

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 506**

51 Int. Cl.:

G02C 7/04 (2006.01)

G02C 7/08 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

G05B 19/048 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.06.2015 PCT/US2015/035663**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.12.2015 WO15192080**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2015 E 15806857 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 3155476**

54 Título: **Funcionamiento de seguridad contra fallos de dispositivo de montaje ocular**

30 Prioridad:

13.06.2014 US 201462012005 P
11.06.2015 US 201514737266

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.11.2019

73 Titular/es:

VERILY LIFE SCIENCES LLC (100.0%)
1600 Amphitheatre Parkway
Mountain View, CA 94043, US

72 Inventor/es:

LEE, SHUNGNENG;
YEAGER, DANIEL J.;
HAN, JENNIFER;
PLETCHER, NATHAN y
OTIS, BRIAN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 733 506 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

Funcionamiento de seguridad contra fallos de dispositivo de montaje ocular

5 **Campo técnico**

Esta divulgación se refiere en general al campo de la óptica, y en particular pero no exclusivamente, se refiere a dispositivos de montaje ocular incluyendo lentes de contacto.

10 **Información de antecedentes**

15 La acomodación es un proceso por el que el ojo ajusta su distancia focal para mantener el enfoque en objetos de distancia variable. La acomodación es una acción refleja, pero puede manipularse conscientemente. La acomodación se controla mediante contracciones del músculo ciliar. El músculo ciliar rodea la lente elástica del ojo y aplica una fuerza en la lente elástica durante las contracciones del músculo que cambian el punto focal de la lente elástica.

20 A medida que una persona envejece, la efectividad del músculo ciliar se degrada. La presbicia es una pérdida progresiva, relacionada con la edad, de fuerza de acomodación o enfoque del ojo, que resulta en aumento de emborronamiento en distancias cortas. Esta pérdida de fuerza de acomodación con la edad se ha estudiado profundamente y es relativamente consistente y predecible. La presbicia afecta hoy a casi 1.700 millones de personas en todo el mundo (110 millones solo en los Estados Unidos) y se espera que ese número aumente sustancialmente a medida que la población mundial envejezca. Se demandan cada vez más técnicas y dispositivos que puedan ayudar a las personas a compensar los efectos de la presbicia.

25 El documento WO2012/061411 divulga una lente de contacto o una lente intraocular que incluye un componente electrónico y una óptica dinámica, en la que la óptica dinámica se configura para proporcionar una primera potencia óptica y una segunda potencia óptica, en la que la primera y la segunda potencias ópticas son diferentes. La óptica dinámica puede comprender una lente de fluido.

30 El documento WO2013/036789 divulga dispositivos electrónicos incluyendo gafas, ventanas y visualizadores, preparados por una formación in situ de polímeros conjugados.

35 El documento US 2011/228212 divulga un adaptador para una montura de gafas que se configura para habilitar que la montura de gafas opere y controle lentes electro-activas alojadas en la misma. En particular, la montura de gafas puede permitir que lentes electro-activas alojadas en la misma enfoquen y se controlen tanto automática como manualmente.

40 El documento US 2007/0285759 divulga un sistema de control eléctrico para controlar una pluralidad de ventanas de transmisión variables.

La invención se dirige a un dispositivo de montaje ocular como se describe en la reivindicación 1 y al método de provisión de funcionamiento de seguridad contra fallos para tal dispositivo, de acuerdo con la reivindicación 20.

45 **Breve descripción de los dibujos**

50 Realizaciones no limitantes y no exhaustivas de la invención se describen con referencia a las siguientes figuras, en las que números de referencia similares se refieren a partes similares a lo largo de todas las diversas vistas a no ser que se especifique de otra manera. Los dibujos no están necesariamente a escala, poniéndose énfasis en su lugar en la ilustración de los principios que se describen.

La **Figura 1** es un diagrama de bloques funcional de un dispositivo de montaje ocular que proporciona autoacomodación y un lector externo para interactuar con el dispositivo de montaje ocular, de acuerdo con una realización;

55 La **Figura 2** es un diagrama de bloques para ilustrar un dispositivo de montaje ocular que incluye una lógica o subsistema de seguridad contra fallos de acuerdo con una realización;

La **Figura 3** es un diagrama de flujo para ilustrar un proceso de seguridad contra fallos para un dispositivo de montaje ocular de acuerdo con una realización;

60 La **Figura 4A** es una ilustración de vista superior de un dispositivo de montaje ocular, de acuerdo con una realización; y

La **Figura 4B** es una ilustración de vista en perspectiva de un dispositivo de montaje ocular, de acuerdo con una realización.

65 **Descripción detallada**

En este documento se describen realizaciones de un sistema, aparato y método de funcionamiento de seguridad

5 contra fallos de dispositivos de montaje ocular. En la siguiente descripción se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar un completo entendimiento de las realizaciones. Un experto en la técnica pertinente reconocerá, sin embargo, que las técnicas descritas en este documento pueden practicarse sin uno o más de los detalles específicos, o con otros métodos, componentes, materiales, etc. En otros casos, estructuras bien conocidas, materiales u operaciones no se muestran o describen en detalle para evitar obstaculizar ciertos aspectos.

10 Referencia a lo largo de esta memoria descriptiva a “una realización” o “una realización” significa que una prestación, estructura o característica descrita en conexión con la realización se incluye en al menos una realización de la presente invención. Por lo tanto, las apariciones de las frases “en una realización” o “en una realización” en diversos lugares a lo largo de esta memoria descriptiva no necesariamente se refieren todas a la misma realización. Adicionalmente, las prestaciones particulares, estructuras o características pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones.

15 Es una realización de esta invención proporcionar un dispositivo de montaje ocular de acuerdo con la reivindicación 1. Es una realización adicional de esta invención proporcionar un método de provisión de un funcionamiento de seguridad contra fallos para un dispositivo de montaje ocular de acuerdo con la reivindicación 20. En algunas realizaciones, un dispositivo de montaje ocular, que puede incluir una lente de contacto inteligente o dispositivo similar, incluye un subsistema de seguridad contra fallos y funcionamiento. En este documento se describe una lente de contacto inteligente u otro dispositivo de montaje ocular que incluye un accionador de acomodación para ajustar la distancia focal de una lente óptica del dispositivo a uno de múltiples diferentes estados de acomodación de visión. Los estados de acomodación de visión pueden incluir, por ejemplo, un estado de campo cercano y un estado de campo lejano, pero pueden incluir otros estados, tal como un estado de campo medio entre el estado de campo cercano y el estado de campo lejano. En algunas realizaciones, la acomodación de visión se ajusta automáticamente en tiempo real basándose en la dirección de mirada de un usuario. El accionador de acomodación se dispone en una región central de la lente de contacto inteligente (por ejemplo, cubriendo al menos la visión foveal).

30 Sin embargo, un dispositivo de montaje ocular tendrá estados de acomodación que pueden no ser apropiados en todas las circunstancias. En un ejemplo, un estado de acomodación de campo cercano para proporcionar acomodación de visión para visión de objetos a distancias cortas puede proporcionar un peligro si la lente o dispositivo permanece en acomodación de campo cercano en una condición de fallo. Por ejemplo, un estado de acomodación incorrecto puede crear un peligro en funcionamiento tal como conducir un vehículo a motor, montar en bicicleta o de otra manera pilotar o montar en un vehículo en movimiento, o cualquier otra actividad en la que la visión lejana se necesita de forma inmediata por seguridad.

35 En algunas realizaciones, un modo de seguridad contra fallos para un dispositivo de montaje ocular pasa el dispositivo de montaje ocular a una distancia focal de seguridad contra fallos. En algunas realizaciones, la distancia focal de seguridad contra fallos es un estado de acomodación de campo lejano (visión lejana) porque la configuración de visión de campo lejano generalmente permite que un usuario pueda manejar con seguridad cualquier situación, incluyendo operaciones en las que un fallo en cualquier otra configuración de visión puede ser potencialmente mortal. Sin embargo, la distancia focal de seguridad contra fallos específica puede variar en diferentes implementaciones. En algunas realizaciones, un dispositivo de montaje ocular fallará en la distancia focal de seguridad contra fallos para proporcionar funcionamiento seguro en cualquier condición de fallo. Como se usa en este documento, una condición de fallo incluye cualquier fallo de dispositivo, condición de apagado, pérdida de potencia u otra condición en la que una o más funciones del dispositivo de montaje ocular, tal como la función de autoacomodación, no están operando apropiadamente.

50 En algunas realizaciones, un subsistema de seguridad contra fallos de un dispositivo de montaje ocular supervisará indicadores de condiciones de fallo y proporcionará que las ópticas del dispositivo entren en una distancia focal de seguridad contra fallos tras la detección de una condición de fallo. En algunas realizaciones, el subsistema de seguridad contra fallos incluye uno o más de:

- (1) Detección de integridad de sistema, incluyendo supervisar de uno o más indicadores operacionales para el dispositivo, incluyendo el uno o más indicadores operacionales uno o más de valores de sensores, estados de acomodación de visión, integridad del accionador de acomodación y problemas eléctricos y de potencia.
- (2) Supervisión de condición de temporización.
- (3) Respuesta a órdenes de seguridad contra fallos.
- (4) Inicializar a un estado que incluye una distancia focal de seguridad contra fallos en inicialización o reinicio.
- (5) Características por defecto de distancia focal de seguridad contra fallos.

