

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 859 123**

51 Int. Cl.:

A61F 9/008 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2016 PCT/IB2016/057563**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17103774**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2016 E 16819183 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.02.2021 EP 3370661**

54 Título: **Incisiones relajantes oftálmicas y dispositivos y sistemas asociados**

30 Prioridad:

17.12.2015 US 201514973117

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

01.10.2021

73 Titular/es:

**ALCON INC. (100.0%)
Rue Louis-d'Affry 6
1701 Fribourg, CH**

72 Inventor/es:

RAKSI, FERENC

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 859 123 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

Incisiones relajantes oftálmicas y dispositivos y sistemas asociados

5 Antecedentes

Campo técnico

10 Las formas de realización dadas a conocer en el presente documento pueden referirse a sistemas para realizar cirugía ocular. Más específicamente, las formas de realización descritas en el presente documento pueden referirse a practicar incisiones en el ojo de un paciente para corregir problemas de visión.

Técnica relacionada

15 Los procedimientos microquirúrgicos oftálmicos pueden requerir un corte de precisión y/o la retirada de varios tejidos del ojo del paciente. Algunos de estos procedimientos pueden llevarse a cabo para corregir astigmatismos corneales, definidos como anomalías cilíndricas de la curvatura de la córnea. Estos procedimientos incluyen normalmente la práctica de incisiones, conocidas como incisiones relajantes limbares (LRI) y queratotomía astigmática (AK), en el limbo y la córnea del ojo, denominado en conjunto incisiones arqueadas. Cuando se colocan correctamente, estos cortes pueden relajar el tejido en el limbo y la córnea, ayudando así a corregir la curvatura corneal. Los procedimientos de LRI utilizan normalmente incisiones largas y arqueadas que penetran a través del 80% al 90% de la profundidad del tejido oftálmico en la región del limbo y la córnea del ojo. Estos procedimientos pueden requerir un alto nivel de precisión en la colocación de las incisiones y pueden corregir solamente una cantidad reducida de aberraciones astigmáticas.

25 Por consiguiente, sigue existiendo la necesidad de dispositivos, sistemas y procedimientos mejorados que permitan cirugías oftálmicas más precisas y la corrección de una mayor cantidad de aberraciones astigmáticas manteniendo al mismo tiempo la resistencia e integridad del tejido oftálmico.

30 Se hace referencia a los documentos US 2012/296321, US 2011/040293 y US 2011/022037 que se han citado como representativos del estado de la técnica.

Sumario

35 Se apreciará que el alcance de la invención es según las reivindicaciones; por consiguiente, se proporciona un sistema según la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se proporcionan características adicionales.

40 La solución presentada cubre una necesidad médica insatisfecha con una solución única de practicar patrones de incisiones en el tejido oftálmico que se extienden sólo parcialmente a través de las capas de tejido. Los patrones pueden incluir incisiones separadas y alineadas a lo largo de segmentos de línea y arcos. Adicionalmente, los patrones pueden originarse en los lados tanto anterior como posterior del tejido oftálmico. Estos patrones de incisión pueden proporcionar una mayor elasticidad del tejido oftálmico, así como una conformación más precisa, manteniendo al mismo tiempo la resistencia e integridad global del tejido oftálmico.

45 Según algunas formas de realización, puede proporcionarse un sistema de láser quirúrgico oftálmico. El sistema de láser quirúrgico oftálmico puede incluir una fuente de láser. La fuente de láser puede estar configurada para generar un haz de láser. El sistema de láser quirúrgico oftálmico también puede incluir un sistema de entrega de barrido. El sistema de entrega de barrido puede estar configurado para dirigir el haz de láser hacia una región objetivo ocular y hacer un barrido del haz de láser a lo largo de un patrón de barrido en la región objetivo ocular de un ojo. El sistema de láser quirúrgico oftálmico también puede incluir un controlador de sistema en comunicación con el sistema de entrega de barrido. El controlador de sistema puede estar configurado para controlar el sistema de entrega de barrido para hacer un barrido del haz de láser a lo largo del patrón de barrido para crear un patrón de cortes para relajar el tejido oftálmico en la región objetivo ocular. Cada corte del patrón de cortes puede extenderse sólo parcialmente a través del tejido oftálmico.

55 Aspectos, características y ventajas adicionales de la presente divulgación resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

60 La figura 1 ilustra un diagrama esquemático de un sistema de láser quirúrgico oftálmico.

La figura 2 ilustra una vista frontal de un ojo de un paciente que muestra una incisión relajante limbar de la técnica anterior.

