

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 845 403**

(51) Int. Cl.:
A61B 3/16
(2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.10.2012 PCT/US2012/060379**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2013 WO13062807**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.10.2012 E 12844514 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.12.2020 EP 2770906**

(54) Título: **Tonómetro de aplanación**

(30) Prioridad:

28.10.2011 US 201113284022

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.07.2021

(73) Titular/es:

**LIGHTTOUCH, LLC (100.0%)
600 City Parkway West, Suite 650
Orange, CA 92868, US**

(72) Inventor/es:

**MAGGIANO, JOHN, M.;
MAURATH, STEVEN, E. y
MOEWE, MICHAEL**

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PESES, Gustavo Adolfo

ES 2 845 403 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

Tonómetro de aplanación

Antecedentes de la invención**1. Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un tonómetro de aplanación para proporcionar una medición de la presión del líquido intraocular (IOP) dentro del ojo de un paciente humano o animal. El tonómetro de aplanación divulgado en la presente memoria tiene medios que responden tanto a la fuerza de contacto del tonómetro contra la córnea como al área de contacto táctil del tonómetro con la córnea para que se recopilen datos de fuerza y área emparejados, por lo que la IOP se puede medir con precisión con un tiempo de permanencia mínimo sobre la córnea y molestias para el paciente.

10 2. Técnica antecedente

Un tonómetro es un instrumento no invasivo que se ha utilizado hasta ahora para medir la presión o la tensión en tejidos humanos o veterinarios. En el cuerpo humano, la presión del líquido intraocular en el ojo (IOP) se mide para proporcionar información básica para el diagnóstico y tratamiento del glaucoma y enfermedades oculares relacionadas.

15 La facilidad de aplicación, la precisión y la esterilización de un tonómetro son fundamentales en las aplicaciones médicas. Un instrumento que se sabe que proporciona una alta precisión. La medición de la IOP es el tonómetro de aplanación de Goldmann (GAT). Una base cuasi científica para adquirir mediciones precisas de IOP se conoce como el principio de Imbert-Fick. De acuerdo con este principio, la IOP se determina mediante el cálculo de la fuerza de contacto aplicada por una punta del GAT contra la córnea dividida por el área de contacto. Es decir, la determinación de la IOP con el GAT se basa en que la punta de contacto cubre un área de aplanación hasta un diámetro fijo de 3,06 mm. La fuerza aplicada necesaria para alcanzar el área de aplanación requerida se ajusta manualmente por el médico o técnico. Debido a que el tiempo de permanencia de la punta de contacto en la córnea se mide típicamente en segundos, es necesaria una anestesia tópica para el ojo. Las mediciones de fuerza y área realizadas por el GAT después de múltiples contactos táctiles con córneas de ojos con un rango de IOP forman la base de una inferencia de IOP derivada de un nomograma con respecto a una compilación de mediciones directas con cánula de una población de ojos de animales y humanos.

30 En ocasiones, las partes móviles del GAT pueden atascarse, lo que puede interferir con la eficacia de la prueba de IOP. Además, el tiempo de permanencia relativamente largo necesario para que la punta de contacto se presione correctamente contra la córnea y la necesidad de aplicar una anestesia tópica como resultado de ello puede aumentar la incomodidad del paciente y la preocupación sobre la seguridad del tejido. En este mismo sentido, sería preferible limitar la adquisición de datos a un solo toque ligero en la mayoría de los casos mientras se proporciona una confirmación instantánea al profesional de la salud de una prueba de presión exitosa o no exitosa del ojo de un paciente.

35 El documento US 5,203,331 A divulga que en la carcasa de un tonómetro se dispone un soporte para la frente que puede desplazarse contra la fuerza de un resorte y que puede bloquearse rígidamente en la carcasa en una posición determinada mediante un diente de bloqueo que encaja en una muesca. Mediante un motor lineal, se puede desplazar un cuerpo de medición hacia el ojo para medir en la forma conocida la presión intraocular. El resultado de la medición se almacena e indica en una pantalla. Debido al soporte estable del tonómetro por medio del apoyo de la frente y un control completamente automático del procedimiento de medición, el tonómetro puede servir para la autotonometría, es decir por la persona experimentada, respectivamente, el paciente puede proceder a medir su propia presión intraocular sin ninguna ayuda del exterior. Por este motivo, la medición puede realizarse sin gastos importantes, con relativa frecuencia y en cualquier momento, lo que garantiza un diagnóstico fiable.

40 El documento US 5,190,042 A divulga que para determinar la presión intraocular con un tonómetro en el que un prisma de medición presiona contra el ojo humano con una fuerza dada y se establece una relación correspondiente entre la fuerza y el área aplanada por lo tanto, se propone que una pluralidad de valores medidos de la fuerza y el área aplanada, cada una asociada con la otra, se determinarán por unidad de tiempo durante el curso de un aumento continuo de la presión por medio del movimiento motorizado y del resorte pretensado del prisma de medición y se procesará en la forma de un curva de tal manera que la presión intraocular se pueda determinar de forma diferente a la pluralidad de valores medidos.

45 50 El documento CN 1158239 A divulga un oftalmotonómetro para medir la presión intraocular, teniendo el tonómetro un divisor de haz.

Sumario de la invención

55 En términos generales, es divulgado un tonómetro de aplanación sin partes móviles de acuerdo con la realización preferente para proporcionar una medición precisa de la presión del líquido intraocular(IOP) dentro de un ojo humano o animal con el fin de tener información disponible para el diagnóstico y tratamiento del glaucoma y otros problemas

de salud ocular. De acuerdo con la presente invención, se proporciona un tonómetro de aplanación como se establece en la reivindicación 1. Las realizaciones preferentes de la presente invención se proporcionan mediante las reivindicaciones dependientes.

5 El conjunto de prismas del tonómetro de aplanación incluye un prisma cónico que se estrecha hasta una punta de contacto (por ejemplo, circular). La punta de contacto tiene un diámetro ideal de entre 1 y 8 mm. Enfrente de la punta de contacto del prisma hay un elemento piezoelectrónico que responde a la fuerza generada cuando la punta de contacto se presiona contra la córnea mientras se aproxima, durante y después de la saturación de la córnea y del aplanación total. Un anillo de luz que tiene un centro que absorbe la luz, un área exterior que absorbe la luz y un área que transmite la luz entre el centro que absorbe la luz y el área exterior está ubicado detrás de la punta de contacto del prisma para permitir que se transmitan los haces de luz entrantes y salientes hacia dentro a través del prisma y hacia afuera desde el prisma.

