controlador 20 electrónico con la electrónica 40 del receptor están unidos a la retina por medio de un número adecuado de tachuelas 42 ilustradas esquemáticamente en la figura 1.

El microcable 22 que conecta el portaelectrodos 10 con el controlador 20 electrónico se coloca dentro del ojo 24, cerca de la retina 32.

Como se ve mejor en la vista ampliada en la parte superior derecha de la figura 1, los elementos 16 portadores lineales se extienden desde la superficie 12 portadora del portaelectrodos 10 en una dirección normal a la superficie 12 portadora hacia la retina 32, en particular en la capa ganglionar del mismo. Puede verse que los electrodos 18 forman una matriz tridimensional distribuida sobre un cierto volumen de la capa respectiva de la retina 32.

Para estimular las células ganglionares 38 de la retina 32, el controlador 20 electrónico puede seguir diferentes estrategias. De acuerdo con una estrategia de sitio único, una célula 38a ganglionar puede estimularse utilizando el electrodo 18a de uno de los elementos 16 portadores lineales como primer electrodo activo y el electrodo 18b de otro elemento 16 portador lineal como electrodo de tierra. De acuerdo con una estrategia multisitio, una célula ganglionar 38b puede estimularse usando dos o más primeros electrodos, por ejemplo 18c, 18d (posiblemente dispuestos en un cierto elemento 16 portador lineal como se muestra, o dispuestos en diferentes elementos 16 portadores lineales) como electrodos primeros/activos y dos o más segundos electrodos portadores adyacentes, por ejemplo 18e, 18f (posiblemente dispuestos en un cierto elemento 16 portador lineal como se muestra, o dispuestos en diferentes elementos 16 portadores lineales) como electrodos de tierra. Los pulsos de corriente indicados por flechas pequeñas pueden conducir en cada caso a una activación de la célula 38a, 38b ganglionar diana. Además, este esquema brinda la flexibilidad para seleccionar un pulso estimulante deseado, por ejemplo, un pulso rectangular bifásico de carga balanceada, y la amplitud requerida de corriente eléctrica para una estimulación efectiva de las neuronas retinianas.

Como se indica en la figura 2 por las llaves, algunos de los electrodos 18 están colocados a una distancia 44 mínima de la superficie 12 portadora, mientras que otros electrodos están colocados a una distancia 46 máxima de la superficie 12 portadora.

La figura 3 muestra los elementos de la sección ampliada de la figura 2 en una vista en perspectiva. Los elementos explicados con respecto a la figura 2 están provistos de los mismos números de referencia. Como se puede ver más claramente en la figura 3, el portaelectrodos 10 y su superficie 12 portadora tienen una forma generalmente rectangular, en la que la superficie 12 portadora forma parte de una esfera para corresponder a la forma de la retina 32. También se puede ver en la figura 3 que los diversos electrodos 18 están distribuidos en un volumen tridimensional.

La figura 4 muestra otro portaelectrodos 10 en una vista similar a la vista de la figura 3, es decir, en una vista en perspectiva cuando se implanta en un ojo 24 humano. En esta realización, cada uno de los elementos 16 portadores lineales incluye un segmento 48 de sujeción y un segmento 50 de electrodo, en el que solo el segmento 50 de electrodo lleva los electrodos 18 que están dispuestos nuevamente en intervalos sustancialmente regulares. En contraste con la orientación normal a la superficie 12 portadora que se muestra en la primera realización, los segmentos 50 de electrodos de la figura 4 están orientados paralelos a la superficie 12 portadora, de modo que los diversos electrodos 18 llevados por uno de los segmentos 50 de electrodos estén todos colocados aproximadamente a la misma distancia de la superficie 12 portadora. Sin embargo, de manera similar a la realización de la figura 3, la realización de la figura 4 exhibe un cierto volumen tridimensional sobre el cual se distribuyen los electrodos 18, cubriendo nuevamente distancias variables desde la superficie 12 portadora. Esto brinda la ventaja de incluir diferentes rutas de corriente a lo largo de la capa ganglionar con el fin de activar células individuales y mejorar la percepción visual.