65

La figura 3 ilustra una vista lateral en sección transversal del ojo de la figura 2 tomada a lo largo de la línea de sección 3-3.

La figura 4 ilustra una vista frontal de un ojo de un paciente que muestra un conjunto de incisiones.

La figura 5 ilustra una vista lateral en sección transversal del ojo de la figura 4 tomada a lo largo de la línea de sección 5-5.

La figura 6 ilustra una región de tejido oftálmico relajado que muestra un conjunto de incisiones.

La figura 7 ilustra la región de tejido oftálmico de la figura 6 en tensión.

La figura 8 ilustra una vista frontal de un ojo de un paciente que muestra un conjunto de incisiones.

La figura 9 ilustra una vista lateral en sección transversal del ojo de la figura 8 tomada a lo largo de la línea de sección 9-9.

La figura 10 ilustra una región de tejido oftálmico relajado que muestra un conjunto de incisiones.

La figura 11 ilustra la región de tejido oftálmico de la figura 10 en tensión.

La figura 12 ilustra una vista lateral en sección transversal de una región de tejido oftálmico en tensión con incisiones en los lados anterior y posterior.

La figura 13 ilustra una región de tejido oftálmico en tensión que muestra un conjunto de incisiones.

La figura 14 ilustra una región de tejido oftálmico en tensión que muestra un conjunto de incisiones.

La figura 15 ilustra una región de tejido oftálmico en tensión que muestra un conjunto de incisiones.

La figura 16 ilustra una región de tejido oftálmico en tensión que muestra un conjunto de incisiones.

La figura 17 ilustra una vista frontal de un ojo de un paciente que muestra dos conjuntos de incisiones.

La figura 18 ilustra una vista frontal de un ojo de un paciente que muestra tres conjuntos de incisiones.

La figura 19 ilustra una región de tejido oftálmico en tensión que muestra un conjunto de incisiones.

En los dibujos, los elementos que tienen la misma designación tienen las mismas funciones o funciones similares.

Descripción detallada

En la siguiente descripción, pueden exponerse detalles específicos que describen determinadas formas de realización. Sin embargo, resultará evidente para un experto en la técnica que las formas de realización dadas a conocer pueden ponerse en práctica sin algunos o todos estos detalles específicos. En el presente documento pueden presentarse formas de realización específicas y/o ilustrativas, pero no limitativas. Un experto en la técnica se dará cuenta de que otros materiales, aunque no se describan específicamente en el presente documento, pueden estar dentro del alcance y del espíritu de esta divulgación.

La presente divulgación describe dispositivos, sistemas y procedimientos para practicar incisiones en el tejido oftálmico para deformar mecánicamente el tejido o cambiar sus propiedades elásticas cambiando así la forma del ojo y sus propiedades de refracción. Por ejemplo, incisiones en la esclerótica, la córnea o el limbo del ojo de un paciente pueden permitir que el tejido oftálmico se estire para facilitar cambios en la curvatura de la córnea. Además, las incisiones de diferentes formas o profundidades pueden conformar el tejido oftálmico de numerosas maneras. Algunos tipos de incisiones pueden aumentar el rango de estiramiento del tejido oftálmico sin comprometer su resistencia. Las aberraciones en la forma del ojo, como los astigmatismos, pueden corregirse utilizando la incisión o el conjunto de incisiones.

Los dispositivos, sistemas y procedimientos de la presente divulgación proporcionan numerosas ventajas. Por ejemplo:

(1) La presente divulgación puede requerir una menor profundidad de corte en el tejido oftálmico para conseguir una forma deseada. Los procedimientos existentes para la bisección de tejido oftálmico en un 80% a 90% o más pueden producir daños en el tejido subyacente, aumentar la posibilidad de infección y producir dehiscencia de la incisión en el tejido oftálmico. El conjunto de incisiones de la presente divulgación puede aplicarse a menores profundidades en el tejido oftálmico para corregir astigmatismos. Un patrón de incisiones que corte parcialmente el tejido puede ser suficiente para corregir una amplia variedad de aberraciones astigmáticas.

(2) La presente divulgación puede permitir una mayor retención de la resistencia del tejido oftálmico. En particular, los patrones de incisión pueden incluir tejido oftálmico sin cortar dispuesto alrededor de las incisiones. Este tejido sin cortar puede dar resistencia e integridad a toda la región de tejido quirúrgica. Cortar sólo parcialmente a poca profundidad a través de las capas de tejido oftálmico también puede facilitar una mayor resistencia e integridad del tejido oftálmico.