10 El módulo láser del tonómetro de aplanación incluye una fuente de luz (por ejemplo, un láser o un LED) que suministra haces de luz entrantes al prisma del conjunto de prismas por medio de un colimador, el módulo divisor de haz y el anillo de luz del conjunto de prismas. El módulo divisor de haz incluye un fotodiodo y una superficie reflectante interna que está alineada para reflejar los haces de luz salientes del fotodiodo que se reflejan internamente a través del prisma antes, durante y después del total aplanación. La intensidad de la luz detectada por el fotodiodo depende del área de la córnea que está cubierta por la punta de contacto cuando el prisma se presiona contra el ojo.

15 A medida que el tonómetro de aplanación se mueve hacia el ojo y la punta de contacto del prisma se presiona contra la córnea para lograr el aplanación, parte de la luz se desacopla de los haces de luz entrantes que se transmiten hacia dentro a través del prisma. La luz entrante que se desacopla se transmite a través de la punta de contacto del prisma y se pierde en el ojo. El desacoplamiento es el resultado de la fabricación del prisma cónico de modo que los haces de luz entrantes que se transmiten desde la fuente de luz del módulo láser a través del prisma se reflejen internamente en la punta de contacto del prisma para formar un ángulo de entre 20 y 27 grados con una pared ahusada del prisma. La luz restante que no está desacoplada se refleja internamente por y hacia afuera del prisma a través del anillo de 20 luz del conjunto de prismas y fuera de la superficie reflectante del conjunto divisor de haz para ser detectada por el fotodiodo. La salida del elemento piezoelectrónico y el fotodiodo proporcionan pares de datos de fuerza y área que se pueden mostrar, almacenar y procesar en el lugar de la prueba o de forma remota para proporcionar una medición de la IOP.

Breve descripción de los dibujos

25 La Figura 1 es una vista en perspectiva de un tonómetro de aplanación para medir la presión intraocular de acuerdo con una realización preferente de la presente invención;

la Figura 2 es una vista detallada del tonómetro de aplanación de la Figura 1;

la Figura 3 muestra el tonómetro de aplanación que ilustra las trayectorias a través del mismo de haces de luz entrantes y salientes reflejados internamente;

30 la Figura 4 muestra un anillo de luz a través del cual los haces de luz entrantes y reflejados de la Figura 3 se transmiten;

la Figura 5 ilustra la trayectoria de los haces de luz entrantes y reflejados con respecto a un prisma del tonómetro de aplanación cuando una punta de contacto del prisma está separada del ojo del paciente;

35 la Figura 6 ilustra la trayectoria de los haces de luz entrantes y reflejados con respecto al prisma cuando la punta de contacto del mismo se mueve en contacto con la córnea del ojo para lograr el aplanación;

40 la Figura 7 muestra representaciones lineales de las respuestas de voltaje de salida de un elemento piezoelectrónico y un fotodiodo del tonómetro de aplanación antes, durante y después del aplanación; y

la Figura 8 es un diagrama de bloques que es ilustrativo de medios para visualizar, almacenar y procesar datos de fuerza/de área derivados de las salidas del elemento piezoelectrónico y el fotodiodo del tonómetro de aplanación.

45 **Descripción de la realización preferente**

Con referencia inicialmente a las Figuras 1 y 2 de los dibujos, se muestra una realización preferente para un tonómetro de aplanación 1 sin partes móviles que está adaptado para proporcionar a los profesionales sanitarios una medida de la presión del líquido intraocular dentro del ojo de un paciente para ayudar en el diagnóstico de glaucoma y otros problemas de salud ocular como rigidez escleral. El tonómetro de aplanación 1 incluye un conjunto de prismas 3 en un extremo proximal del mismo; un módulo láser 5 en un extremo distal, y un módulo divisor de haz intermedio 7 que se encuentra entre ambos. El conjunto de prismas 3, el módulo divisor de haz 7 y el módulo láser 5 están alineados axialmente entre sí.

El conjunto de prismas 3 del tonómetro de aplanación 1 incluye un prisma cónico 9 (mostrado mejor en las Figuras 4 y 5) que está fabricado de vidrio, acrílico u otro material transmisor de luz adecuado. El extremo proximal del prisma

9 es plano para crear una punta de contacto circular 10 para que se mueva en contacto con la córnea del ojo de un paciente con un propósito que se explicará con mayor detalle a continuación. La punta de contacto circular 10 del prisma 9 tiene un diámetro ideal de 1-8 mm dependiendo de la aplicación de la prueba de presión para la que se emplee el tonómetro. El conjunto de prismas 3 incluye una armazón exterior 12 que rodea y soporta el prisma 9. Un par de anillos retenedores 14 y 16 se ubican delante de la armazón exterior 12 para mantener el prisma 9 en alineación axial con el módulo divisor de haz 7. Un anillo de retención 18 se ubica detrás de la armazón exterior 12 para rodear y proporcionar soporte adicional para el prisma 9. El conjunto de prismas 3 también incluye un anillo piezoelectrónico 19 que rodea un elemento sensible a la fuerza (por ejemplo, piezoelectrónico) (designado como 44 en la Figura 3).

5 El módulo divisor de haz 7 del tonómetro de aplanación 1, que se encuentra entre el conjunto de prismas 3 y el módulo láser 5, tiene un anillo de retención 20 y 22 ubicado en cada uno de sus extremos opuestos para rodear y soportar el módulo divisor de haz 7. Una abertura o cavidad 26 se extiende radialmente hacia el módulo divisor de haz 7 para recibir un fotodetector (como el fotodiodo designado como 64 en la Figura 3), de modo que el conjunto de prismas 3 y el fotodetector se mantendrán en alineación óptica uno con el otro.

10 Los anillos de retención 28 y 30 rodean y sostienen los extremos opuestos del módulo láser 5. El módulo láser 5 también tiene un anillo de alineación 32 y 34 en cada extremo del mismo que se encuentra dentro y adyacente a uno de los anillos de retención 28 y 30 para proporcionar autocentrado del módulo láser con respecto al módulo divisor de haz 7 y el conjunto de prismas 3. Los puertos de cables 36 y 38 están formados en los anillos de alineación 32 y 34 a través de los cuales se conectan cables eléctricos (no mostrados) al elemento piezoelectrónico y al fotodiodo llevado por el módulo divisor de haz intermedio 7. El módulo láser 5 proporciona idealmente haces de luz láser paralelos al prisma 9 del conjunto de prismas 3 para que sean reflejados internamente por el prisma 9 primero al módulo divisor de haz 7 y luego al fotodiodo del módulo divisor de haz 7.