Las figuras 5a, 5b y 5c muestran vistas de la cara superior, inferior y lateral de un elemento 16 portador lineal que lleva una pluralidad de electrodos 18 destinados a suministrar pulsos de corriente a las células ganglionares retinianas.

subyacentes para su activación. A la izquierda de estas figuras, los elementos 16 portadores lineales están conectados a un punto 14 de conexión de electrodos de un portaelectrodos 10, por ejemplo, el portaelectrodos 10 que se muestra en la figura 1. El electrodo 18 más a la izquierda está dispuesto a una distancia 44 mínima de la superficie 12 portadora o del punto 14 de conexión de electrodos, respectivamente. El electrodo 18 más a la derecha está dispuesto a una distancia 46 máxima del portaelectrodos 10 o la superficie 12 portadora, respectivamente.

El elemento 16 portador lineal puede comprender un material flexible tal como una película polimérica con un grosor pequeño 58 y/o una anchura 52 pequeña en comparación con su longitud, para cumplir con los requisitos de flexión dentro de la capa ganglionar.

La tecnología más avanzada puede realizar una anchura 52 estrecha del elemento 16 portador lineal de alrededor de 1 μm con las rutas 62 conductoras y las conexiones 56 de electrodos adecuadas. Extensas simulaciones por computadora que analizan áreas de activación en la superficie de la retina sugirieron que un electrodo con un diámetro del doble del ancho, es decir, 2 μm , puede proporcionar un estímulo seguro dentro de una distancia de 10 μm de los electrodos 18 de las células nerviosas relevantes.

Las figuras 5d, 5e y 5f muestran otro elemento 16 portador lineal con características similares a las discutidas con respecto a las figuras 5a, 5b y 5c. Sin embargo, los electrodos 18 difieren en su forma geométrica que no es circular, sino rectangular. Además, los electrodos 18 rectangulares tienen un ancho correspondiente al ancho 52 del elemento 16 portador lineal.

La figura 6a muestra la vista en perspectiva inferior del elemento 16 portador lineal de la figura 5a con un número fijo de rutas 62 conductoras conectadas a cada uno de los circuitos 60 de decodificación que seleccionan el electrodo 18 correspondiente que está conectado a través de la conexión 56 de electrodo. Esta figura muestra que cada uno de los electrodos 18 está conectado al punto 14 de conexión de electrodos por medio de una conexión 56 de electrodos separada de un circuito 60 de decodificación. En el ejemplo, las conexiones 56 de electrodos y las rutas 62 conductores están formados por pequeños rutas conductoras metálicos dispuestos en la parte inferior del elemento 16 portador lineal.

La figura 6b muestra otro elemento 16 portador lineal con características similares a las que se analizan con respecto a la figura 6a. Sin embargo, los electrodos 18 difieren en su forma geométrica que no es circular, sino rectangular.

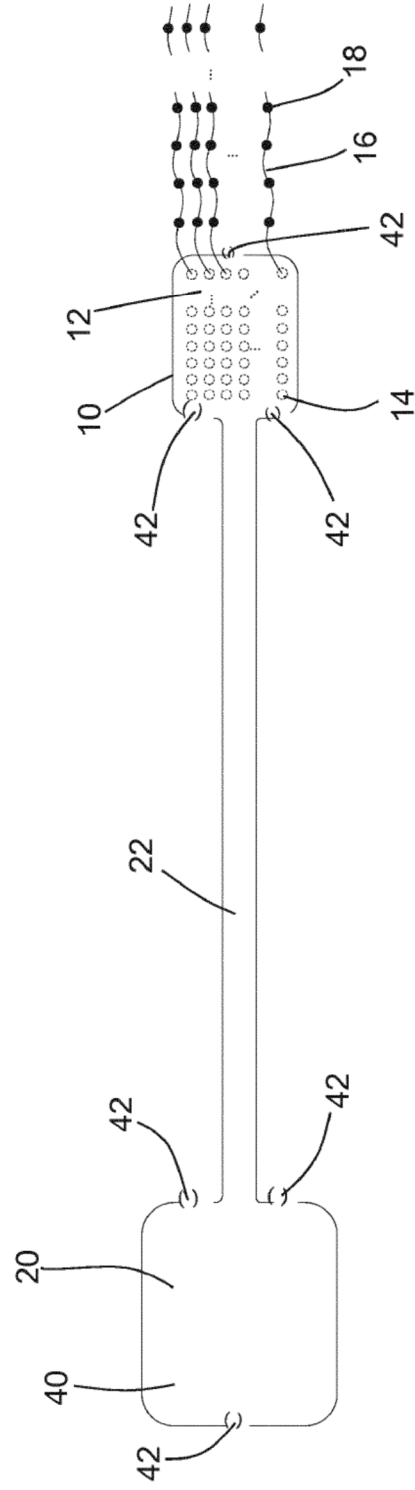
Lista de numerales de referencia:

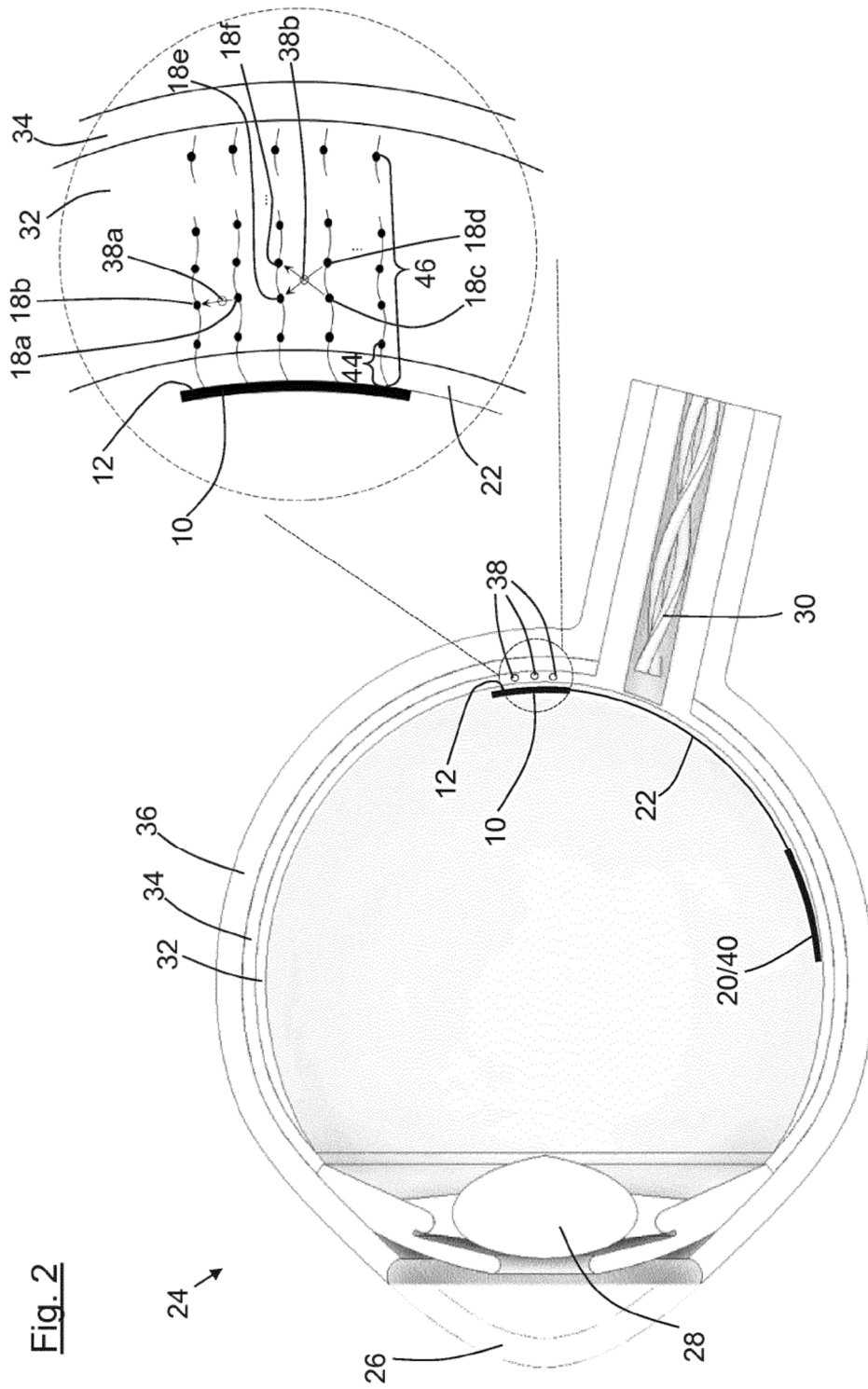
- 10 portaelectrodos
- 12 superficie portadora
- 14 punto de conexión de electrodos
- 16 elemento portador lineal
- 18 electrodo
- 20 controlador electrónico (chip de estimulación)
- 22 microcable
- 24 ojo
- 26 córnea
- 28 lentes
- 30 nervio óptico
- 32 retina
- 34 coroides
- 36 esclerótica
- 38 células ganglionares
- 40 electrónica del receptor
- 42 tachuela
- 44 distancia mínima
- 46 distancia máxima
- 48 segmento de retención
- 50 segmento de electrodo
- 52 ancho del elemento portador lineal
- 54 electrodo diámetro/longitud
- 56 conexión de electrodos
- 58 grosor del elemento portador lineal
- 60 circuito decodificador para direccionamiento de electrodos
- 62 rutas conductoras