(3) Con la presente divulgación pueden tratarse aberraciones astigmáticas más amplias que con los procedimientos anteriores. En particular, pueden diseñarse conjuntos de incisiones para relajar grandes áreas de tejido oftálmico sin comprometer la resistencia del tejido. Los conjuntos de incisiones también pueden incluir incisiones en diferentes regiones del ojo, permitiendo una mayor corrección de los astigmatismos corneales.

(4) La presente divulgación puede proporcionar resultados correctivos requiriendo al mismo tiempo menos precisión para la realización de una biometría. Los procedimientos existentes pueden basarse en mediciones exactas del espesor de la córnea a lo largo del sitio de incisión antes del corte. Los errores de cálculo pueden llevar a procedimientos ineficaces y a una lesión del tejido oftálmico subyacente. La presente divulgación puede permitir un mayor margen de error en los cálculos corneales permitiendo un aumento de la relajación del tejido oftálmico con un procedimiento menos invasivo.

(5) La presente divulgación puede proporcionar resultados correctivos requiriendo al mismo tiempo menos precisión para la realización de la cirugía ocular. En particular, los procedimientos existentes pueden basarse en la colocación exacta de la incisión, así como una longitud de incisión exacta para conseguir los resultados deseados. Los procedimientos para corregir incisiones erróneas pueden ser complicados y pueden conllevar riesgos adicionales para la salud. La presente divulgación puede permitir un mayor margen de error en la colocación de incisiones. En particular, el efecto agregado de un conjunto de incisiones puede ajustarse eficazmente variando la forma, el número, la profundidad y la colocación de una serie de pequeñas incisiones.

(6) La presente divulgación puede proporcionar resultados de refracción más predecibles. En particular, la presente divulgación puede permitir un procedimiento quirúrgico más preciso permitiendo una personalización más completa del patrón de incisión con respecto a la curvatura de una córnea particular. También pueden utilizarse varios patrones de incisiones para tratar aberraciones astigmáticas más grandes. Además, la presente divulgación puede permitir una mayor tolerancia a las variaciones en la ejecución del procedimiento quirúrgico.

La figura 1 ilustra un sistema de láser quirúrgico oftálmico 100. El sistema de láser quirúrgico oftálmico 100 puede incluir una fuente de láser quirúrgico 130 configurada para generar un haz de láser 140. El sistema de láser quirúrgico oftálmico 100 también puede incluir un sistema de entrega de barrido 150 configurado para dirigir el haz de láser 140 hacia una región objetivo ocular en un ojo 110 de un paciente 120. Además, el sistema de entrega de barrido 150 puede estar configurado para hacer un barrido del haz de láser 140 a lo largo de un patrón de barrido en la región objetivo ocular del ojo 110.

El sistema de láser quirúrgico oftálmico 100 también puede incluir un controlador de sistema 160. El controlador de sistema 160 puede estar configurado para controlar el sistema de entrega de barrido 150 para hacer un barrido del haz de láser 140 a lo largo de un patrón de barrido para crear un patrón de cortes o incisiones 250 para relajar el tejido oftálmico 300 en la región objetivo ocular. Algunos de los patrones incluyen incisiones 250 que se extienden parcialmente a través del tejido oftálmico 300. Las incisiones 250 pueden tener muchas profundidades, ángulos y orientaciones diferentes. Las figuras 4-19 pueden ilustrar incisiones 250 a modo de ejemplo.

El controlador de sistema 160 puede comprender una memoria 180 y un generador de señales de control 170. La memoria 180 puede estar configurada para almacenar un conjunto de instrucciones para controlar el sistema de entrega de barrido 150. En algunos casos, el generador de señales de control 170 puede estar configurado para emitir señales de control para el sistema de entrega de barrido 150 correspondientes al conjunto de instrucciones almacenado. En particular, las señales de control pueden indicar al sistema de entrega de barrido 150 que haga un barrido del haz de láser 140 a lo largo del patrón de barrido.

La figura 2 ilustra una vista frontal del ojo 110 del paciente 120 según los procedimientos ópticos de la técnica anterior. Las regiones del ojo 110 relevantes para la presente divulgación pueden incluir la córnea 210, el limbo 220, la esclerótica 230, el cristalino 240 y/u otra anatomía adecuada del ojo 110. En general, los procedimientos de relajación limbar y de queratotomía astigmática existentes pueden implicar una única incisión arqueada 200 en el limbo 220 del ojo 110 o un par de incisiones lateralmente opuestas.