60 En algunas realizaciones, un dispositivo de montaje ocular permanecerá en el modo de seguridad contra fallos hasta que se cumplan una o más condiciones para dejar el modo de seguridad contra fallos. En algunas realizaciones, tales condiciones pueden incluir uno o más de recibir una orden positiva para dejar el modo de seguridad contra fallos; esperar durante un que expire un cierto periodo de tiempo; y completar satisfactoriamente una comprobación de integridad del dispositivo.

- 5 Realizaciones del dispositivo de montaje ocular pueden incluir una fuente de alimentación, electrónica de control, un accionador de acomodación, un sistema de sensores de dirección de mirada y una antena embebidos todos dentro de una carcasa de lente flexible formada para montarse en contacto en un ojo (por ejemplo, conformada para montarse de forma extraíble en una córnea y permitir el movimiento de apertura y cierre del párpado). En una realización, la electrónica de control se acopla para supervisar el sistema de sensores para identificar dirección de mirada/distancia focal, manipular el accionador de acomodación para controlar la potencia óptica del dispositivo de montaje ocular y proporcionar comunicaciones inalámbricas con un lector externo. En algunas realizaciones, la fuente de alimentación puede incluir circuitería de carga para controlar carga inalámbrica inductiva de una batería embebida.
- 10 La carcasa de lente flexible puede fabricarse de diversos materiales compatibles para el contacto directo con un ojo humano, tal como un material polimérico, un hidrogel, PMMA (polimetilmetacrilato), polímeros basados en silicona (por ejemplo, acrilato de fluorosilicona) o de otra manera. La electrónica puede disponerse en un sustrato de anillo embebido dentro de la carcasa de lente flexible cerca de su periferia para evitar interferencia con luz incidente recibida más cerca a la región central de la córnea. El sistema de sensores puede disponerse en el sustrato para dirigirse hacia fuera hacia los párpados para detectar la dirección de mirada/distancia focal basándose en la cantidad y posición de cobertura de párpado sobre el sistema de sensores. A medida que los párpados cubren diferentes porciones del sistema de sensores, esto cambia una característica (por ejemplo, su capacitancia), que puede medirse para determinar dirección de mirada y/o distancia focal.
- 15 En algunas realizaciones, la información de dirección de mirada/distancia focal puede usarse a continuación para determinar la cantidad de acomodación a aplicar a través de un accionador de acomodación transparente colocado en una porción central de la carcasa de lente flexible. El accionador de acomodación se acopla al controlador para manipularse eléctricamente de este modo a través de la aplicación de una tensión a través de un par de electrodos conductores flexibles. Por ejemplo, el accionador de acomodación puede implementarse con una célula de cristal líquido que cambia su índice de refracción en respuesta a una señal de polarización eléctrica aplicada a través de los electrodos conductores flexibles. En otras realizaciones, el accionador de acomodación puede implementarse usando otros tipos de materiales electro-activos tal como materiales electro-ópticos que varían el índice de refracción en la presencia de un campo eléctrico aplicado o estructuras electro-mecánicas que cambian la forma de una lente deformable. Otras estructuras de ejemplo que pueden usarse para implementar el accionador de acomodación incluyen ópticas de electrohumectación, sistemas micro-eléctrico-mecánicos o de otra manera.
- 20 En algunas realizaciones, un dispositivo incluye medios para proporcionar acomodación de visión para una lente óptica, incluyendo medios para seleccionar uno de una pluralidad de estados de acomodación de visión para el dispositivo; medios para supervisar uno o más indicadores operacionales para el dispositivo; y medios para pasar el dispositivo a un modo de seguridad contra fallos tras detectar una condición de fallo para el dispositivo, incluyendo el modo de seguridad contra fallos establecer una distancia focal de seguridad contra fallos para el estado de acomodación de visión. En algunas realizaciones, la distancia focal de seguridad contra fallos es un estado de campo lejano.
- 25 En algunas realizaciones, el medio para supervisar uno o más indicadores operacionales incluye medios para supervisar valores de sensores, y el dispositivo incluye adicionalmente medios para detectar una condición de fallo si uno o más valores de sensores están fuera de un intervalo válido para el sensor.
- 30 En algunas realizaciones, el medio para supervisar uno o más indicadores operacionales incluye medios para supervisar resultados de acomodación de visión para el dispositivo, y el dispositivo incluye adicionalmente medios para detectar una condición de fallo si resultados de acomodación de visión son incorrectos.
- 35 En algunas realizaciones, el medio para supervisar uno o más indicadores operacionales incluye medios para supervisar problemas eléctricos o de potencia, en el que se detecta una condición de fallo si una o más propiedades eléctricas o de potencia para el dispositivo están fuera de intervalos válidos.
- 40 En algunas realizaciones, el dispositivo incluye adicionalmente medios para supervisar la ocurrencia de condiciones de temporización para el dispositivo, y medios para pasar el dispositivo al modo de seguridad contra fallos tras determinar que se ha producido una condición de temporización.
- 45 En algunas realizaciones, el dispositivo incluye adicionalmente medios para supervisar la recepción de órdenes de seguridad contra fallos, y medios para pasar el dispositivo al modo de seguridad contra fallos tras recibir una orden de seguridad contra fallos.
- 50 En algunas realizaciones, el dispositivo incluye medios para inicializar o reiniciar el dispositivo; medios para establecer el estado de acomodación de visión a la distancia focal de seguridad contra fallos; medios para realizar una comprobación de integridad para el dispositivo; y medios para proceder a la acomodación de visión para la lente óptica tras completar satisfactoriamente la comprobación de integridad. En algunas realizaciones, un estado por defecto para la lente óptica es la distancia focal de seguridad contra fallos, incluyendo el dispositivo medios para pasar la lente óptica a la distancia focal de seguridad contra fallos tras una pérdida de potencia para el dispositivo.
- 55
- 60
- 65

En algunas realizaciones, el dispositivo incluye medios para anular la lógica de acomodación en el modo de seguridad contra fallos.

La **Figura 1** es un diagrama de bloques funcional de un dispositivo de montaje ocular 100 con rastreo de mirada para autoacomodación junto con un lector externo 105, de acuerdo con una realización de la divulgación. La porción expuesta de dispositivo de montaje ocular 100 es una carcasa de lente flexible 110 formada para montarse en contacto a una superficie corneal de un ojo. Un sustrato 115 se embebe dentro de o rodea por la carcasa de lente flexible 110 para proporcionar una superficie de montaje para una fuente de alimentación 120, un controlador 125, un sistema de sensores 135, una antena 140 y diversas interconexiones 145 y 150. Un accionador de acomodación 130 se embebe dentro de carcasa de lente flexible 110 y acopla al controlador 125 para proporcionar autoacomodación al portador de dispositivo de montaje ocular 100. La realización ilustrada de la fuente de alimentación 120 incluye una antena de recolección de energía 155, circuitería de carga 160 y una batería 165. La realización ilustrada de controlador 125 incluye lógica de control 170, lógica de acomodación 175, lógica de comunicación 180 y una memoria para almacenamiento de datos e instrucciones 185. La realización ilustrada del lector 105 incluye un procesador 192, una antena 194 y memoria 186, en el que la memoria puede incluir almacenamiento de datos 188 e instrucciones de programa 190.

En algunas realizaciones, el dispositivo incluye adicionalmente un subsistema de seguridad contra fallos 117, en el que el subsistema de seguridad contra fallos 117 supervisará indicadores operacionales para el dispositivo, y pasará el dispositivo de montaje ocular 100 a un modo de seguridad contra fallos tras la detección de una condición de fallo para el dispositivo 100. En algunas realizaciones, el subsistema de seguridad contra fallos 117 es operable para anular la lógica de acomodación 175 tras detectar una condición de fallo. Mientras el subsistema de seguridad contra fallos 117 se ilustra como que está separado de otros elementos del dispositivo 100 para facilidad de ilustración, en algunas realizaciones porciones del subsistema de seguridad contra fallos se incorporan en otros elementos del dispositivo 100.

El controlador 125 se acopla para recibir señales de control de realimentación desde el sistema de sensores 135 y adicionalmente se acopla para operar el accionador de acomodación 130. La fuente de alimentación 120 suministra tensiones de funcionamiento al controlador 125 y/o el accionador de acomodación 130. La antena 140 se opera por el controlador 125 para comunicar información a y/o desde el dispositivo de montaje ocular 100. En una realización, la antena 140, controlador 125, fuente de alimentación 120, al menos una porción de subsistema de seguridad contra fallos 117 y sistema de sensores 135 se sitúan todos en el sustrato embebido 115. En una realización, el accionador de acomodación 130 se embebe dentro de una región central de carcasa de lente flexible 110, pero no se dispone en el sustrato 115. Porque el dispositivo de montaje ocular 100 incluye electrónica y se configura para montarse en contacto en un ojo, también se denomina en este documento como una plataforma electrónica oftálmica, una lente de contacto o una lente de contacto inteligente.