15 La Figura 3 de los dibujos muestra detalles adicionales del conjunto de prismas 3, módulo láser 5 y módulo divisor de haz intermedio 7 del tonómetro de aplanación 1 descrito anteriormente con referencia a las Figuras 1 y 2. El prisma cónico 9 del conjunto de prismas 3 se muestra extendiéndose hacia fuera desde el extremo proximal del tonómetro de aplanación de manera que la punta de contacto 10 se puede presionar brevemente y aplicar presión a la córnea del paciente para lograr el aplanación. Una brida 40 rodea la parte trasera del prisma 9 para sostener un anillo de luz 42 (es decir, un deflector de luz) en alineación coaxial con el prisma 9 de modo que el prisma 9 y el anillo de luz 42 presionarán contra el elemento piezoelectrónico 44 como la punta de contacto 10 del prisma 9 se presiona contra la córnea. A modo de ejemplo, el elemento piezoelectrónico 44 se fabrica a partir de un disco cerámico dopado con un metal o similar que se monta sobre un sustrato eléctrico o calza y, como sabrán los expertos en la técnica, se adapta para generar una señal de voltaje de salida eléctrica que indica un cambio en la fuerza cuando la punta de contacto 10 del prisma 9 se presiona contra la córnea del paciente durante la prueba. El elemento piezoelectrónico 44 tiene un orificio de transmisión de luz 45 a través de su centro para permitir que la luz generada por el módulo láser 5 llegue al conjunto de prismas 3. Debido a que el elemento piezoelectrónico 44 es convencional, no se describirán los detalles del mismo.

20 Con referencia breve a la Figura 4 de los dibujos, proporcionan detalles del anillo de luz o deflector de luz 42 que está sujeto por la brida 40 de la Figura 3 adyacente al elemento piezoelectrónico 44 y en alineación coaxial con el prisma 9 del conjunto de prismas 3. El anillo de luz 42 es preferentemente un disco (es decir, un sustrato ópticamente puro) fabricado a partir de un material ligero ópticamente transparente. Situado en el centro del anillo de luz 42 hay un punto 46 ópticamente opaco (es decir, que absorbe la luz) o similar. El punto 46 tiene el tamaño y la forma para que coincida con el diámetro del área de contacto circular 10 del prisma 9. Por tanto, el diámetro del punto 46 es idealmente entre 1 y 8 mm. Un área 48 en forma de anillo ópticamente transparente del anillo 42 de luz rodea el punto 46 ópticamente opaco. El tamaño del área 48 en forma de anillo ópticamente transparente dependerá del tamaño y los ángulos internos del prisma 9. Una área 50 en forma de anillo absorbente de luz rodea el área 48 en forma de anillo ópticamente transparente del anillo de luz 42. El área 50 de absorción de luz puede ser, por ejemplo, un revestimiento o un material opaco adecuado aplicado circunferencialmente alrededor del exterior del sustrato del anillo de luz 42. De esta manera, puede apreciarse, y como se ilustra en la Figura 3, tanto la luz entrante transmitida desde el módulo láser 5 al prisma 9 como la luz saliente reflejada internamente por el prisma 9 al módulo divisor de haz 7 pasarán a través del área 48 en forma de anillo ópticamente transparente del anillo de luz 42.

25 40 45 50 55 50 De regreso a la Figura 3, el tonómetro de aplanación 1 también incluye un par de expansores de haz de luz convencionales y/o colimadores 54 y 56 que están ubicados entre el conjunto de prismas 3 y el módulo divisor de haz 7 de manera que se encuentren en la trayectoria de la luz entrante transmitida desde el módulo láser 5 y la luz saliente reflejada por el prisma 9. Como sabrán los expertos en la técnica, los expansores y colimadores de haz de luz 54 y 56 están adaptados para enfocar y absorber la luz difusa y reducir así las transmisiones de espurias de luz en los casos en que la luz entrante de la fuente no se transmite como haces paralelos. Por tanto, se puede utilizar una combinación de expansores y colimadores para diferentes aplicaciones.

60 El módulo divisor de haz 7 del tonómetro de aplanación 1 incluye un divisor de haz convencional que tiene una superficie reflectante interna 58. Como sabrán los expertos en la técnica, los haces de luz 60 paralelos entrantes que se transmiten desde el módulo de láser 5 pasan a través del divisor de haz al prisma 9 del conjunto de prismas 3. Los haces de luz paralelos salientes 62 que son reflejados internamente por el prisma 9 son transmitidos y reflejados por la superficie reflectante 58 del módulo divisor de haz 7 al fotodiodo 64 que está retenido dentro de la abertura

(designado 26 en las Figuras 1 y 2) del módulo 7. Por motivos de conveniencia en la ilustración, los haces de luz entrantes y salientes 60 y 62 se muestran viajando en trayectorias separadas. Sin embargo, como se explicará al referirse a las Figuras 5 y 6, los haces de luz entrantes y salientes viajan a lo largo de trayectorias idénticas entre el módulo divisor de haz 7 y el conjunto de prismas 3.

- 5 Situado entre el módulo divisor de haz 7 y el módulo láser 5 hay otro par de expansores de haz de luz y/o colimadores 66 y 68 convencionales. Los expansores/colimadores 66 y 68 pueden ser idénticos a los designados 54 y 56 entre el conjunto de prismas 3 y el módulo divisor de haz 7. Los expansores de haz de luz y colimadores 66 y 68 también controlan la luz entrante y garantizan aún más que los haces de luz paralelos 60 pasarán a través del módulo divisor de haz 7 al conjunto de prismas 3. A tal efecto, se puede apreciar que los pares de expansores/colimadores de haz de luz 54, 56 y 66, 68 ubicados en extremos opuestos del módulo divisor de haz 7 cooperan para formar un conjunto de gestión de luz bien conocido.

10 El módulo láser 5 es preferentemente un láser de Clase II (por ejemplo, un diodo láser). Sin embargo, cualquier otra fuente de luz adecuada (por ejemplo, un LED) puede sustituirse por el diodo láser mencionado anteriormente. En la realización preferente, los haces de luz láser alineados en paralelo entrantes generados por el módulo láser 5 son suministrados a través del anillo de luz 42 al prisma 9 por medio del módulo divisor de haz 7 y los conjuntos de expansor/colimador de haz de luz en los extremos opuestos del módulo divisor de haz. En este mismo efecto, debe entenderse que también se puede suministrar al prisma 9 luz convergente o divergente (a diferencia de haces de luz paralelos).

15 El funcionamiento del tonómetro de aplanación 1 para proporcionar una medición de la presión intraocular (IOP) del ojo del paciente se explica ahora volviendo a las Figuras 5 y 6 de los dibujos. La Figura 5 muestra el conjunto de prismas 3 antes de que la punta de contacto 10 del prisma 9 se mueva en contacto y aplique presión contra la córnea del paciente. Es decir, inicialmente hay un espacio o cámara de aire 74 entre la punta de contacto 10 en el extremo proximal del prisma 9 y el ojo. En la Figura 6, el conjunto de prismas 3 se reubica hacia el ojo de modo que la punta de contacto 10 del prisma 9 se mueve en contacto y presiona contra la córnea.