Como puede observarse en la figura 3, la incisión 200 en los procedimientos existentes puede atravesar casi por completo la capa de tejido oftálmico 300. Sin embargo, esta incisión 200 puede requerir mediciones muy precisas para colocar correctamente la incisión 200 en el tejido oftálmico 300, determinar correctamente el espesor del tejido 300 en el sitio de la incisión 200 y predecir el resultado de refracción de la incisión 200. Además, la cantidad de corrección de refracción posible puede estar muy limitada por el uso de una única incisión 200. Además, la integridad del tejido

oftálmico 300 puede verse comprometida porque la incisión 200 penetra muy profundamente en el tejido oftálmico 300, lo que puede llevar a resultados no deseados.

La figura 4 ilustra un ejemplo de la presente divulgación visto en una vista frontal del ojo 110. En este caso, pueden practicarse un conjunto de incisiones 250 que forman uno o varios segmentos de línea o arcos en el tejido oftálmico 300 en la córnea 210 o el limbo 220. Sin embargo, la presente divulgación contempla practicar incisiones 250 en la esclerótica 230 y la córnea 210 del ojo, así como en otras capas de tejido oftálmico 300 incluyendo el cristalino 240 y el tejido conjuntivo. Este conjunto de incisiones 250 puede adoptar la forma de un conjunto de líneas paralelas, una malla de cortes, un enrejado de cortes o un patrón de cortes escalonados 250. El conjunto de incisiones 250 puede incluir una, dos, tres, cuatro o más incisiones individuales.

Las incisiones 250 pueden formar arcos que se extienden concéntricamente alrededor de la córnea 210, como se observa en la figura 4. En particular, cada uno de los uno o varios arcos puede definirse por múltiples incisiones 250 separadas entre sí, quedando tejido oftálmico sin cortar alrededor de cada incisión 250. Los arcos pueden estar escalonados o interdigitados entre sí. En particular, las incisiones 250 de un arco pueden estar alineadas al menos parcialmente con las incisiones 250 de otro arco. Un rayo que se origine en un centro de la córnea 210 puede atravesar las incisiones 250 de los dos arcos. Entre las incisiones 250 puede haber espacio suficiente para poder trazar un segmento de línea sobre el tejido oftálmico sin cortar situado entre los límites exteriores del patrón de incisiones 250.

Una o varias de las incisiones 250 pueden extenderse con un radio, ángulo, profundidad, longitud, separación, etc. diferente con respecto a la córnea 210 en comparación con otras incisiones 250. Las incisiones 250 también pueden extenderse hacia el interior del tejido oftálmico 300 con varios ángulos además de en vertical. Por ejemplo, las incisiones 250 pueden extenderse en perpendicular al lado anterior 460 del tejido oftálmico 300. También pueden practicarse incisiones 250 con varias mediciones angulares con respecto a la normal. En algunos casos, las incisiones 250 pueden practicarse con entre aproximadamente 10 grados y aproximadamente 20 grados con respecto a la normal, entre aproximadamente 20 grados y aproximadamente 45 grados con respecto a la normal, entre aproximadamente 45 grados y aproximadamente 80 grados con respecto a la normal, y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. Adicionalmente, un patrón de incisiones puede incluir incisiones individuales 250 que entren en el tejido oftálmico 300 con ángulos diferentes. En cualquier caso, los parámetros particulares de las incisiones 250 pueden seleccionarse basándose en la corrección deseada del astigmatismo.

La figura 5 ilustra una vista lateral en sección transversal del ojo 110 del paciente 120, que muestra las incisiones 250 que pueden practicarse en la córnea 210, el limbo 220 o la esclerótica 230 del ojo 110. Las incisiones 250 pueden extenderse parcialmente a través del tejido oftálmico 300. En general, el espesor del tejido oftálmico 300 en o cerca de la córnea 210 puede ser de aproximadamente 600 μm . La profundidad 260 de las incisiones 250 puede medir entre el 10% y el 80% del espesor de tejido, entre el 20% y el 75% del espesor, entre el 30% y el 70% del espesor, entre el 40% y el 60% del espesor, y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. En algunos casos, estos porcentajes pueden corresponder a aproximadamente 60 μm a 480 μm , 120 μm a 450 μm , 180 μm a 420 μm , y 240 μm a 360 μm , respectivamente, y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. Ventajosamente, la profundidad 260 de las incisiones 250 puede ser menor que en los procedimientos de la técnica anterior. La profundidad 260 seleccionada para las incisiones 250 puede tener un impacto tanto en el cambio de la forma de la córnea 210 como en la resistencia de la región objetivo ocular del tejido oftálmico 300.