Para facilitar el montaje por contacto, la carcasa de lente flexible 110 puede tener una superficie cóncava configurada para adherirse ("montarse") a una superficie corneal humedecida (por ejemplo, mediante fuerzas capilares con una película lagrimal recubriendo la superficie corneal). Adicionalmente o como alternativa, el dispositivo de montaje ocular 100 puede adherirse mediante una fuerza de vacío entre la superficie corneal y carcasa de lente flexible 110 debido a la curvatura cóncava. Mientras se monta con la superficie cóncava contra el ojo, la superficie que se dirige hacia fuera de la carcasa de lente flexible 110 puede tener una curvatura convexa que se forma para no interferir con el movimiento del párpado mientras el dispositivo de montaje ocular 100 se monta en el ojo. Por ejemplo, la carcasa de lente flexible 110 puede ser un disco curvado sustancialmente transparente con forma similar a una lente de contacto.

La carcasa de lente flexible 110 puede incluir uno o más materiales biocompatibles, tal como los empleados para uso en lentes de contacto u otras aplicaciones oftálmicas que implican contacto directo con la superficie corneal. La carcasa de lente flexible 110 puede opcionalmente formarse en parte a partir de tales materiales biocompatibles o puede incluir un recubrimiento exterior con tales materiales biocompatibles. La carcasa de lente flexible 110 puede incluir materiales configurados para humedecer la superficie corneal, tal como hidrogeles y similares. La carcasa de lente flexible 110 es un material deformable ("no rígido") para mejorar la comodidad del portador. En algunos casos, la carcasa de lente flexible 110 puede conformarse para proporcionar una potencia óptica correctora de visión predeterminada, tal como puede proporcionarse por una lente de contacto. La carcasa de lente flexible 110 puede fabricarse de diversos materiales que incluye un material polimérico, un hidrogel, PMMA, polímeros basados en silicona (por ejemplo, acrilato de fluorosilicona) o de otra manera.

El sustrato 115 incluye una o más superficies adecuadas para montar el sistema de sensores 135, controlador 125, fuente de alimentación 120, subsistema de seguridad contra fallos 117 y antena 140. El sustrato 115 puede emplearse tanto como una plataforma de montaje para circuitería basada en chip (por ejemplo, mediante montaje invertido de chip) y/o como una plataforma para modelar materiales conductores (por ejemplo, oro, platino, paladio, titanio, cobre, aluminio, plata, metales, otros materiales conductores, combinaciones de estos, etc.) para crear electrodos, interconexiones, antenas, etc. En algunas realizaciones, materiales conductores sustancialmente transparentes (por ejemplo, óxido de estaño e indio o los materiales conductores flexibles analizados a continuación) pueden modelarse en el sustrato 115 para formar circuitería, electrodos, etc. Por ejemplo, la antena 140 puede

formarse depositando un patrón de oro u otro material conductor en el sustrato 115. De manera similar, las interconexiones 145 y 150 pueden formarse depositando patrones adecuados de materiales conductores en el sustrato 115. Una combinación de resistencias, máscaras y técnicas de deposición puede emplearse para moldear materiales en el sustrato 115. El sustrato 115 puede ser un material relativamente rígido, tal como tereftalato de polietileno ("PET") u otro material suficiente para soportar estructuralmente la circuitería y/o electrónica dentro del material de carcasa 110. El dispositivo de montaje ocular 100 puede disponerse como alternativa con un grupo de sustratos no conectados en lugar de un único sustrato. Por ejemplo, el controlador 125 y la fuente de alimentación 120 pueden montarse en un sustrato, mientras la antena 140 y el sistema de sensores 135 se montan en otro sustrato y los dos pueden conectarse eléctricamente a través de interconexiones.

El sustrato 115 puede conformarse como un anillo aplanado con una dimensión de anchura radial suficiente para proporcionar una plataforma de montaje para los componentes de electrónica embebidos. El sustrato 115 puede tener un grosor lo suficientemente pequeño para permitir que el sustrato se embeba en la carcasa de lente flexible 110 sin influenciar negativamente el perfil del dispositivo de montaje ocular 100. El sustrato 115 puede tener un grosor lo suficientemente grande para proporcionar estabilidad estructural adecuada para soportar la electrónica montada en el mismo. Por ejemplo, el sustrato 115 puede conformarse como un anillo con un diámetro de aproximadamente 10 milímetros, una anchura radial de aproximadamente 1 milímetro (por ejemplo, un radio exterior 1 milímetro mayor que un radio interior) y un grosor de aproximadamente 50 micrómetros. El sustrato 115 puede alinearse opcionalmente con la curvatura de la superficie de montaje ocular de dispositivo de montaje ocular 100 (por ejemplo, superficie convexa). Por ejemplo, el sustrato 115 puede conformarse a lo largo de la superficie de un cono imaginario entre dos segmentos circulares que definen un radio interno y un radio externo. En un ejemplo de este tipo, la superficie de sustrato 115 a lo largo de la superficie del cono imaginario define una superficie inclinada que se alinea aproximadamente con la curvatura de la superficie de montaje ocular en ese radio.

En algunas realizaciones, la fuente de alimentación 120 y controlador 125 (y el sustrato 115) pueden colocarse alejados del centro de dispositivo de montaje ocular 100 y evitar de este modo interferencia con transmisión de luz al ojo a través del centro de dispositivo de montaje ocular 110. En contraste, el accionador de acomodación 130 puede colocarse centralmente para aplicar acomodación óptica a la luz transmitida al ojo a través del centro del dispositivo de montaje ocular 110. Por ejemplo, donde el dispositivo de montaje ocular 100 se conforma como un disco curvado cóncavo, el sustrato 115 puede embeberse alrededor de la periferia (por ejemplo, cerca de la circunferencia exterior) del disco. En algunas realizaciones, el sistema de sensores 135 incluye uno o más sensores de capacitancia discretos que se distribuyen periféricamente para detectar el solapamiento del párpado.

En la realización ilustrada, la fuente de alimentación 120 incluye una batería 165 para alimentar la diversa electrónica embebida, incluyendo el controlador 125. La batería 165 puede cargarse inductivamente mediante la circuitería de carga 160 y antena de recolección de energía 155. En una realización, la antena 140 y antena de recolección de energía 155 son antenas independientes, que sirven a sus respectivas funciones de recolección de energía y comunicaciones. En otra realización, la antena de recolección de energía 155 y antena 140 son la misma antena física que comparten tiempo para sus respectivas funciones de carga inductiva y comunicaciones inalámbricas con el lector 105. La circuitería de carga 160 puede incluir un rectificador/regulador para condicionar la energía capturada para cargar la batería 165 o directamente el controlador de potencia 125 sin la batería 165. La circuitería de carga 160 también puede incluir uno o más dispositivos de almacenamiento de energía para mitigar variaciones de frecuencia alta en la antena de recolección de energía 155. Por ejemplo, pueden conectarse uno o más dispositivos de almacenamiento de energía (por ejemplo, un condensador, un inductor, etc.) para funcionar como un filtro paso bajo.

El controlador 125 contiene lógica para coreografiar el funcionamiento de los otros componentes embebidos. La lógica de control 170 controla el funcionamiento general del dispositivo de montaje ocular 100, incluyendo proporcionar una interfaz de usuario lógica, funcionalidad de control de potencia, etc. La lógica de acomodación 175 incluye lógica para supervisar señales de realimentación desde el sistema de sensores 135, determinar la dirección de mirada o distancia focal actuales del usuario y manipular el accionador de acomodación 130 en respuesta a proporcionar la acomodación apropiada. La autoacomodación puede implementarse en tiempo real basándose en realimentación desde el rastreo de mirada, o permitir control de usuario para seleccionar regímenes de acomodación específicos (por ejemplo, acomodación de campo cercano para lectura, acomodación de campo lejano para actividades regulares, etc.). La lógica de comunicación 180 proporciona protocolos de comunicación para comunicación inalámbrica con el lector 105 a través de antena 140. En una realización, la lógica de comunicación 180 proporciona comunicación de retrodispersión a través de la antena 140 cuando en la presencia de un campo electromagnético 171 emitido desde el lector 105. En una realización, la lógica de comunicación 180 opera como una etiqueta de identificación por frecuencia de radio ("RFID") inalámbrica inteligente que modula la impedancia de la antena 140 para comunicaciones inalámbricas de retrodispersión. Los diversos módulos lógicos del controlador 125 pueden implementarse en software/firmware ejecutado en un microprocesador de fin general, en hardware (por ejemplo, circuito integrado de aplicación específica) o una combinación de ambos.

El dispositivo de montaje ocular 100 puede incluir diversa otra electrónica embebida y módulos lógicos. Por ejemplo, puede incluirse una fuente de luz o conjunto de píxeles para proporcionar realimentación visible al usuario. Puede incluirse un acelerómetro o giroscopio para proporcionar información de realimentación posicional, rotacional,

direcciona o de aceleración al controlador 125.