REIVINDICACIONES

1. Un implante de retina que comprende
 - un portaelectrodos (10) que tiene una superficie (12) portadora y que está adaptado para la implantación quirúrgica dentro de un ojo de manera que la superficie (12) portadora mira hacia una capa de retina (32),
- 5 • una pluralidad de electrodos (18) unidos a la superficie (12) portadora, y
 - un controlador (20) electrónico conectado a los electrodos (18) para proporcionar señales de estimulación a los electrodos (18), en el que
 - los electrodos (18) están dispuestos a distancias variables de la superficie (12) portadora, y en el que
- 10 • la superficie (12) portadora comprende una pluralidad de puntos (14) de conexión de electrodos dispuestos en un patrón en la superficie (12) portadora, estando conectado cada uno de los puntos (14) de conexión de electrodos a al menos uno de los electrodos (18), **caracterizado por**
 - una pluralidad de elementos (16) portadores lineales, estando cada uno de los elementos (16) portadores lineales conectado a un punto (14) de conexión de electrodos y llevando una pluralidad de electrodos (18).
- 15 2. Implante de retina según la reivindicación 1, **caracterizado porque** al menos uno de los electrodos (18) está posicionado a una distancia (44) mínima inferior a 10 μm de la superficie (12) portadora.
3. Un implante de retina según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** al menos uno de los electrodos (18) está posicionado a una distancia (46) máxima superior a 50 μm de la superficie (12) portadora.
- 20 4. Un implante de retina según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** los elementos (16) portadores lineales comprenden cada uno un alambre, en el que la pluralidad de los electrodos (18) llevados por el respectivo elemento (16) portador lineal están fijados al alambre.
5. Un implante de retina según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** cada elemento (16) portador lineal comprende una pluralidad de circuitos (60) decodificadores, estando asignado cada uno de los circuitos (60) decodificadores a uno de los electrodos (18) del elemento (16) portador lineal correspondiente, y un número fijo de rutas (62) conductoras que están todos conectados a cada uno de los circuitos (60) decodificadores.
- 25 6. Un implante de retina según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** los electrodos (18) de al menos uno de los elementos (16) portador lineal están distribuidos sobre un segmento (50) de electrodo del respectivo elemento (16) portador lineal en intervalos regulares.
7. Un implante de retina según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** al menos uno de los segmentos (50) de electrodos está dispuesto en una dirección normal a la superficie (12) portadora.
- 30 8. Implante de retina según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** al menos uno de los segmentos (50) de electrodos está dispuesto a una distancia constante de la superficie (12) portadora.
9. Un implante de retina según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la superficie (12) portadora forma una porción de una esfera.
- 35 10. Un implante de retina según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** el portaelectrodos (10) comprende una lámina flexible.
11. Un implante de retina según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** el controlador (20) electrónico está adaptado para proporcionar una señal de estimulación aplicando un pulso de corriente a al menos un primer electrodo (18a, 18c, 18d) de la pluralidad de electrodos (18) y conectando al menos un segundo electrodo (18b, 18e, 18f) de la pluralidad de electrodos (18) a tierra.
- 40 12. Un implante de retina según la reivindicación 11, **caracterizado porque** el controlador (20) electrónico está adaptado para utilizar cada uno de los electrodos (18) como primer electrodo (18a, 18c, 18d) y como segundo electrodo (18b, 18e, 18f).
13. Un implante de retina según la reivindicación 11 o 12, **caracterizado porque** el primer electrodo (18a, 18c, 18d) está conectado a un primer punto (14) de conexión de electrodos de la pluralidad de puntos (14) de conexión de electrodos y el segundo electrodo (18b, 18e, 18f) está conectado a un segundo punto (14) de conexión de electrodos de la pluralidad de puntos (14) de conexión de electrodos.
- 45 14. Un implante de retina según la reivindicación 11 o 12, **caracterizado porque** el primer y segundo electrodos están conectados al mismo punto (14) de conexión de electrodos.