Las figuras 6 y 7 ilustran una región de tejido oftálmico 300. La figura 6 muestra una región de tejido oftálmico relajado 300 con varias incisiones 250. Las incisiones 250 en sí mismas pueden tener cualquier forma de sección transversal adecuada, incluyendo un segmento de línea recto como se muestra, un segmento de línea arqueado, un polígono, una elipse, otra(s) forma(s) adecuada(s) y/o una combinación/combinaciones de la(s) misma(s). En algunos casos, puede disponerse una incisión 250 en paralelo a una o varias otras incisiones 250. Por ejemplo, se disponen dos incisiones 250 en paralelo entre sí en la figura 6. Como se muestra, las dos incisiones 250 pueden ser perpendiculares a una línea transversal entre las mismas, lo que indica que son paralelas entre sí. Diferentes subconjuntos de las incisiones 250 pueden disponerse a lo largo de ejes paralelos entre sí. Por ejemplo, las tres incisiones 250 a la izquierda en la figura 6 pueden ser paralelas a las tres incisiones 250 en el centro y las tres incisiones a la derecha.

Las incisiones 250 pueden formar uno o varios segmentos de línea o arcos que contienen múltiples incisiones 250. Los segmentos de línea o arcos pueden estar igualmente separados entre sí o separados por distancias diferentes. En algunos casos los segmentos de línea o arcos pueden ser paralelos uno en relación con otro. Las incisiones 250 que forman los segmentos de línea o arcos pueden estar limitadas por tejido oftálmico sin cortar 300. En particular, las incisiones 250 pueden crear una estructura de malla de tejido oftálmico sin cortar. Una estructura de malla de este tipo puede dar resistencia al tejido oftálmico 300 en el área objetivo permitiendo al mismo tiempo grandes variaciones en la forma de la córnea 210. Los límites de la estructura de malla pueden ser la parte central de la región objetivo ocular y una parte periférica de la región objetivo ocular (por ejemplo, definida como los límites laterales de la figura 6), así como los dos límites exteriores del patrón de incisión (por ejemplo, definido por los límites superior e inferior de la figura 6). En el ejemplo de la figura 6, las incisiones 250 pueden estar escalonadas y/o ser lo suficientemente profundas de modo que una línea horizontal que atravesara el tejido oftálmico 300 atravesaría más de una incisión 250.

La figura 7 muestra una región de tejido oftálmico 300 con incisiones 250 en tensión. Esta tensión puede estar producida por la presión interna del ojo 110 y puede agravarse por fuentes externas de presión. La estructura de malla del tejido oftálmico sin cortar puede considerarse en este ejemplo como el tejido conjuntivo alrededor de las incisiones 250.

Las incisiones 250 pueden modificar una propiedad elástica del tejido oftálmico 300. En el ejemplo de la figura 7, pueden colocarse incisiones verticales 250 en una configuración tangencial con respecto a la córnea 210. En particular, la propiedad elástica del tejido oftálmico 300 en la dirección tangencial (vertical en este caso) puede modificarse en un grado diferente en comparación con la propiedad elástica del tejido oftálmico 300 en la dirección radial (horizontal en este caso).

En el ejemplo de la figura 7, la elasticidad del tejido oftálmico 300 puede hacerse más grande por las incisiones 250 en la dirección radial en comparación con la dirección tangencial. La elasticidad en la dirección radial puede aumentarse más que la elasticidad en la dirección tangencial por un factor de 1,5:1 o mayor, 2:1 o mayor, 3:1 o mayor, y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. Por el contrario, la colocación de incisiones 250 en una configuración radial con respecto a la córnea 210 puede permitir una mayor elasticidad del tejido oftálmico 300 en la dirección tangencial en comparación con la elasticidad en la dirección radial.

Las figuras 8 y 9 ilustran incisiones 250 practicadas tanto en un lado anterior 460 como en un lado posterior 470 del ojo 110. El lado anterior 460 y el lado posterior 470 pueden verse en más detalle en relación con la figura 12. El sistema de láser 100 de la presente divulgación puede estar configurado para cortar tejido oftálmico 300 a varias profundidades 260, 270. Además, una o varias incisiones 250 pueden tener un origen en el lado posterior 470 del tejido oftálmico 300. Estas incisiones 250 pueden estar configuradas para extenderse desde el lado posterior 470 hasta la profundidad 270.