En algunas realizaciones, un dispositivo de montaje ocular incluye una lógica o subsistema de seguridad contra fallos, tal como el subsistema de seguridad contra fallos 117 ilustrado en la Figura 1, para provocar que el dispositivo conmute a una distancia focal de seguridad contra fallos. En algunas realizaciones, la lógica o subsistema de seguridad contra fallos incluye uno o más de los siguientes:

(1) Indicadores operacionales para Integridad de Sistema - en algunas realizaciones, un dispositivo de montaje ocular es operable para supervisar múltiples indicadores operacionales para el dispositivo, y para conmutar el dispositivo a un modo de seguridad contra fallos que incluye una distancia focal de seguridad contra fallos tras la detección de una condición de fallo. La distancia focal de seguridad contra fallos puede ser, pero sin limitación, una distancia focal de campo lejano. En algunas realizaciones, el dispositivo incluye un detector de integridad de sistema para supervisar los indicadores de funcionamiento de dispositivo. En algunas realizaciones, uno o más circuitos de detección para supervisión del dispositivo se alimentan usando el mismo suministro que el suministro que acciona la óptica.

Como se usa en este documento, indicadores operacionales a supervisar para un dispositivo de montaje ocular pueden incluir pero sin limitación:

(a) Valores de sensores - en algunas realizaciones, un detector de integridad de sistema supervisará valores para múltiples sensores y otros elementos de un dispositivo de montaje ocular, y determinará si cualquiera de tales valores está fuera de un intervalo válido. Como se usa en este documento, un intervalo válido es un intervalo de valores que representa una condición o un funcionamiento normal o aceptable. Dicho de otra forma, operar en un intervalo válido puede significar que el respectivo valor o valores generalmente están por encima o debajo de un cierto umbral, están entre ciertos umbrales (tal como por encima de un primer umbral y por debajo de un segundo umbral) o están de otra manera dentro de un cierto conjunto de valores. Además, operar en un intervalo válido puede incluir la tolerancia de ciertos valores transitorios temporales que están fuera de un intervalo normal durante cortos periodos de tiempo.

En algunas realizaciones, sensores supervisados por el detector de integridad de sistema pueden incluir, pero sin limitación: accionador de acomodación sensor de funcionamiento; sensor capacitivo o sensor de impedancia para ópticas; sensor de luz de fotodiodo (PD); sensor de conductividad; sensor de temperatura; sensor de presión; sensor inercial (acelerómetro, magnetómetro, giroscopio); y detector de tensión o corriente.

En algunas realizaciones, el detector de integridad de sistema puede supervisar adicionalmente valores de sensores con problemas de valores transitorios, tal como si ciertas propiedades transitorias varían demasiado rápidamente o atípicamente con el paso del tiempo, tal como una colección de valores que representan una tendencia de señales que es atípica de un dispositivo o sensor que está operando normalmente. La determinación con respecto a propiedades transitorias puede incluir, pero sin limitación, el uso de FIR (Respuesta Finita al Impulso), IIR (Respuesta Infinita al Impulso), u otro filtro basado en memoria; un filtro no lineal; o análisis estadístico u otros algoritmos.

(b) Estados de acomodación de visión - en algunas realizaciones, el detector de integridad de sistema detectará acomodación de visión, y detectará la producción de valores de acomodación incorrectos mediante algoritmos u operaciones. Valores de acomodación incorrectos pueden incluir valores de acomodación que fluctúan o varían rápidamente, o que no deberían producirse en condiciones de funcionamiento normales. Entre otros problemas potenciales, valores de acomodación incorrectos pueden producirse si la calibración del dispositivo de montaje ocular es incorrecta, tal como en circunstancias en las que los ajustes para el dispositivo se corrompen.

(c) Problemas eléctricos y de potencia - en algunas realizaciones, el detector de integridad de sistema detectará problemas eléctricos y de potencia. En algunas realizaciones, problemas incluyen pérdida de potencia tal como un problema de batería, uso de potencia alto que puede requerir que se apague, tensiones o corrientes fuera de intervalos válidos y otras condiciones eléctricas y de potencia.

En algunas realizaciones, detección de problemas eléctricos y de potencia incluye detección de problemas con respecto a propiedades eléctricas transitorias. Si las propiedades eléctricas transitorias de la óptica de acomodación con el paso del tiempo se mueven de forma extraña, esto puede indicar degradación de la óptica y, por lo tanto, debería resultar en un fallo de seguridad contra fallos en una distancia focal de seguridad contra fallos, tal como configuración de campo lejano. La determinación con respecto a propiedades transitorias puede incluir, pero sin limitación, uso de FIR, IIR u otro filtro basado en memoria; un filtro no lineal; o análisis estadístico u otros algoritmos.

En algunas realizaciones, un dispositivo incluye una bandera de recuperación de caída de tensión. En algunas realizaciones, si el chip tiene una caída de tensión con condiciones de potencia baja, y a continuación se recupera, el dispositivo puede establecer una bandera a enviar a la lógica que se retira de la batería para señalar cuando el chip está "íntegro y listo para trabajar."

(2) Condición de temporización - en algunas realizaciones, la lógica o subsistema de seguridad contra fallos puede supervisar una o más condiciones de temporización que son indicativas de un problema de sistema. En un ejemplo, el detector de integridad de sistema puede detectar que un usuario no ha parpadeado en una cierta cantidad de tiempo, que puede indicar un fallo de sensor o, si cualquiera de las entradas de múltiples bits o analógicas del supervisor de integridad de sistema de la pluralidad de sensores que alimentan el mismo permanecen en el mismo valor durante demasiado tiempo de un periodo de tiempo, ese comportamiento puede significar un fallo en ciertas circunstancias.

(3) Orden de seguridad contra fallos - en algunas realizaciones, el subsistema de seguridad contra fallos incluye adicionalmente una o más órdenes de seguridad contra fallos para dirigir el dispositivo de montaje ocular para conmutar directamente al modo de seguridad contra fallos, conmutando de este modo a un funcionamiento de distancia focal de seguridad contra fallos e ignorando determinaciones de algoritmo. En algunas realizaciones, se proporciona un proceso que anula el modo de acomodación actual, que puede ser un modo de acomodación automático, un modo de acomodación bloqueado que proporciona acomodación de campo cercano o campo lejano y que se mueve al modo de seguridad contra fallos. En algunas realizaciones, una orden de seguridad contra fallos permite que un usuario, que puede determinar que el dispositivo de montaje ocular se está operando potencialmente de forma inapropiada, conmute del modo de acomodación actual al modo de seguridad contra fallos proporcionando una orden de anulación manual.

En algunas realizaciones, una orden de seguridad contra fallos puede incluir pero sin limitación:

(a) Una orden de entrada de usuario desde un usuario en el funcionamiento del dispositivo de montaje ocular, tal como, por ejemplo, un patrón de parpadeo de usuario que incluye, por ejemplo, parpadear un cierto número de veces en una cierta cantidad de tiempo. En algunas realizaciones, un patrón de parpadeo puede detectarse mediante uno o más sensores, tal como, pero sin limitación, sensor capacitivo, sensor de luz de fotodiodo (PD), sensor de presión, sensor de presión, sensor de conductividad o sensor de temperatura. En algunas realizaciones, un dispositivo de montaje ocular incluye circuitería de detector de parpadeo separada para permitir el funcionamiento cuando otra circuitería falla, y puede incluir una conexión de potencia separada para, por ejemplo, retirar la batería directamente.

De manera similar, una entrada de usuario puede incluir otro contacto, tal como una señal en una presión o sensor de presión o mecanismo similar hecho tocando en el ojo (o en un párpado cerrado) para ejercer la presión o sensor de presión.

(b) Una señal de radio desde un dispositivo externo, tal como a lector dispositivo, para comunicar con el dispositivo de montaje ocular, en el que el dispositivo externo puede incluir un dispositivo portátil, teléfono inteligente, comunicadores de radio de montaje en cabeza/ambiental u otro dispositivo.

(c) Una señal de luz visible o no visible (tal como infrarroja) dirigida al dispositivo de montaje ocular.

(4) Establecer una Distancia Focal de Seguridad contra fallos en Inicialización o Reinicio - en algunas realizaciones, el dispositivo de montaje ocular incluye lógica para bloquear la acomodación en una distancia focal de seguridad contra fallos por defecto inicial tras la inicialización o reinicio del dispositivo, en el que la lógica no libera el bloqueo de establecimiento hasta que el dispositivo completa una comprobación de integridad. De esta manera, el dispositivo iniciará en la distancia focal de seguridad contra fallos por defecto tras inicializar o reiniciar el dispositivo de montaje ocular, incluyendo un reinicio del dispositivo de montaje ocular.