20 25 Con el prisma cónico 9 separado del ojo del paciente por la cámara de aire 74 de la Figura 5, los haces 76 de luz láser alineados en paralelo entrantes se transmiten desde el módulo láser 5, a través del orificio central (designado como 45 en la Figura 3) del elemento piezoelectrónico 44, alrededor y a través del área ópticamente transparente (designada como 48 en la Figura 4) del anillo de luz 42, y hacia dentro a través del prisma 9. En este caso, todos los haces de luz entrantes 76 son reflejados completa e internamente dentro del prisma 9 por la punta de contacto 10 del mismo. Por consiguiente, los rayos de luz láser 78 salientes alineados en paralelo se reflejan en la pared exterior ahusada 79 y hacia fuera desde el prisma 9, alrededor y a través del área ópticamente transparente 48 del anillo de luz 42, y a través del orificio central 45 del elemento piezoelectrónico 44 para su recepción por el fotodiodo 64 a través de la superficie reflectante 58 del módulo divisor de haz 7 de la Figura 3. Debe entenderse que la transmisión de luz hacia dentro y hacia fuera a través del área ópticamente transparente 48 del anillo de luz 42 y el prisma 9 ocurre circunferencialmente (es decir, alrededor de 360 grados completos) con respecto al anillo de luz. Por lo tanto, las flechas de dirección de la luz entrante y saliente ilustradas en las Figuras 5 y 6 se muestran en ambas direcciones.

30 35 Como se explicó, tanto los haces de luz entrantes como los reflejados 76 y 78 pasan alrededor y a través del área ópticamente transparente 48 del anillo de luz 42 a lo largo de trayectorias idénticas. Se ha descubierto que el prisma cónico 9 debe fabricarse de modo que la pendiente de su pared exterior ahusada 79 esté entre 20 y 27 grados con respecto a su eje longitudinal, por lo cual los haces de luz 76 alineados en paralelo entrantes se reflejarán en la superficie de la pared exterior ahusada 79 y hacia (o desde) la punta de contacto 10 para formar un ángulo idéntico 80 de entre 20 y 27 grados con respecto a la pared ahusada 79.

40 45 50 En la Figura 6, el prisma cónico 9 se mueve hacia el ojo del paciente hasta que se elimina la cámara de aire (74 de la Figura 5) y la punta de contacto 10 del prisma 9 se encuentra en pleno contacto (es decir, aplanación) contra la córnea independientemente de la presión de empuje que se está aplicando. En este caso, los haces láser 76 entrantes alineados en paralelo se transmiten una vez más desde el módulo láser 5, alrededor y a través del área ópticamente transparente 48 del anillo de luz 42, a través del elemento piezoelectrónico (44 de la Figura 3) y hacia dentro a través del prisma 9 para reflejarse en el ángulo 80 desde la pared exterior ahusada 79 del prisma 9 hasta la punta de contacto 10 contra la córnea. A medida que el tonómetro de aplanación 1 se mueve hacia la saturación (es decir, el contacto completo con la córnea), algunos de los rayos de luz 82 se desacoplarán de los rayos de luz entrantes 76 que se reflejan en la pared ahusada 79 del prisma hacia la punta de contacto 10 del prisma 9. Los haces de luz 82 desacoplados del prisma para ser absorbidos por el ojo del paciente y no regresan al fotodiodo 64.

55 Los haces de luz 84 alineados en paralelo salientes que no están desacoplados de los haces 76 entrantes son reflejados internamente por la punta de contacto 10, primero hacia la pared 79 del prisma exterior ahusada, luego alrededor y a través del área 48 ópticamente transparente del anillo 42 de luz, a través del elemento piezoelectrónico 44, y hacia fuera del prisma 9 para ser recibido por el fotodiodo 64 a través del módulo divisor de haz (7 de la Figura 3).

Como se explicará ahora, la intensidad de los haces de luz salientes (78 de la Figura 5 y 84 de la Figura 6) reflejados internamente por el prisma 9 al fotodiodo 64 antes, durante y después del aplanación es inversamente proporcional al área de contacto táctil entre la punta de contacto 10 del prisma 9 y la superficie opuesta de la córnea del paciente. En

5 otras palabras, la cantidad de reflexión interna del prisma 9 disminuye a medida que la punta de contacto 10 aplana progresivamente la córnea lo que produce así una señal diferencial. Cuando la señal de luz diferencial se empareja con una señal de fuerza diferencial, la información estará disponible para calcular con precisión la IOP. En este mismo efecto, se puede apreciar que los haces de luz 82 desacoplados que escapan del prisma 9 para ser absorbidos por el ojo también dependen del área de contacto táctil entre la punta de contacto 10 y la córnea.

10 La Figura 7 de los dibujos muestra representaciones gráficas (es decir, lineales) de las respuestas de voltaje del elemento piezoelectrónico 44 y el fotodiodo 64 del tonómetro de aplanación 1 de la Figura 1-3 a medida que el prisma 9 del conjunto de prismas 3 se mueve hacia, en contacto con y alejándose de la córnea del ojo del paciente. Debe entenderse que las respuestas del elemento piezoelectrónico 44 y el fotodiodo 64 también podrían indicarse mediante resistencia en lugar de voltaje. En el ejemplo presente de voltaje, la primera (más baja) de las representaciones lineales ilustra la señal de voltaje de salida del elemento piezoelectrónico 44 cuando la fuerza de empuje se incrementa primero para lograr un aplanación total y posteriormente disminuir después de la saturación de la córnea. En particular, se establece inicialmente un voltaje de línea plana de referencia 88 cuando el prisma 9 está separado del ojo por una cámara de aire 74 mostrado en la Figura 5 y no se aplica presión a la córnea.

15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830 9835 9840 9845 9850 9855 9860 9865 9870 9875 9880 9885 9890 9895 9900 9905 9910 9915 9920 9925 9930 9935 9940 9945 9950 9955 9960 9965 9970 9975 9980 9985 9990 9995 9999

tableta y similares. Un transmisor de datos inalámbrico 128 se comunica con el dispositivo de mano remoto a través de una ruta inalámbrica.

En general, la IOP se determina mediante un cálculo de la fuerza de contacto dividida por el área de contacto representada por los pares de señales de voltaje de salida (tales como 94 y 106 de la Figura 7) generados por el elemento piezoelectrónico 44 y el fotodiodo 64. Las medidas de fuerza y área emparejadas se pueden adquirir a más de 5000 cps. La media de medición y la varianza se calculan después de un solo toque, aunque se puede emplear la adquisición de datos por múltiples toques. La rigidez del tejido se puede inferir al analizar una amplia gama de pares de fuerza-área entre los voltajes crecientes 90 y 102 de la Figura 7 a medida que se logra el aplanamiento. Al igual que con el tonómetro de aplanación de Goldmann, también se puede realizar una operación de búsqueda en la tabla sobre la base de una referencia de IOP derivada de un nomograma compilada a partir de mediciones de prueba adquiridas en laboratorio o clínicas tomadas de una población de ojos humanos y animales.