En algunos casos, las incisiones 250 pueden originarse tanto en el lado anterior 460 como en el lado posterior 470 del tejido oftálmico 300 en el mismo patrón de incisión. Además, las incisiones 250 pueden originarse en el lado anterior 460 y el lado posterior 470 del tejido oftálmico 300 de una manera alterna. Adicionalmente, las incisiones 250 pueden originarse en la estructura interna de una región de tejido oftálmico 300 (por ejemplo, entre el lado anterior 460 y el lado posterior 470) y extenderse a través del tejido oftálmico 300 sin atravesar ningún lado 460, 470.

En las figuras 10-12 pueden verse adicionalmente configuraciones alternas de las incisiones 250. La figura 10 muestra una línea central de incisiones 250 que se originan en el lado posterior 470 del tejido oftálmico 300 mientras que las líneas externas de las incisiones 250 se originan en el lado anterior 460 del tejido oftálmico 300. La figura 10 puede ilustrar el lado anterior 460. La línea central de las incisiones 250 que se originan en el lado posterior 470 puede ilustrarse en líneas imaginarias para indicar que las incisiones 250 no se extienden completamente a través del tejido oftálmico 300. La figura 11 muestra la misma configuración de las incisiones 250 en el tejido oftálmico 300 en tensión.

La figura 12 ilustra una vista en sección transversal de un conjunto de incisiones alternas 250 en el tejido oftálmico 300 en tensión. En este caso, las incisiones 250 alternan entre originarse en el lado anterior 460 y el lado posterior 470 de una región de tejido oftálmico 300. La profundidad 260, 270 de las incisiones 250 puede tener un impacto directo sobre las propiedades elásticas del tejido oftálmico 300. En algunos casos, el patrón alterno de las incisiones 250 en el tejido oftálmico 300 puede permitir que el tejido 300 se doble en una dirección transversal en tensión, mientras que otros patrones de incisión pueden hacer que el tejido 300 se estire a lo largo de un solo lado 460, 470. Esta característica de flexión puede permitir una mayor elongación del tejido oftálmico 300 en tensión sin comprometer la resistencia del tejido al cortar demasiado profundamente el tejido 300.

La característica de flexión puede ilustrarse mediante los ejes 430, 440, 450. Los ejes 430, 440, 450 pueden ser normales con respecto a la capa de tejido oftálmico 300. Con referencia al ejemplo de la figura 12, los ejes 430, 440, 450 pueden trazarse en el tejido oftálmico 300 en tensión donde se han practicado las incisiones 250. Los ejes 430, 440, 450 pueden ser paralelos cuando el tejido oftálmico 300 no contiene incisiones 250. Los ejes 430, 440, 450 pueden extenderse de manera oblicua o de una manera no paralela uno respecto a otro cuando el tejido oftálmico 300 está en tensión e incluye las incisiones 250.

Los ángulos α , β entre los ejes 430, 440, 450 pueden aumentar a medida que aumenta la profundidad de la incisión 260, 270 o aumenta la tensión. En particular, el ángulo α puede aumentar a medida que aumenta la profundidad 260 de la incisión 250 directamente por debajo. El ángulo α también puede aumentar como resultado de que las incisiones 250 adyacentes se practiquen con mayores profundidades 270 o se ejerza una mayor tensión sobre el tejido 300. De manera similar, el ángulo β puede aumentar a medida que aumenta la profundidad 270 de la incisión 250 directamente por encima y en función de la profundidad 260 de las incisiones 250 adyacentes. La medida de los ángulos α , β puede estar relacionada con la elasticidad del tejido oftálmico 300 en la dirección transversal. Los ángulos α , β pueden medir entre aproximadamente 0 grados y aproximadamente 25 grados, entre aproximadamente 5 grados y aproximadamente 15 grados, o entre aproximadamente 10 y aproximadamente 20 grados, y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores.

Las figuras 13-16 muestran varios ejemplos de patrones de incisión. En la figura 13, puede realizarse una línea central de incisiones 250 en el lado anterior 460 de una capa de tejido oftálmico 300 mientras que pueden realizarse líneas externas de incisiones 250 en el lado posterior 470.

5 La figura 14 ilustra un patrón de incisiones 250 que incluye tres segmentos de línea. Cada segmento de línea puede incluir incisiones 250 que se originan de una manera alterna en el lado anterior 460 y el lado posterior 470 a lo largo de la longitud del tejido oftálmico 300. Las incisiones 250 en el lado posterior 470 pueden agruparse entre sí y las incisiones 250 en el lado anterior 460 pueden agruparse entre sí.