(5) Características por Defecto de Distancia Focal de Seguridad contra fallos - en algunas realizaciones, un dispositivo de montaje ocular incluye una o más características para garantizar que la óptica del dispositivo de montaje ocular vuelve a la distancia focal de seguridad contra fallos para todas las ópticas alimentadas (óptica difractada de cristal líquido, óptica de electrohumección, óptica basada en MEMS/accionador físico u otra óptica) cuando no se aplica potencia o tensión a tales ópticas. Dicho de otra forma, las ópticas se configuran de tal forma que es estado de reposo de las ópticas sin estimulación es una distancia focal de seguridad contra fallos, tal como un estado de campo lejano. En esta cuestión, si existe una pérdida de potencia de tal forma que no se aplica potencia o tensión a las ópticas, las ópticas se situarán automáticamente en visión de distancia focal de seguridad contra fallos.

En un ejemplo particular, una célula de cristal líquido puede configurarse para estar en el estado de distancia focal de seguridad contra fallos cuando no se aplica accionamiento a la misma. Por lo tanto, si la batería se agota o existe de otra manera un fallo de potencia, la óptica de acomodación entra en el modo de seguridad contra fallos, en el que la óptica de acomodación se establece a la distancia focal de seguridad contra fallos.

En ciertas implementaciones, una óptica puede ser bi-estable (o más generalmente multi-estable), indicando que las ópticas están estables en dos (o más) estados, y permanecerán en el estado actual si no se aplica ningún estímulo a la óptica. En algunas realizaciones, una lente incluye un estímulo de respaldo para habilitar la vuelta de la óptica a un estado de distancia focal de seguridad contra fallos tras la pérdida de potencia. En algunas realizaciones, el estímulo de respaldo puede incluir una carga desde un condensador que se aplica a la óptica en circunstancias en las que la lente está en un estado de campo cercano (u otro estado no de seguridad contra fallos) y existe una pérdida de potencia.

En algunas realizaciones, un dispositivo de montaje ocular fallará en un modo de seguridad contra fallos que incluye una orden para bloquear en la distancia focal de seguridad contra fallos. De esta manera, tras volver a funcionar el

dispositivo de montaje ocular, el dispositivo se establece para permanecer en el estado de distancia focal de seguridad contra fallos.

5 En algunas realizaciones, un dispositivo de montaje ocular incluye una configuración por defecto inicial, el dispositivo iniciará en la configuración por defecto tras inicializar el dispositivo de montaje ocular. En algunas realizaciones, la configuración por defecto inicial bloqueará el dispositivo de montaje ocular en la misma configuración como el modo de seguridad contra fallos, siendo tal configuración la distancia focal de seguridad contra fallos. De esta manera, además del funcionamiento del dispositivo de montaje ocular en una condición de fallo, la configuración por defecto inicial asegura que el dispositivo permanece en el modo de seguridad contra fallos en un reinicio del dispositivo de montaje ocular.

15 **La Figura 2** es un diagrama de bloques para ilustrar un dispositivo de montaje ocular que incluye una lógica o subsistema de seguridad contra fallos de acuerdo con una realización. La Figura 2 se concibe para ilustrar aspectos particulares de un dispositivo de montaje ocular 200 en conexión con funcionamiento de seguridad contra fallos, y tal figura no incluye todos los elementos del dispositivo 200.

20 En algunas realizaciones, el dispositivo de montaje ocular 200 incluye una lógica o subsistema de seguridad contra fallos 210, que puede ser el subsistema de seguridad contra fallos 117 ilustrado en la Figura 1. Mientras los elementos de la lógica de seguridad contra fallos 210 se ilustran juntos para propósito de ilustración en la Figura 2, tales elementos no se ubican necesariamente en una misma ubicación dentro del dispositivo y pueden no estar física o eléctricamente conectados.

25 En algunas realizaciones, la lógica de seguridad contra fallos 210 incluye un detector de integridad de sistema para supervisar indicadores operacionales para el dispositivo 200, que puede incluir supervisar múltiples sensores 220, supervisar el funcionamiento de la lógica de acomodación 225 y supervisar diversos valores eléctricos y de potencia, que puede incluir supervisar un circuito de detección analógico 230. En algunas realizaciones, el circuito de detección analógico 230 puede activarse cuando tensiones de suministro caen por debajo de algún umbral (significando caída de tensión de chip).

30 En algunas realizaciones, la lógica de seguridad contra fallos 210 incluye una lógica de orden de seguridad contra fallos 214 para recibir órdenes a través de un receptor o sensor 235 para transferir el dispositivo 200 a un modo de seguridad contra fallos. En algunas realizaciones, la lógica de orden de seguridad contra fallos puede separarse de cualquier lógica de orden normal para el dispositivo. En algunas realizaciones, una orden desde un usuario (tal como una orden manual) o desde un lector (tal como una orden inalámbrica), en la que el lector puede ser el lector 105 ilustrado en la Figura 1.

40 En algunas realizaciones, la lógica de seguridad contra fallos incluye una lógica de inicialización 216 que provoca que la acomodación para la óptica 240 se bloquee en la configuración de distancia focal de seguridad contra fallos (que puede ser, pero sin limitación, un estado de campo lejano) tras cualquier inicialización o reinicio del dispositivo 200, y para mantener la acomodación en el estado bloqueado hasta que se pasa satisfactoriamente una comprobación de integridad para el dispositivo.

45 **La Figura 3** es un diagrama de flujo para ilustrar un proceso de seguridad contra fallos para un dispositivo de montaje ocular de acuerdo con una realización. En algunas realizaciones, un proceso de seguridad contra fallos 300 incluye, tras el comienzo del funcionamiento o reinicio del dispositivo de montaje ocular 302, entrar en configuración inicial que incluye bloqueo de la óptica del dispositivo a una distancia focal de seguridad contra fallos 304. A continuación se realiza una comprobación de integridad inicial para el dispositivo de montaje ocular 306.

50 En algunas realizaciones, tras un fallo de la comprobación de integridad inicial 308 el dispositivo de montaje ocular entrará en un modo de seguridad contra fallos, en el que la acomodación para el dispositivo óptica se establece a un estado de distancia focal de seguridad contra fallos 320. En algunas realizaciones, la distancia focal de seguridad contra fallos es una configuración de campo lejano. En algunas realizaciones, tras pasar la comprobación de integridad inicial 308, el dispositivo entra en funcionamiento de acomodación 310, en el que las ópticas del dispositivo se modifican automáticamente basándose en condiciones actuales, como se describe con respecto a la Figura 1.

60 En algunas realizaciones, tras entrar en el funcionamiento de acomodación 310, el dispositivo se somete a una o más operaciones de seguridad contra fallos. Tales operaciones pueden operar simultáneamente o en cualquier orden. En algunas realizaciones, el dispositivo puede entrar el modo de seguridad contra fallos 320 tras la ocurrencia de uno o más de los siguientes:

- (1) Detectarse uno o más valor de sensor, resultado de acomodación o problemas eléctricos o de potencia 312.
- (2) Una condición de temporización, que puede indicar problemas de funcionamiento potenciales 314.
- (3) Recepción de entrar en modo de seguridad contra fallos (entrar-FS) desde un usuario o desde un dispositivo de lector que se comunica con el dispositivo de montaje ocular 316.

En algunas realizaciones, si el funcionamiento del dispositivo es recuperable, el dispositivo permanecerá en el modo de seguridad contra fallos 320, hasta, por ejemplo, recibir una orden para salir del modo de seguridad contra fallos (salir-FS) 324 (si se entró en el modo de seguridad contra fallos basándose en una orden de entrar en modo de seguridad contra fallos 322 anterior) y pasar una comprobación de integridad 326, en el que el proceso puede volver a continuación al modo de acomodación 310. En algunas realizaciones, el proceso puede permanecer como alternativa en el modo de seguridad contra fallos 320 hasta que el dispositivo se reinicia o apaga, y puede continuar con el funcionamiento de comienzo o proceso de reinicio 302.

Además, en cualquier punto en el funcionamiento, tras un fallo de potencia 330, tal como una pérdida de potencia completa para el dispositivo, las ópticas del dispositivo entran a continuación en un estado sin potencia por defecto, en el que el estado por defecto para las ópticas es una configuración de distancia focal de seguridad contra fallos 332.

La Figura 4A y la Figura 4B ilustran dos vistas de un dispositivo de montaje ocular 400, de acuerdo con una realización de la divulgación. La Figura 4A es una vista superior de dispositivo de montaje ocular 400 mientras la Figura 4B es una vista en perspectiva del mismo. El dispositivo de montaje ocular 400 es una implementación posible del dispositivo de montaje ocular 100 ilustrado en la Figura 1. En algunas realizaciones, el dispositivo de montaje ocular 400 incluye una lógica o subsistema de seguridad contra fallos tal como se ilustra como el subsistema de seguridad contra fallos 117 en la Figura 1 o lógica o subsistema de seguridad contra fallos 210 en la Figura 2.

La realización ilustrada de dispositivo de montaje ocular 400 incluye una carcasa de lente flexible 410, un sustrato de anillo 415, una fuente de alimentación 420, un controlador 425, un accionador de acomodación 430, un sistema de sensor capacitivo 435 y una antena 440. Debería apreciarse que las Figuras 4A y 4B no necesariamente se han dibujado a escala, sino que se han ilustrado para fines de explicación únicamente en la descripción de la disposición del dispositivo de montaje ocular de ejemplo 400.