Fig. 1





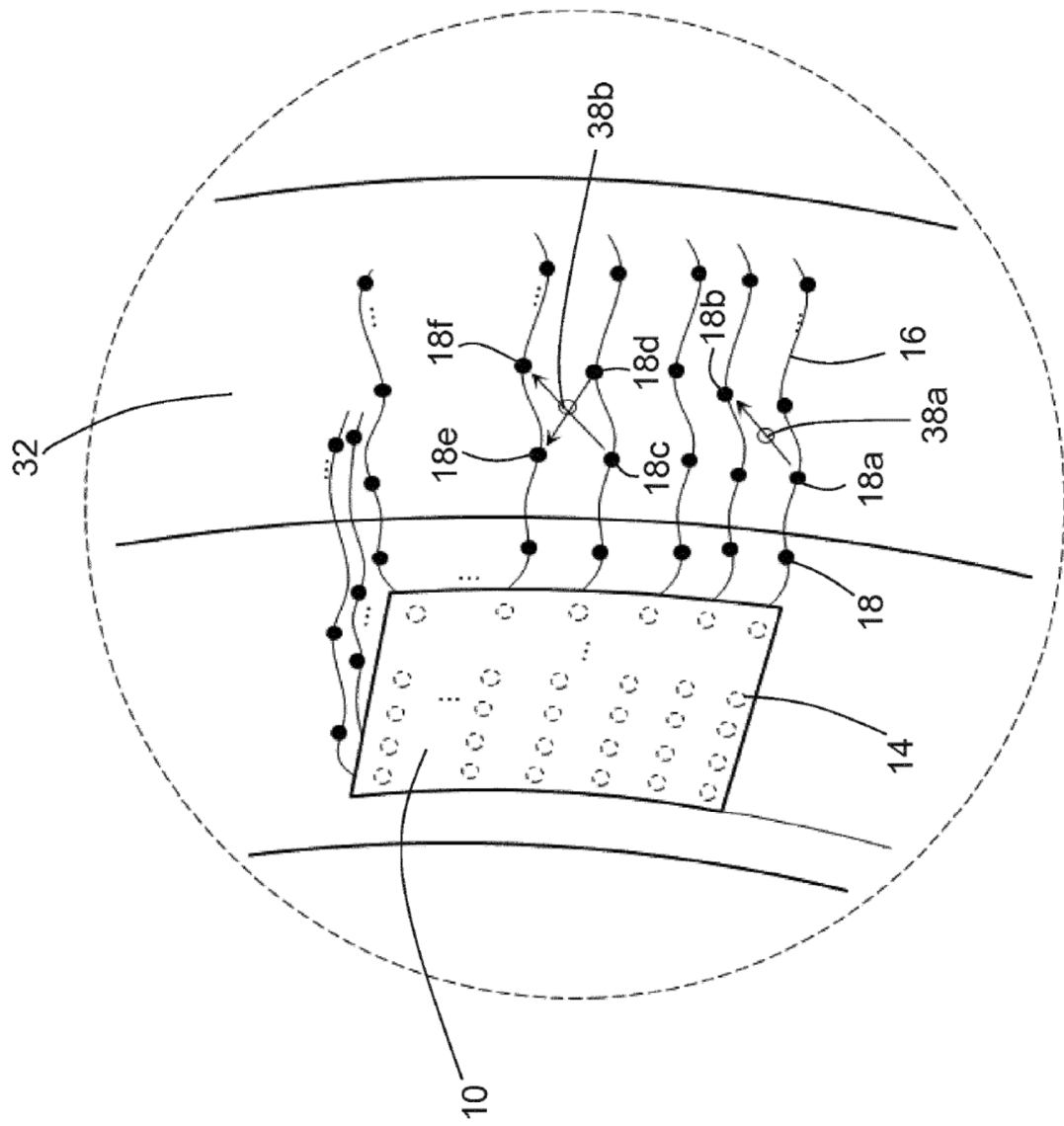


Fig. 3

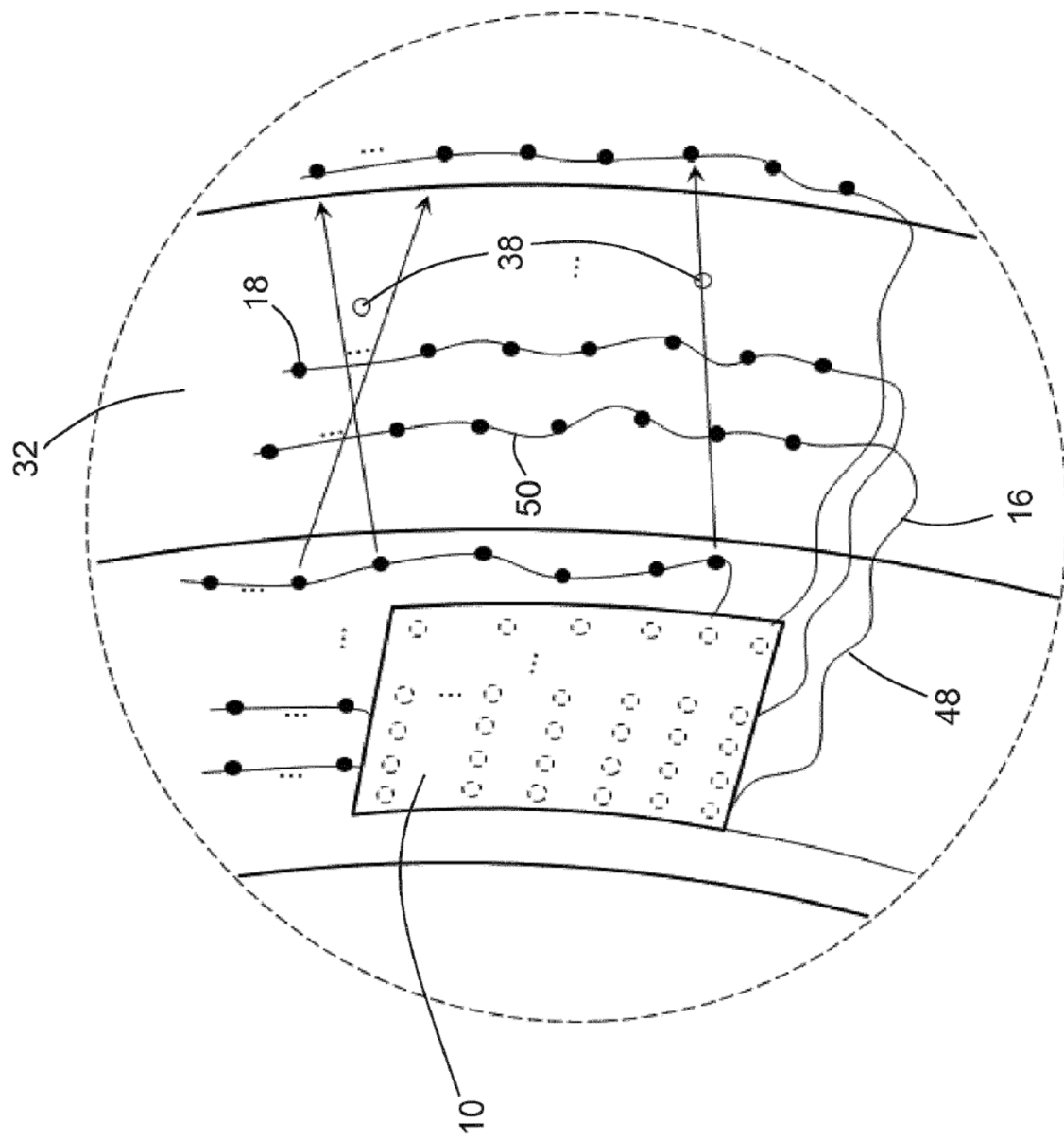


Fig. 4

Fig. 5a