10 La figura 15 ilustra otro patrón alterno de incisiones 250 en el que líneas diagonales de incisiones 250 comparten un origen común en el lado anterior 460 o el lado posterior 470.

La figura 16 ilustra un patrón de incisiones 250 en el que las incisiones 250 en el lado anterior 460 pueden formar un patrón en forma de z. Las incisiones 250 en el lado anterior 460 pueden estar limitadas por las incisiones 250 en el lado posterior 470.

Las figuras 17 y 18 muestran otros patrones de incisión a modo de ejemplo. La figura 17 ilustra un patrón de incisión que contiene uno o varios arcos de incisiones 250 dispuestos en un lado de la córnea 210. Un patrón similar puede estar dispuesto en el lado opuesto de la córnea 210. Puede colocarse un tercer conjunto o un cuarto conjunto de incisiones 250 entre los dos conjuntos mostrados en la figura 17 alrededor de la circunferencia de la córnea 210.

La figura 18 ilustra otros patrones de incisión. En el lado derecho del ojo 110, las incisiones 250 pueden formar uno o varios arcos. Los uno o varios arcos pueden estar situados concéntricamente alrededor de la córnea 210. En la parte superior izquierda del ojo 110, las incisiones 250 pueden practicarse en segmentos de línea dispuestos tangencialmente con respecto a la córnea 210. En la parte inferior izquierda del ojo 110, las incisiones 250 pueden estar dispuestas en segmentos de línea que se extienden radialmente desde la córnea 210. Todos los patrones a modo de ejemplo mostrados en las figuras 17 y 18 pueden incluir incisiones 250 que se originan en el lado anterior 460 o lado posterior 470 del tejido oftálmico 300, como se comentó anteriormente. La presente divulgación puede contemplar otras orientaciones y formas de los segmentos de línea, incluyendo líneas paralelas, segmentos de línea elípticos y patrones poligonales.

El número de incisiones 250 que forman un segmento de línea, así como el número de segmentos de línea separados en un patrón de incisión dado pueden variar. El número de incisiones 250 que pueden formar un segmento de línea o arco dentro del patrón de incisión puede incluir entre 2 incisiones y 20 incisiones, entre 2 incisiones y 10 incisiones, entre 2 incisiones y 6 incisiones, y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. Un único segmento de línea o arco puede formar un patrón de incisión, mientras que, en otros casos, dos, tres, cuatro o cinco segmentos de línea o arcos pueden formar un patrón de incisión. En un único patrón de incisión también pueden ser posibles combinaciones de las líneas y formas anteriores.

La figura 19 muestra otro patrón de incisión a modo de ejemplo. En este caso, una línea central de incisiones 250 centradas en el eje lineal 320 puede estar limitada por dos líneas arqueadas con ejes arqueados 310, 330. Una de las líneas arqueadas puede estar dispuesta en una ubicación convexa con respecto a la córnea 210 mientras que la otra puede ser concéntrica o casi concéntrica con respecto a la córnea 210. Adicionalmente, los ejes 310, 330 de una o varias de las líneas externas pueden cruzar el eje 320 de la línea interna. La introducción de varias líneas arqueadas puede permitir una conformación más precisa de la córnea 210.

La presente divulgación también incluye procedimientos para realizar procedimientos quirúrgicos oftálmicos que no formen parte de la invención reivindicada. Por ejemplo, puede generarse un haz de láser 140 por medio de una fuente de láser 130. Este haz 140 puede dirigirse hacia una región objetivo ocular. Puede hacerse un barrido del haz de láser 140 a lo largo de un patrón de barrido dentro de la región objetivo ocular para crear un patrón de incisiones para relajar el tejido oftálmico 300 en la región objetivo ocular. En algunos casos, las incisiones 250 se extienden sólo parcialmente a través del tejido oftálmico 300. Como se explicó anteriormente, el patrón de incisiones puede incluir uno o varios conjuntos de líneas paralelas, una malla de cortes, un enrejado de cortes o un patrón de incisiones escalonadas, o una combinación de éstos. Además, las incisiones 250 pueden originarse en el lado anterior 460 o el lado posterior 470 del tejido oftálmico 300.