La carcasa de lente flexible 410 de dispositivo de montaje ocular 400 se conforma como un disco curvado. La carcasa de lente flexible 410 se forma con un lado teniendo una superficie cóncava 411 adecuada para ajustarse sobre una superficie corneal de un ojo. El lado opuesto del disco tiene una superficie convexa 412 que no interfiere con el movimiento de párpado mientras el dispositivo de montaje ocular 400 se monta en el ojo. En la realización ilustrada, un borde de lado exterior circular u ovalado 413 conecta la superficie cóncava 411 y superficie convexa 412.

El dispositivo de montaje ocular 400 puede tener dimensiones similares a lentes de contacto de corrección de la visión y/o cosméticas, tal como un diámetro de aproximadamente 1 centímetro, y un grosor de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,5 milímetros. Sin embargo, los valores de diámetro y grosor se proporcionan para fines explicativos únicamente. En algunas realizaciones, las dimensiones del dispositivo de montaje ocular 400 pueden seleccionarse de acuerdo con el tamaño y/o forma de la superficie corneal del ojo del portador. La carcasa de lente flexible 410 puede formarse con una forma curvada en diversas formas. Por ejemplo, pueden emplearse técnicas similares a las empleadas para formar lentes de contacto de corrección de la visión, tal como moldeado térmico, moldeado por inyección, moldeado por centrifugado, etc., para formar carcasa de lente flexible 410.

El sustrato de anillo 415 se embebe dentro de carcasa de lente flexible 410. El sustrato de anillo 415 puede embeberse para situarse a lo largo de la periferia exterior de carcasa de lente flexible 410, alejado de la región central en la que se coloca el accionador de acomodación 430. En la realización ilustrada, el sustrato de anillo 415 rodea el accionador de acomodación 430. El sustrato de anillo 415 no interfiere con la visión porque está demasiado cerca del ojo para estar en enfoque y se coloca alejado de la región central en la que se transmite la luz incidente a las porciones de detección de luz del ojo. En algunas realizaciones, el sustrato de anillo 415 puede opcionalmente formarse de un material transparente para mitigar adicionalmente los efectos en la percepción visual. El sustrato de anillo 415 puede conformarse como un anillo circular plano (por ejemplo, un disco con un agujero centrado). La superficie plana del sustrato de anillo 415 (por ejemplo, a lo largo del grosor radial) es una plataforma para montar electrónica y para modelar materiales conductores para formar electrodos, antena o antenas y/o interconexiones.

El sistema de sensor capacitivo 435 se distribuye alrededor del dispositivo de montaje ocular 400 para detectar solapamiento de párpado de una manera similar a pantallas táctiles capacitivas. Supervisando la cantidad y posición de solapamiento de párpado, pueden medirse señales de realimentación desde el sistema de sensor capacitivo 435 mediante el controlador 425 para determinar la dirección de mirada aproximada y/o distancia focal. En la realización ilustrada, el sistema de sensor capacitivo 435 se forma mediante una serie de elementos capacitivos discretos acoplados paralelos. Pueden usarse otras implementaciones.

El accionador de acomodación 430 se coloca centralmente dentro de la carcasa de lente flexible 410 para afectar la potencia óptica de dispositivo de montaje ocular 400 en el centro de visión del usuario. En diversas realizaciones, el accionador de acomodación 430 incluye un elemento que cambia su índice de refracción bajo la influencia de electrodos conductores flexibles manipulados por el controlador 425. Cambiando su índice de refracción, se altera la potencia óptica neta de las superficies de dispositivo de montaje ocular curvadas 400, aplicando de este modo

acomodación controlable. El accionador de acomodación 430 puede implementarse usando diversos elementos optoelectrónicos diferentes. Por ejemplo, el accionador de acomodación 430 puede implementarse usando una capa de cristal líquido (por ejemplo, una célula de cristal líquido) dispuesta en el centro de carcasa de lente flexible 410. En otras realizaciones, el accionador de acomodación 430 puede implementarse usando otros tipos de materiales ópticos electro-activos tal como materiales electro-ópticos que varían el índice de refracción en la presencia de un campo eléctrico aplicado. El accionador de acomodación 430 puede ser un dispositivo distinto embebido dentro del material de carcasa 410 (por ejemplo, célula de cristal líquido), o un material volumétrico que tiene índice de refracción controlable. En otra realización más, el accionador de acomodación 430 puede implementarse usando una estructura de lente deformable que cambia de forma bajo la influencia de una señal eléctrica. Por consiguiente, la potencia óptica de dispositivo de montaje ocular 400 se controla mediante el controlador 425 con la aplicación de señales eléctricas a través de uno o más electrodos que se extienden desde el controlador 425 hasta el accionador de acomodación 430.

La anterior descripción de realizaciones ilustradas de la invención, incluyendo lo que se describe en el Resumen, no pretende ser exhaustiva o limitar la invención a las formas precisas descritas. Mientras realizaciones específicas de, y ejemplos para, la invención se describen en este documento para propósitos de ilustración, son posibles diversas modificaciones dentro del alcance de la invención, como reconocerán los expertos en la materia.

Estas modificaciones pueden hacerse a la invención a la vista de la anterior descripción detallada. Los términos usados en las siguientes reivindicaciones no debería interpretarse para limitar la invención a las realizaciones específicas divulgadas en la memoria descriptiva. En su lugar, el alcance de la invención se determinará en su totalidad por las siguientes reivindicaciones, que se interpretarán de acuerdo con doctrinas establecidas de la interpretación de reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de montaje ocular (100, 200, 400), que comprende:
- 5 una lente óptica (110, 410);
un accionador de acomodación (130, 430) configurado para proporcionar acomodación de visión para la lente óptica;
un controlador (125, 425) que incluye una lógica de acomodación (175, 225) configurada para seleccionar una de una pluralidad de estados de acomodación de visión para el dispositivo, incluyendo la pluralidad de estados de acomodación de visión al menos una distancia focal de seguridad contra fallos; y
- 10 un subsistema de seguridad contra fallos (117, 210) que incluye:

un detector de integridad de sistema (212), el detector de integridad de sistema configurado para supervisar uno o más indicadores operacionales para identificar una o más condiciones de fallo del dispositivo; y
- 15 en donde el subsistema de seguridad contra fallos está configurado para provocar que el dispositivo pase a un modo de seguridad contra fallos después de que el subsistema de seguridad contra fallos identifique una condición de fallo para el dispositivo, en donde el modo de seguridad contra fallos incluye establecer el estado de acomodación de visión para ser la distancia focal de seguridad contra fallos;
en donde la supervisión de uno o más indicadores operacionales incluye supervisar valores de sensores, y en donde se detecta una condición de fallo si uno o más valores de sensores de cada uno de uno o más sensores (135, 220, 235, 435) durante un periodo de tiempo predeterminado están fuera de un intervalo predeterminado para cada del uno o más sensores.
2. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la distancia focal de seguridad contra fallos es un estado de visión
- 25 lejana.
3. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la supervisión de uno o más indicadores operacionales por el detector de integridad de sistema incluye supervisar resultados de acomodación de visión para el dispositivo, en donde se detecta una condición de fallo si los resultados de acomodación de visión son incorrectos.
- 30 4. El dispositivo de la reivindicación 3, en el que los resultados de acomodación de visión son incorrectos cuando los estados de acomodación de visión seleccionados por la lógica de acomodación se consideran que varían rápidamente.
- 35 5. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la supervisión de uno o más indicadores operacionales por el detector de integridad de sistema incluye supervisar problemas eléctricos o de potencia, y en donde se detecta una condición de fallo si una o más propiedades eléctricas o de potencia para el dispositivo están fuera de intervalos válidos.
- 40 6. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el subsistema de seguridad contra fallos incluye lógica configurada para supervisar una condición de temporización, en donde el subsistema de seguridad contra fallos está configurado para pasar el dispositivo al modo de seguridad contra fallos tras determinar que se ha producido una condición de temporización.
- 45 7. El dispositivo de la reivindicación 6, en el que determinar que se ha producido una condición de temporización comprende detectar que un usuario del dispositivo no ha parpadeado durante un periodo de tiempo.
8. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el subsistema de seguridad contra fallos incluye una lógica de orden de seguridad contra fallos (214) configurada para recibir una orden de seguridad contra fallos para el dispositivo, en donde el subsistema de seguridad contra fallos está configurado para pasar el dispositivo al modo de seguridad contra fallos tras recibir una orden de seguridad contra fallos.
- 50 9. El dispositivo de la reivindicación 8, en el que la orden de seguridad contra fallos comprende una orden de entrada de usuario de un usuario del dispositivo, en donde la orden de entrada de usuario comprende un patrón de parpadeo de un usuario del dispositivo.
- 55 10. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el subsistema de seguridad contra fallos incluye una lógica de inicialización (216) configurada para provocar que el estado de acomodación de visión se establezca a la distancia focal de seguridad contra fallos tras la inicialización o reinicio del dispositivo.
- 60 11. El dispositivo de la reivindicación 10, en el que la lógica de inicialización está configurada para bloquear el estado de acomodación de visión en la distancia focal de seguridad contra fallos tras la inicialización o reinicio del dispositivo hasta que se cumplan una o más condiciones.
- 65 12. El dispositivo de la reivindicación 11, en el que la una o más condiciones comprenden:

recibir una orden positiva para salir del modo de seguridad contra fallos;
esperar durante un cierto periodo de tiempo; o
completar satisfactoriamente una comprobación de integridad del dispositivo.