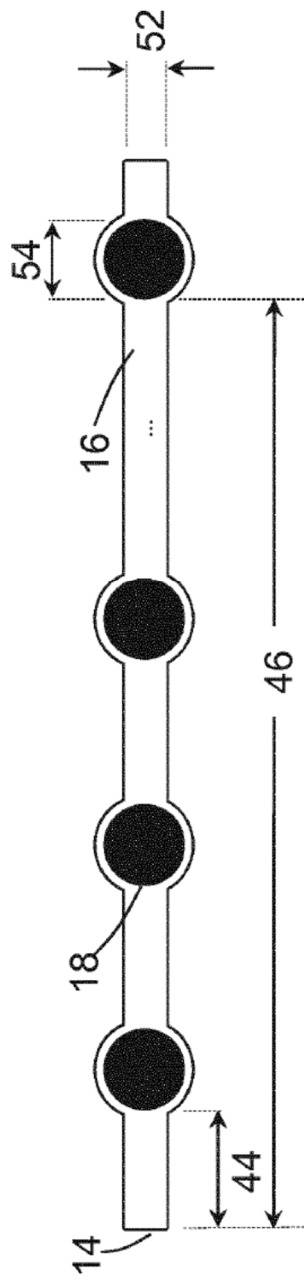


Fig. 5b

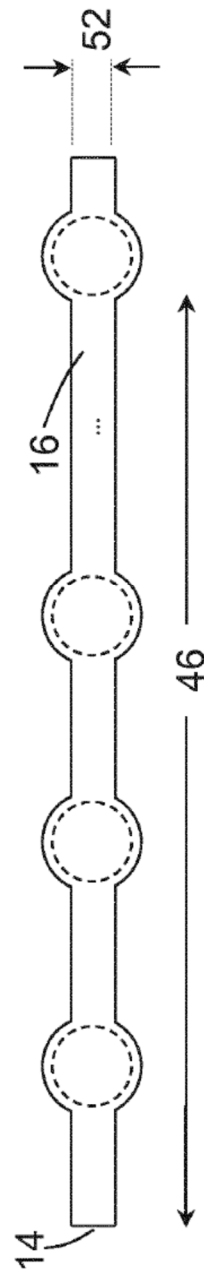


Fig. 5c