Sin embargo, el tonómetro de aplanación 1 divulgado en la presente memoria es una mejora con respecto al dispositivo Goldmann al permitir mediciones rápidas y objetivas de área y fuerza con un contacto mínimo con el tejido subyacente. Un tiempo de permanencia corto (típicamente menos de 100 msec) evita la necesidad en la mayoría de los casos de una anestesia tópica para reducir la preocupación de la seguridad del paciente. Con la eliminación de las partes móviles, se encuentra disponible un entorno de prueba estable, sin atascos y con autocalibración.

El tonómetro de aplanación 1 se ha descrito en su aplicación preferente para medir la IOP dentro de un ojo. Sin embargo, debe entenderse que el uso del tonómetro puede extenderse para incluir la obtención de mediciones de presión en tejidos botánicos, órganos humanos o animales biológicamente sólidos, llenos de líquido o aire, tales como vasos sanguíneos, estómago, vejiga, pulmón, dedo o tobillo, y cuerpos hidrostáticos flexibles, dicho uso no forma parte de la invención según se reivindica. Además, el tonómetro también se puede utilizar en la fabricación de productos y envases al medir la presión de cualquier superficie absorbente de luz asociada con el mismo para predecir una fisura o rotura y así garantizar la calidad de la producción, la vida útil, la durabilidad y la integridad del empaque, dicho uso no forma parte de la invención según se reivindica.

REIVINDICACIONES

1. Un tonómetro de aplanación (1) para medir la presión intraocular de un ojo, comprendiendo dicho tonómetro de aplanación:
- una fuente de luz (5) configurada para generar luz;
- 5 un prisma cónico transmisor de luz (9) configurado para recibir la luz generada por dicha fuente de luz (5), teniendo dicho prisma cónico (9) una punta de contacto (10) para moverse en contacto con la córnea del ojo y aplicar una presión en su contra, de modo que la luz generada desde dicha fuente de luz (5) se transmita en una primera dirección (60) hacia dentro a través de dicho prisma cónico (9) hasta la punta de contacto (10) del mismo de modo que parte de la luz transmitida en dicha primera dirección (60) esté desacoplada para escapar de dicho prisma cónico (9) a través de dicha punta de contacto (10), y el resto de la luz transmitida hacia dentro que no está desacoplada y no escapa de dicho prisma cónico (9) sea reflejada por dicha punta de contacto (10) y transmitida en una segunda dirección (62) hacia fuera a través de dicho prisma cónico (9);
- 10 un divisor de haz (7) ubicado entre dicha fuente de luz (5) y dicho prisma cónico transmisor de luz (9), de manera que la luz generada por dicha fuente de luz (5) se transmita a dicho prisma cónico (9) a través de dicho divisor de haz (7), teniendo dicho divisor de haz (7) una superficie reflectante (58) alineada para reflejar a dicho fotodiodo (64) la luz que es reflejada por la punta de contacto (10) de dicho prisma cónico (9) en dicha segunda dirección (62) hacia el exterior a través de dicho prisma cónico (9),
- 15 un deflector de luz (42) ubicado entre dicha fuente de luz (5) y dicho prisma cónico (9), teniendo dicho deflector de luz (42) un área interior ópticamente opaca (46), un área exterior ópticamente opaca (50) separada de, y rodeando, dicha zona interior ópticamente opaca (46), y una zona ópticamente transparente (48) que se extiende desde dicha zona interior ópticamente opaca (46) hasta dicha zona exterior ópticamente opaca (50), en el que dicho deflector de luz (42) es un disco y dicha área interna ópticamente opaca (46) es un punto ubicado en el centro de dicho disco, en el que el área ópticamente transparente (48) de dicho deflector de luz (42) tiene una forma de anillo que rodea dicho punto ópticamente opaco (46) ubicado en el centro del disco de dicho deflector de luz (42), en el que el área exterior ópticamente opaca (50) de dicho deflector de luz (42) también tiene una forma de anillo que rodea el área ópticamente transparente (48), de modo que el área ópticamente transparente en forma de anillo (48) de dicho deflector de luz (42) se encuentra entre el punto ópticamente opaco (46) y el área exterior ópticamente opaca en forma de anillo (50) de dicho deflector de luz (42), dicho deflector de luz está posicionado (42) de modo que la luz generada por dicha fuente de luz (5) y transmitida en dicha primera dirección (60) hacia dentro a través de dicho prisma cónico (9) y la luz reflejada por la punta de contacto (10) de dicho prisma cónico (9) y transmitida en dicha segunda dirección (62) hacia el exterior a través de dicho prisma cónico (9) se transmiten a través del área ópticamente transparente (48) de dicho deflector de luz (42);
- 20 un fotodiodo (64) configurado para proporcionar una señal de salida en respuesta a la intensidad de la luz reflejada por dicha punta de contacto (10) y transmitida en dicha segunda dirección (62) a través del área ópticamente transparente (48) de dicho deflector de luz (42), dicha señal de salida de fotodiodo que es dependiente del área de contacto entre la punta de contacto (10) de dicho prisma cónico (9) y la córnea del ojo;
- 25 un detector de fuerza (44) configurado para proporcionar una señal de salida en respuesta a la presión generada en el área de contacto después de que la punta de contacto (10) de dicho prisma cónico (9) se mueva en contacto con la córnea del ojo; y
- 30 medios de procesamiento (120) configurados para recibir las señales de salida proporcionadas por dicho fotodiodo (64) y dicho detector de fuerza (44) y para proporcionar una medición de la presión intraocular del ojo dependiendo de dichas señales de salida.
2. El tonómetro de aplanación definido en la reivindicación 1, en el que dicho prisma cónico transmisor de luz (9) tiene una pared exterior (79) que se inclina desde un primer extremo ancho de dicho prisma cónico (9) adyacente al cual se encuentra dicho detector de fuerza (44) a un extremo opuesto estrecho en el que dicha punta de contacto (10) está ubicada, de modo que la luz generada por dicha fuente de luz (5) y transmitida en dicha primera dirección (60) hacia dentro a través de dicho prisma cónico (9) sea reflejada en dicha pared exterior inclinada a dicha punta de contacto (10) en un ángulo (80) de entre 20 a 27 grados con respecto a dicha pared exterior inclinada.
3. El tonómetro de aplanación definido en la reivindicación 1, en el que dicho detector de fuerza (44) es un elemento piezoelectrónico alineado con dicho prisma cónico transmisor de luz (9) y que tiene una abertura (45) formada en el mismo, modo que la luz generada por dicha fuente de luz (5) pase a través de dicha abertura (45) hasta dicho prisma cónico (9).
4. El tonómetro de aplanación definido en la reivindicación 1, en el que la punta de contacto (10) de dicho prisma cónico transmisor de luz (9) y el área interior ópticamente opaca (46) de dicho deflector de luz (42) tienen un diámetro idéntico.