- 5 13. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el dispositivo comprende una fuente de alimentación (120, 420) y un estado por defecto para la lente óptica es la distancia focal de seguridad contra fallos, en donde la lente óptica está configurada para pasar a la distancia focal de seguridad contra fallos tras una pérdida de la potencia al dispositivo.
- 10 14. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el subsistema de seguridad contra fallos está configurado para anular la lógica de acomodación para mantener el dispositivo en el modo de seguridad contra fallos tras detectar una condición de fallo.
- 15 15. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el subsistema de seguridad contra fallos está configurado para anular la lógica de acomodación para pasar el dispositivo del modo de acomodación actual al modo de seguridad contra fallos tras detectar una condición de fallo.
- 20 16. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el uno o más sensores del subsistema de seguridad contra fallos incluyen al menos uno de: un sensor de funcionamiento acoplado al accionador de acomodación, un sensor capacitivo, un sensor de impedancia, un fotodiodo, un sensor de conductividad, un sensor de temperatura, un sensor de presión, un sensor inercial, un detector de tensión o un detector de corriente.
- 25 17. El dispositivo de la reivindicación 5, que comprende adicionalmente:
una batería (165) acoplada a uno o más componentes del dispositivo de montaje ocular para proporcionar una fuente de alimentación al uno o más componentes del dispositivo de montaje ocular.
- 30 18. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
una batería acoplada al accionador de acomodación para alimentar el accionador de acomodación; y
un sensor acoplado a la batería para medir una tensión o una corriente de la batería, en donde la tensión o la corriente corresponde a un indicador operacional.
- 35 19. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el dispositivo de montaje ocular incluye un circuito de detección analógico (230) acoplado a uno o más componentes del dispositivo de montaje ocular, y en donde el detector de integridad de sistema realiza operaciones adicionales que incluyen:
supervisar una tensión de suministro del uno o más componentes, en donde la tensión de suministro corresponde a un indicador operacional; e
40 identificar una caída de tensión del uno o más componentes en respuesta a la tensión de suministro que cae por debajo de un primer umbral, en donde la caída de tensión es indicativa de que se detecta una condición de fallo.
- 45 20. Un método para proporcionar un funcionamiento de seguridad contra fallos para un dispositivo de montaje ocular (100, 200, 400) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, que comprende:
proporcionar acomodación de visión para la lente óptica, incluyendo seleccionar uno de la pluralidad de estados de acomodación de visión para el dispositivo;
supervisar uno o más indicadores operacionales para el dispositivo;
50 tras detectar una condición de fallo para el dispositivo, pasar el dispositivo al modo de seguridad contra fallos, incluyendo el modo de seguridad contra fallos establecer la distancia focal de seguridad contra fallos para el estado de acomodación de visión; y
en donde la supervisión de uno o más indicadores de funcionamiento incluye supervisar valores de sensores, y en donde se detecta una condición de fallo si uno o más valores de sensores de cada uno de uno o más sensores (135, 220, 235, 435) durante el periodo de tiempo predeterminado están fuera del intervalo predeterminado para cada uno del uno o más sensores.
- 55 21. El método de la reivindicación 20, que comprende adicionalmente:
inicializar o reiniciar el dispositivo (302);
60 establecer el estado de acomodación de visión a la distancia focal de seguridad contra fallos (304);
realizar una comprobación de integridad para el dispositivo (306); y
tras completar satisfactoriamente la comprobación de integridad, proceder a la acomodación de visión para la lente óptica (310).