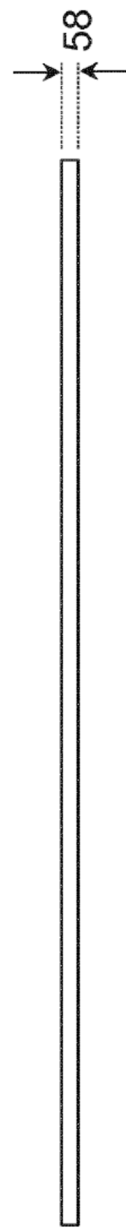


Fig. 5d

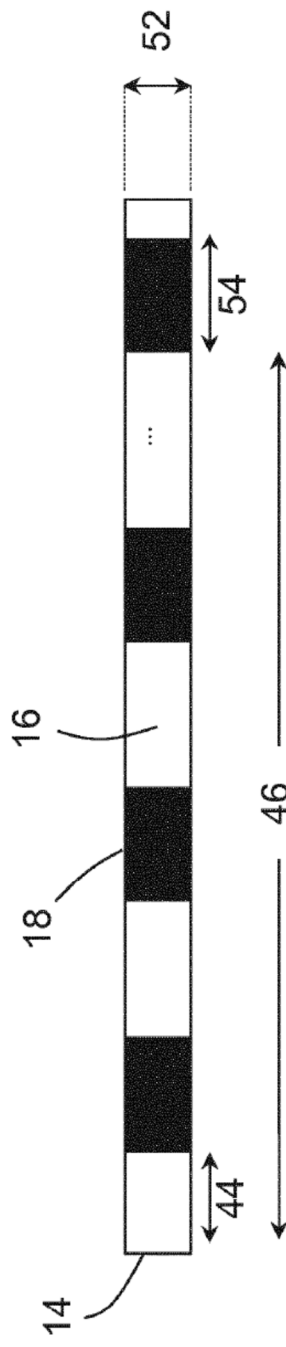


Fig. 5e

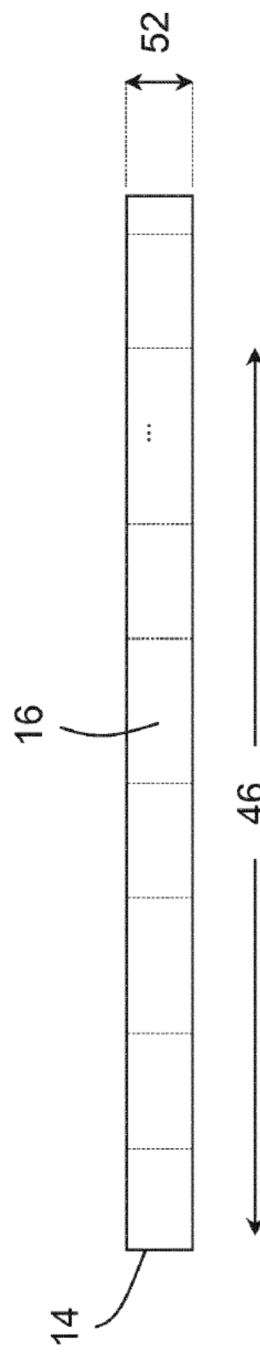