5. El tonómetro de aplanación definido en la reivindicación 1, en el que la luz transmitida en la primera dirección (60) hacia dentro a través de dicho prisma cónico transmisor de luz (9) y la luz reflejada transmitida en la segunda dirección (62) hacia fuera a través de dicho prisma cónico transmisor de luz (9) viaja a lo largo de trayectorias ópticas idénticas a través del área ópticamente transparente (48) de dicho deflector de luz (42).

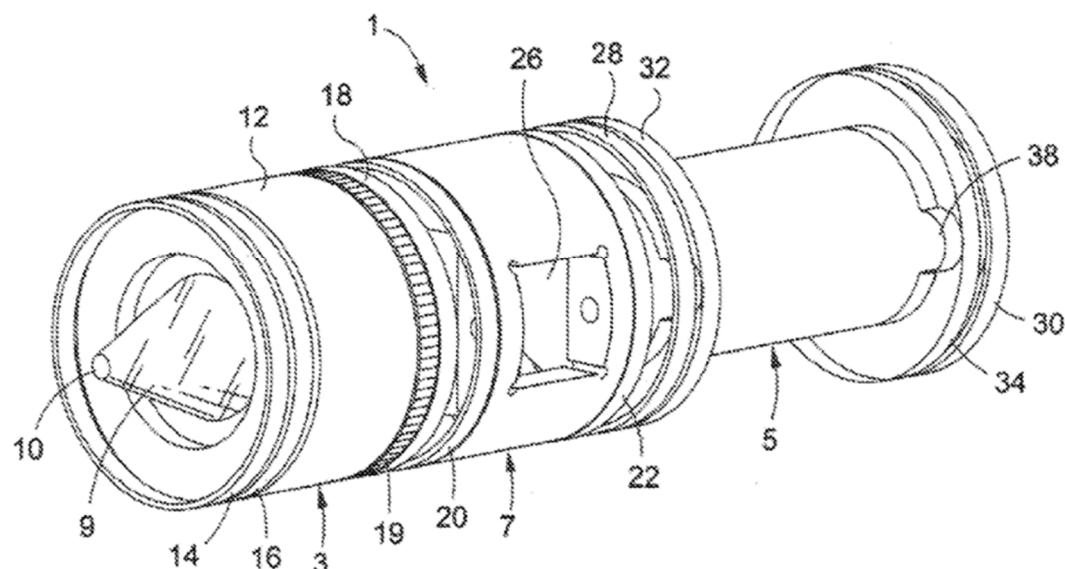


Figura 1

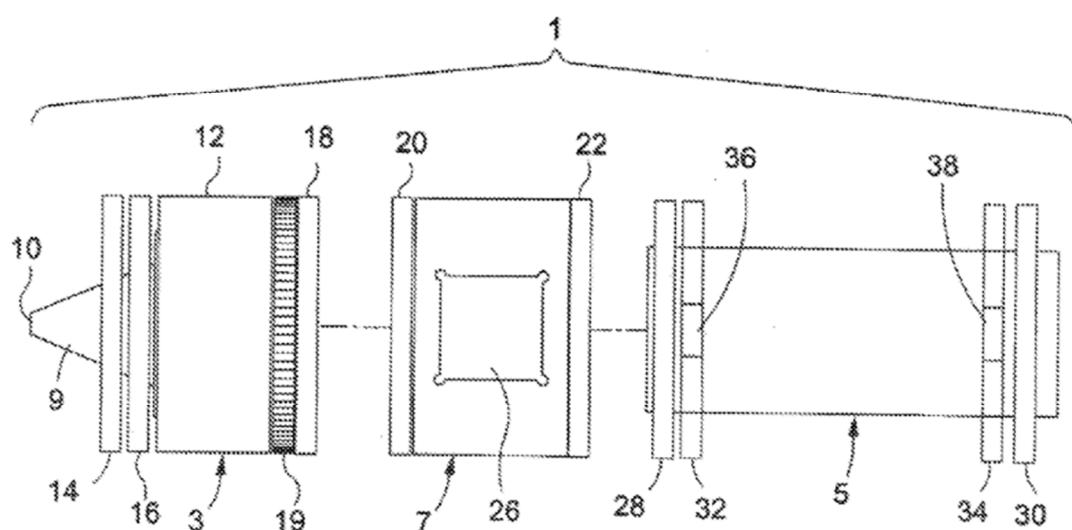


Figura 2

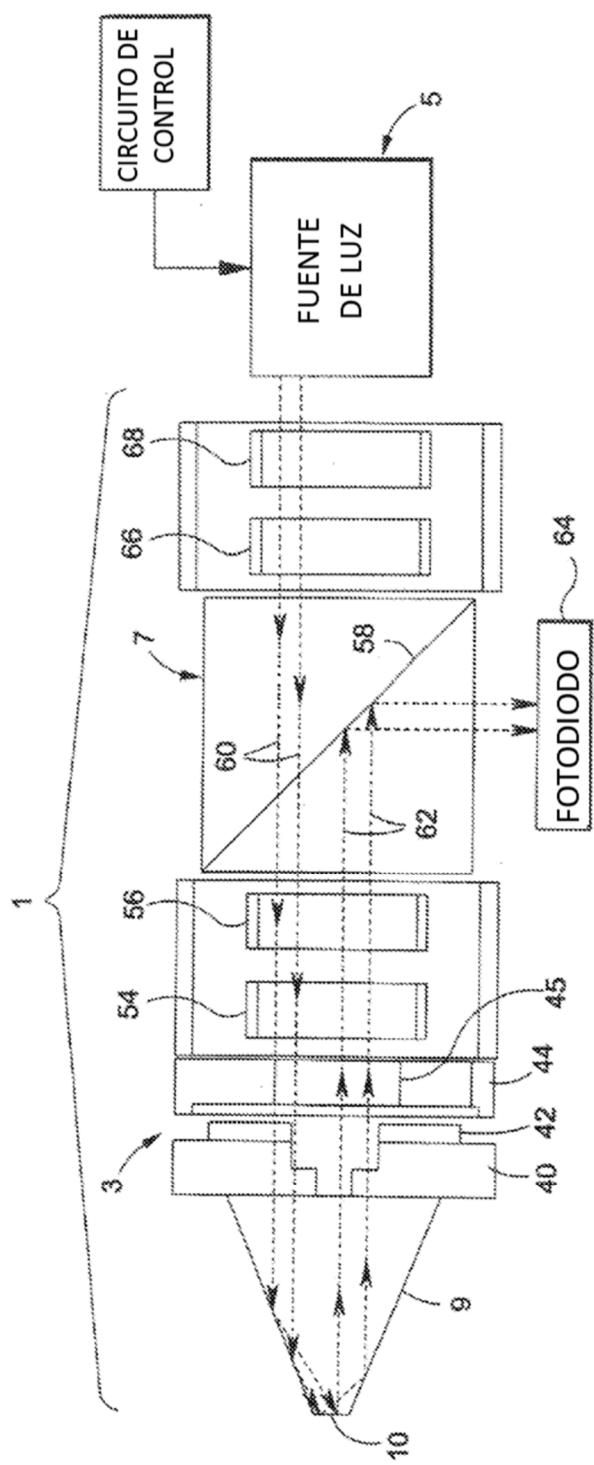


Figura 3