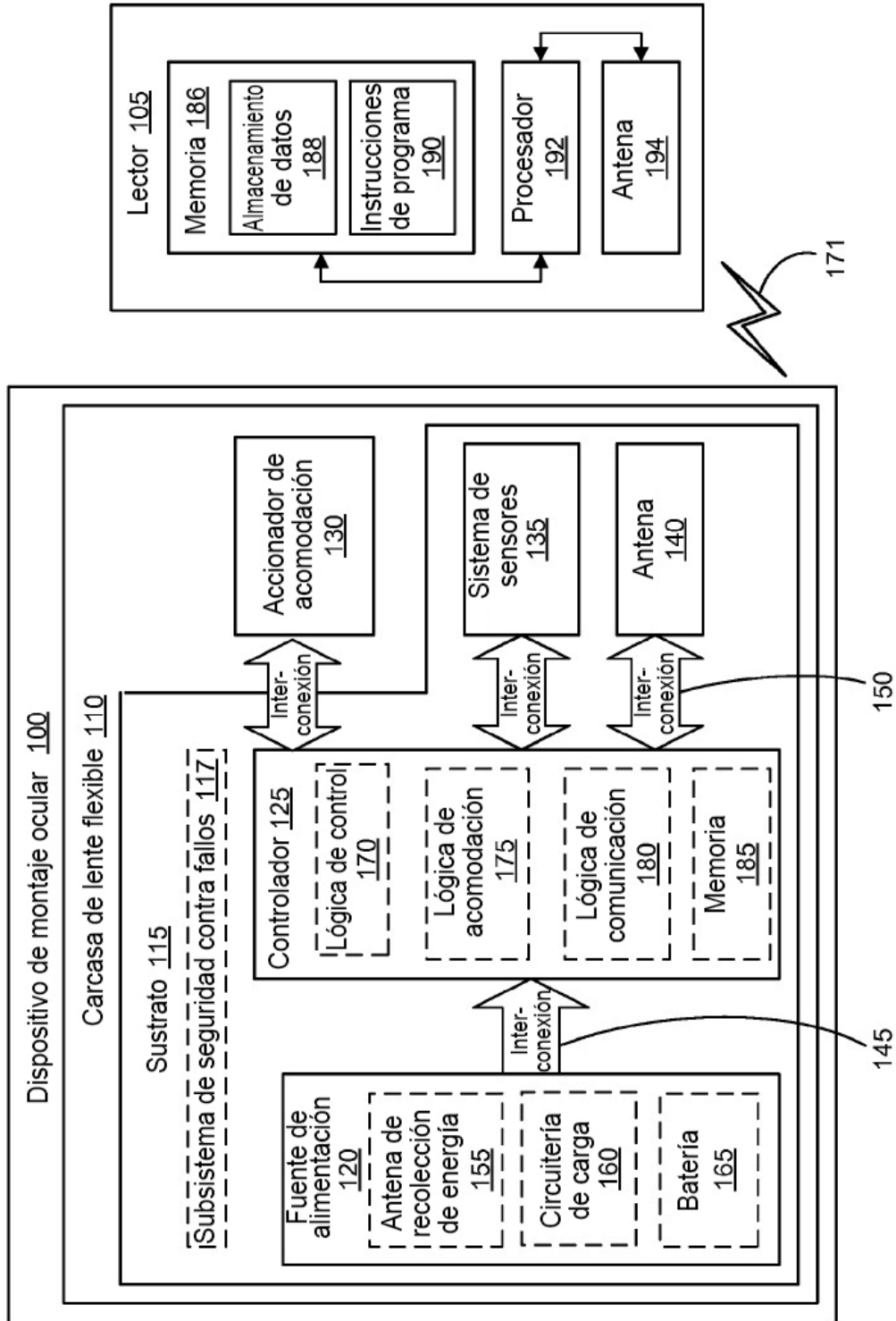


FIG. 1

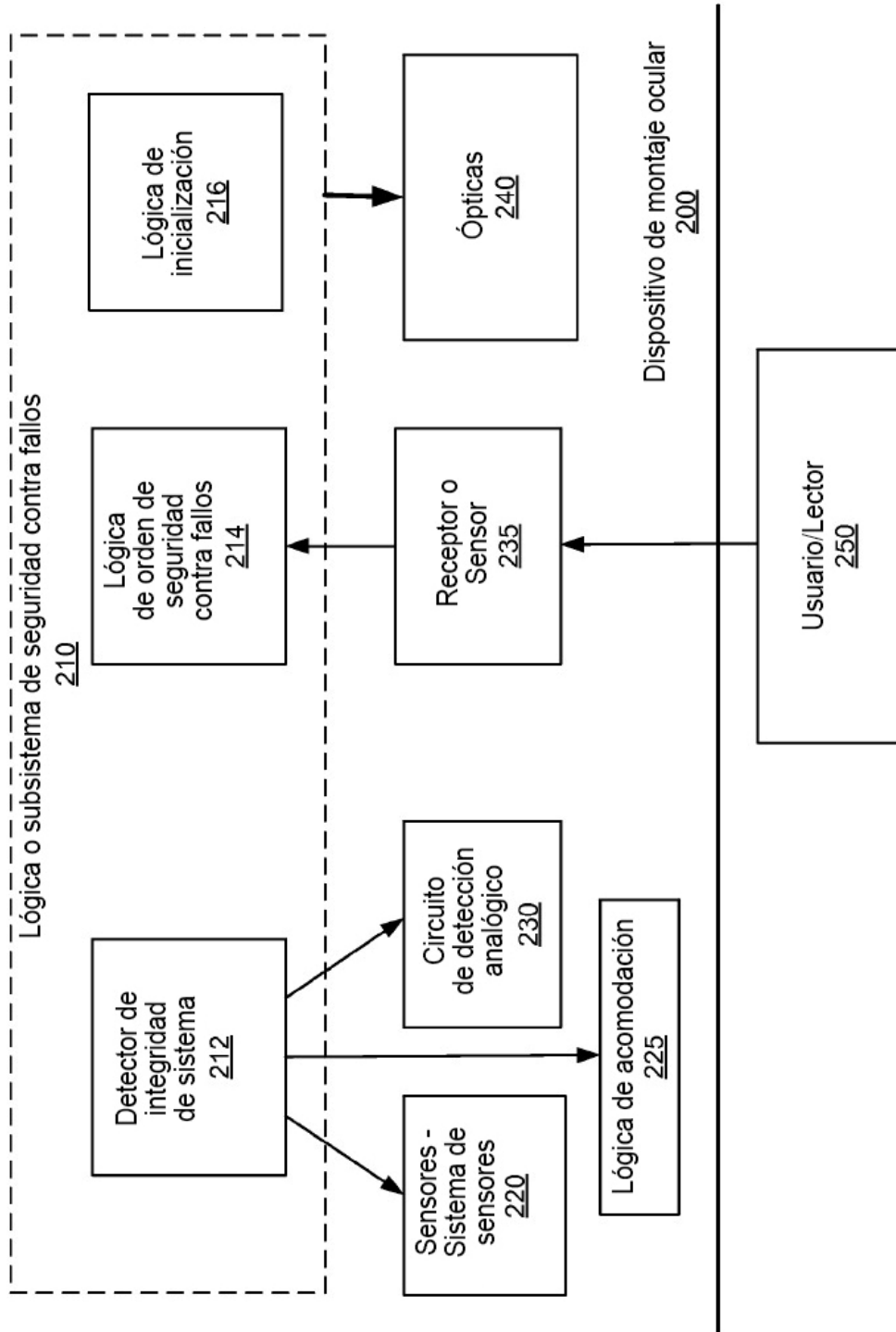
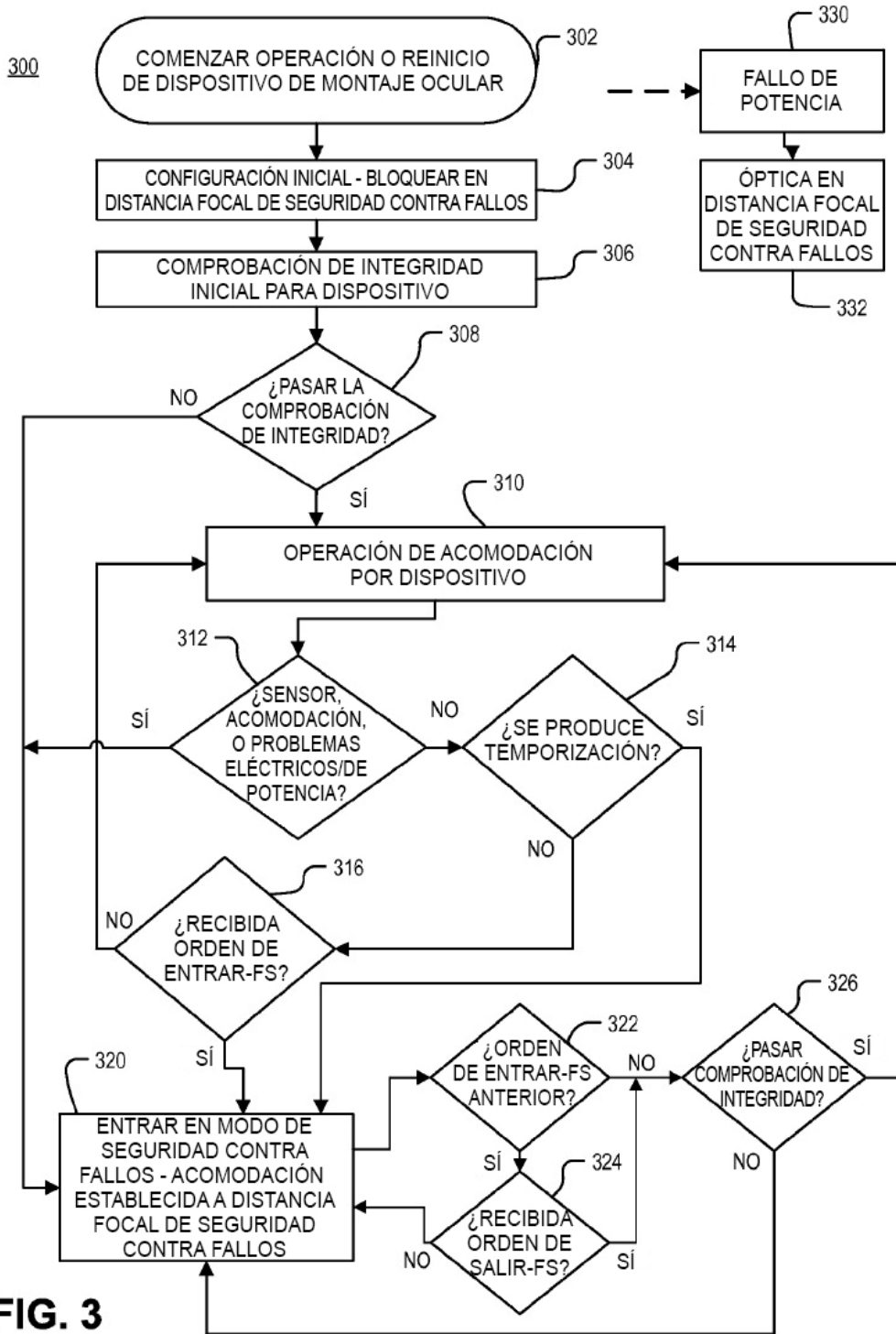


FIG. 2



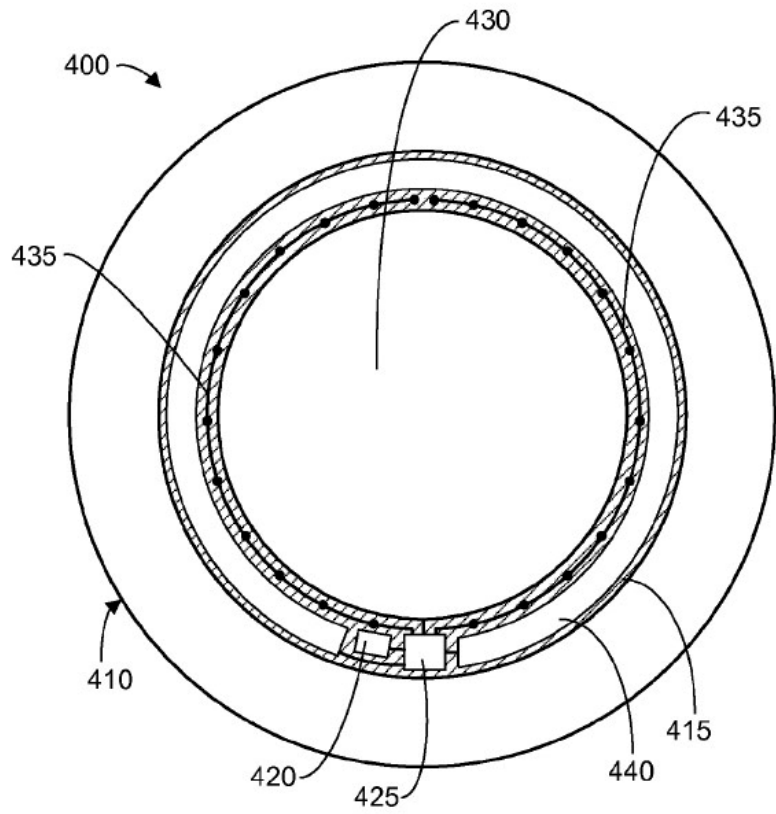


FIG. 4A

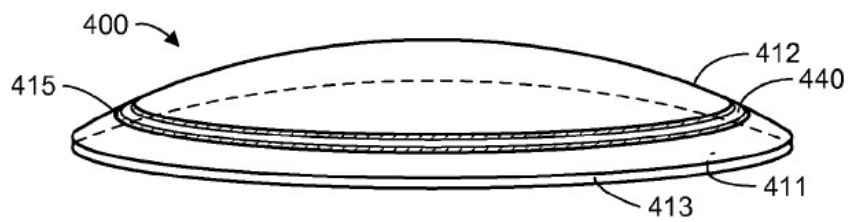


FIG. 4B