Fig. 5f

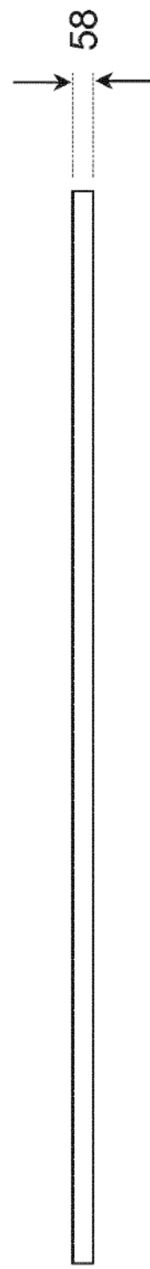


Fig. 6a

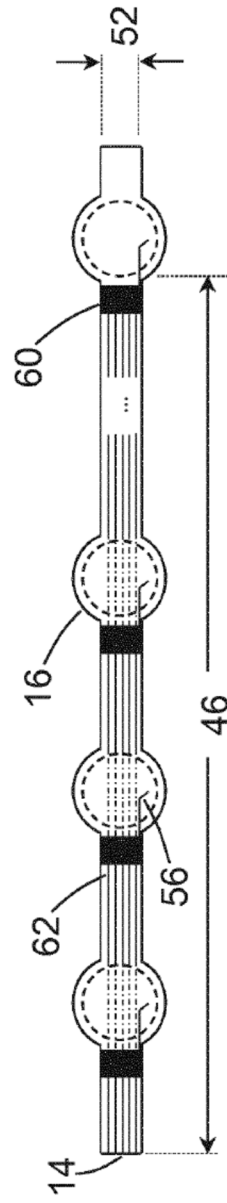


Fig. 6b