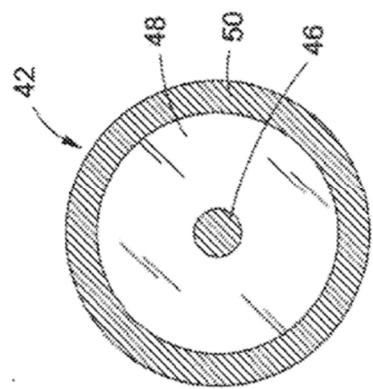


Figura 4

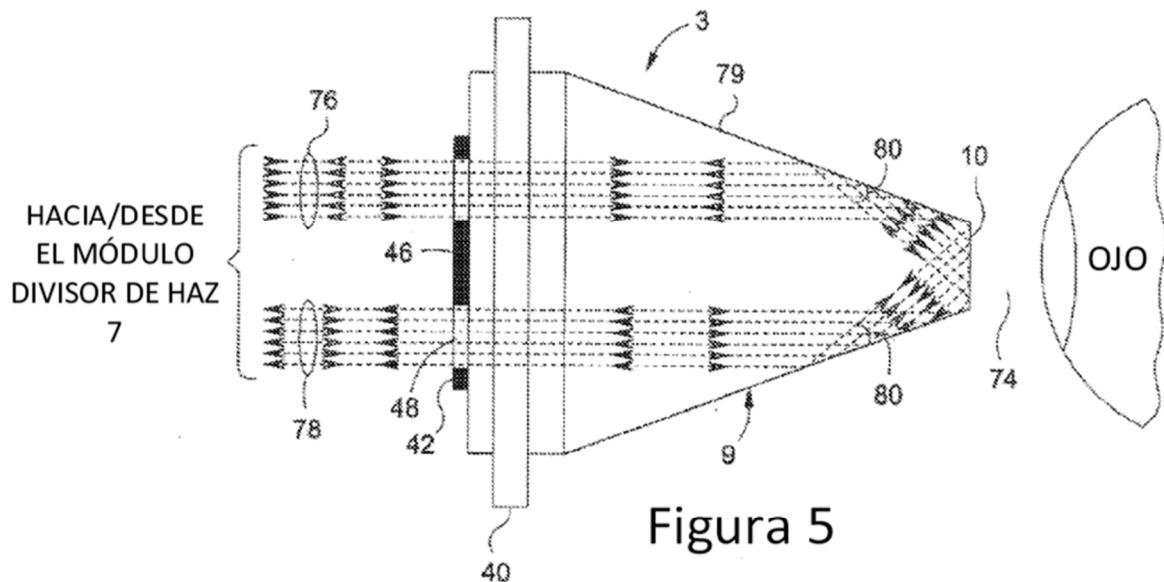


Figura 5

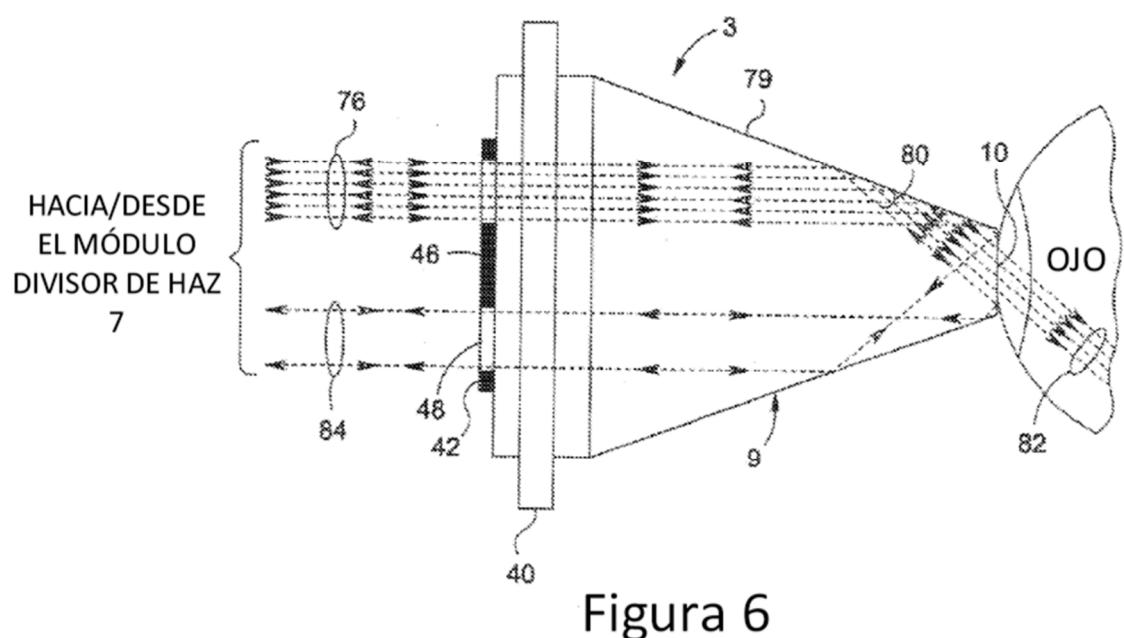


Figura 6

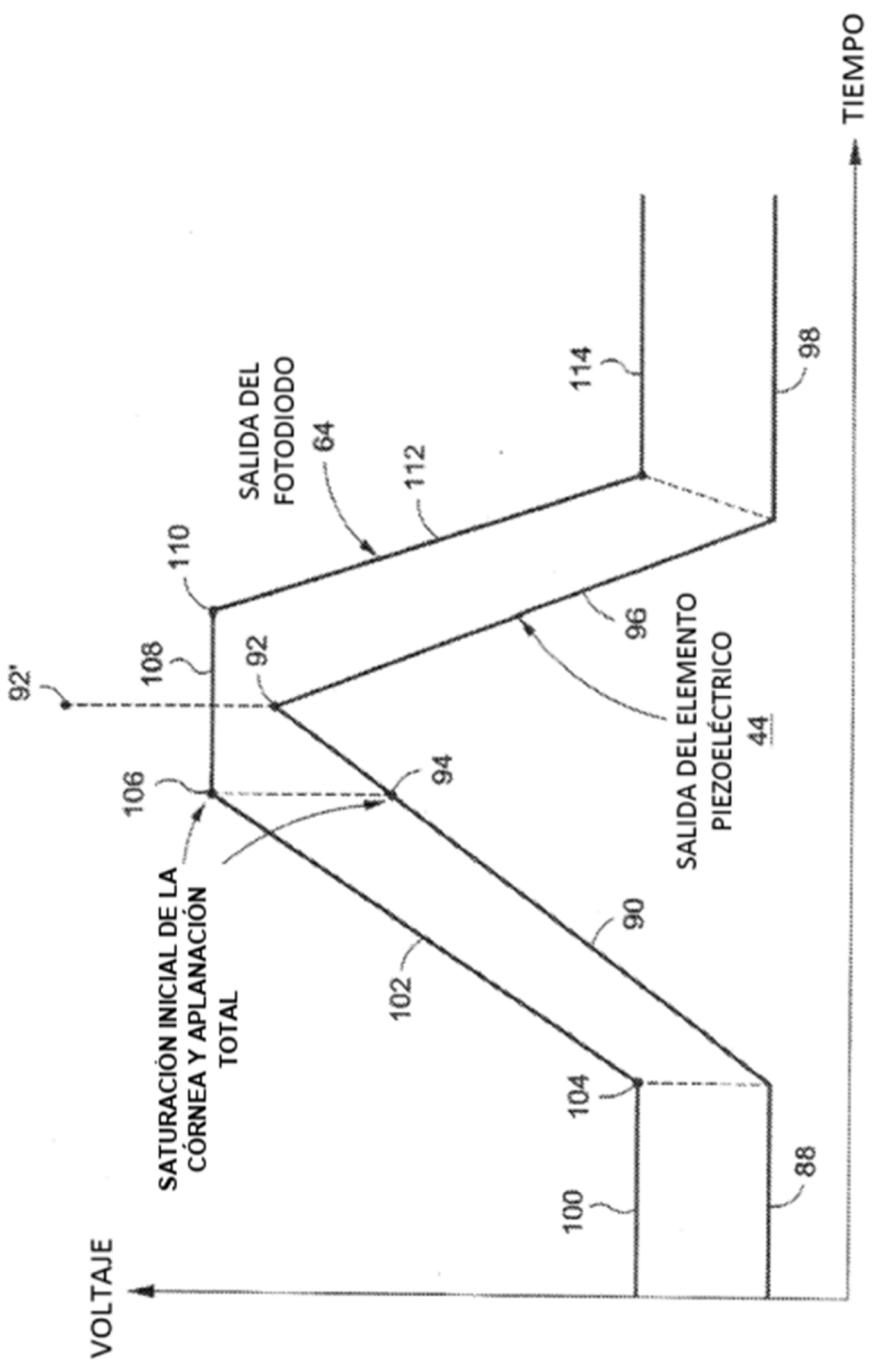


Figura 7

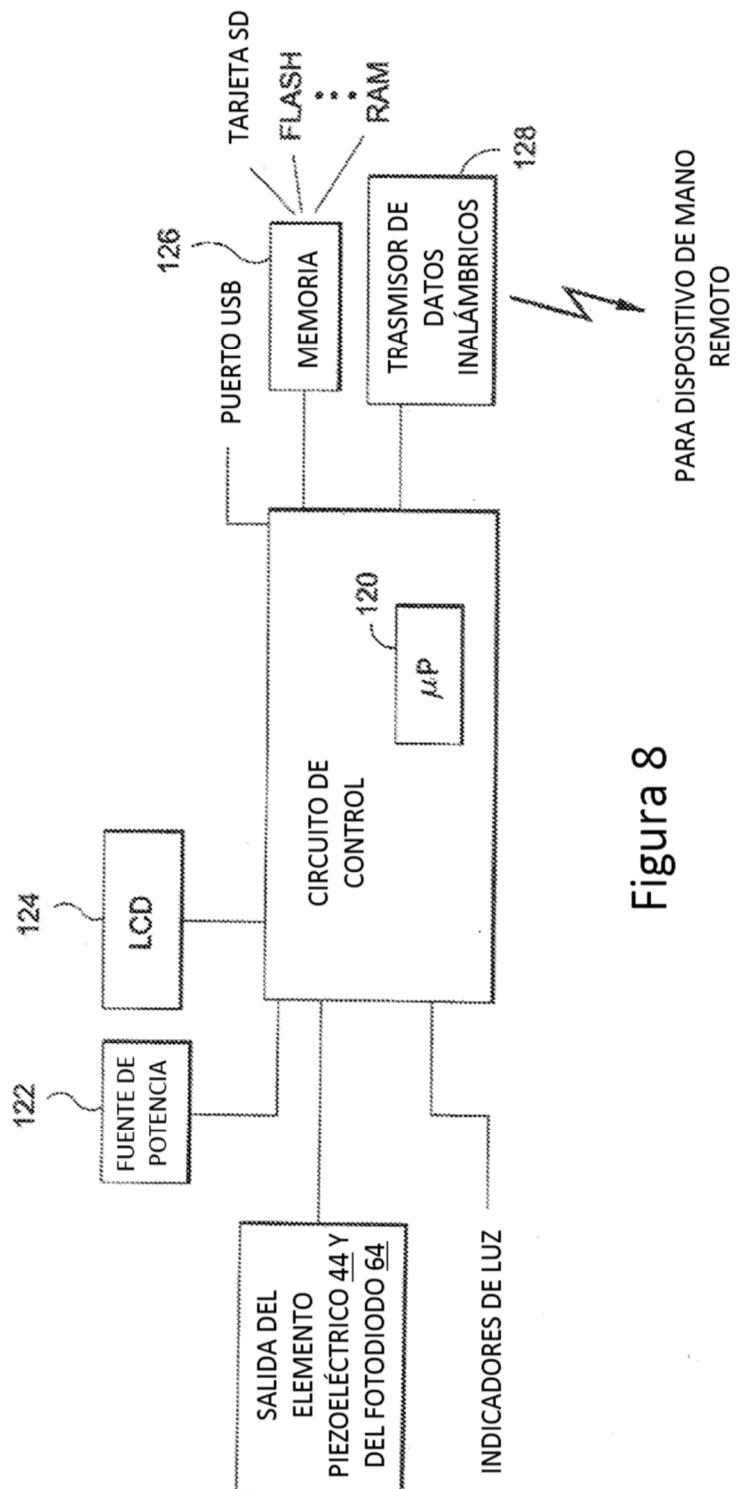


Figura 8

PARA DISPOSITIVO DE MANO
REMOTO