Las formas de realización y los ejemplos descritos en el presente documento pueden proporcionar dispositivos, sistemas y procedimientos para practicar incisiones en tejido oftálmico. Los ejemplos proporcionados anteriormente pueden ser de carácter ejemplar y no limitativo. Un experto en la técnica puede idear fácilmente otros sistemas consistentes con las formas de realización dadas a conocer, que se pretende que estén dentro del alcance de esta divulgación. Así, la solicitud sólo puede limitarse por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de láser quirúrgico oftálmico (100), que comprende:
- 5 una fuente de láser (130), configurada para generar un haz de láser;
- un sistema de entrega de barrido (150), configurado para:
- 10 dirigir el haz de láser hacia una región objetivo ocular; y
- hacer un barrido del haz de láser a lo largo de un patrón de barrido en la región objetivo ocular de un ojo;
- un controlador de sistema (160) en comunicación con el sistema de entrega de barrido,
- 15 estando configurado el controlador de sistema para controlar el sistema de entrega de barrido para hacer un barrido del haz de láser a lo largo del patrón de barrido para crear un patrón de cortes para relajar el tejido oftálmico en la región objetivo ocular, comprendiendo el tejido oftálmico una capa que tiene un lado anterior y un lado posterior, en el que:
- 20 cada corte del patrón de cortes se extiende sólo parcialmente a través del tejido oftálmico;
- caracterizado por que:
- al menos un corte del patrón de cortes se origina en el lado posterior; y
- 25 el patrón de cortes comprende cortes que se originan en el lado anterior y el lado posterior del tejido oftálmico de una manera alterna.
2. El sistema según la reivindicación 1, en el que el controlador de sistema comprende:
- 30 una memoria (180), configurada para almacenar un conjunto de instrucciones para controlar el sistema de entrega de barrido; y
- un generador de señales de control (170), configurado para emitir señales de control para el sistema de entrega de barrido correspondientes al conjunto de instrucciones almacenado, en el que las señales de control indican al sistema de entrega de barrido que haga un barrido del haz de láser a lo largo del patrón de barrido.
3. El sistema según la reivindicación 1, en el que el patrón comprende:
- 40 al menos uno de un conjunto de líneas paralelas, una malla de cortes, un enrejado de cortes o un patrón de cortes escalonados.
4. El sistema según la reivindicación 1, en el que el patrón de cortes comprende:
- 45 uno o varios arcos que se extienden concéntricamente alrededor de la córnea del ojo.
5. El sistema según la reivindicación 4, en el que cada uno de los uno o varios arcos está definido por múltiples cortes separados entre sí.
- 50 6. El sistema según la reivindicación 5, en el que al menos un corte de un primer arco del patrón de cortes está al menos parcialmente alineado con al menos un corte de un segundo arco del patrón de cortes de modo que un rayo que se origine en un centro de la córnea atravesaría cortes tanto del primer arco como del segundo arco.
7. El sistema según la reivindicación 1, en el que:
- 55 al menos un corte del patrón de cortes se extiende con un radio o ángulo diferente en comparación con al menos otro corte del patrón de cortes.
8. El sistema según la reivindicación 1, en el que:
- 60 el patrón de cortes crea una estructura de malla de tejido oftálmico sin cortar entre una parte central y una parte periférica de la región objetivo ocular entre dos extremos del patrón de cortes.
9. El sistema según la reivindicación 1, en el que:
- 65 el tejido oftálmico comprende una capa que tiene un lado anterior y un lado posterior; y

cada uno de los cortes del patrón de cortes se extiende a través del tejido oftálmico entre aproximadamente el 10% y aproximadamente el 80% de un espesor entre el lado anterior y el lado posterior del tejido oftálmico.

5 10. El sistema según la reivindicación 1, en el que:

el patrón de cortes está configurado para modificar una propiedad elástica de la región de tejido oftálmico en una dirección radial de manera diferente en comparación con una dirección tangencial.

10 11. El sistema según la reivindicación 1, en el que:

la elasticidad en la dirección radial se aumenta más que la elasticidad en la dirección tangencial por un factor de 2:1 o mayor.

15 12. El sistema según la reivindicación 1, en el que el patrón de cortes comprende:

un primer conjunto de cortes en un primer lado de una córnea del ojo; y

un segundo conjunto de cortes en un segundo lado de la córnea, opuesto al primer lado.

20

13. El sistema según la reivindicación 12, en el que el patrón de cortes comprende, además:

un tercer conjunto de cortes en un tercer lado de la córnea, estando situado el tercer lado entre el primer lado y el segundo lado alrededor de una circunferencia de la córnea.

25

14. El sistema según la reivindicación 1, en el que el patrón de cortes comprende:

una o varias líneas que se extienden radialmente hacia fuera desde una córnea del ojo.

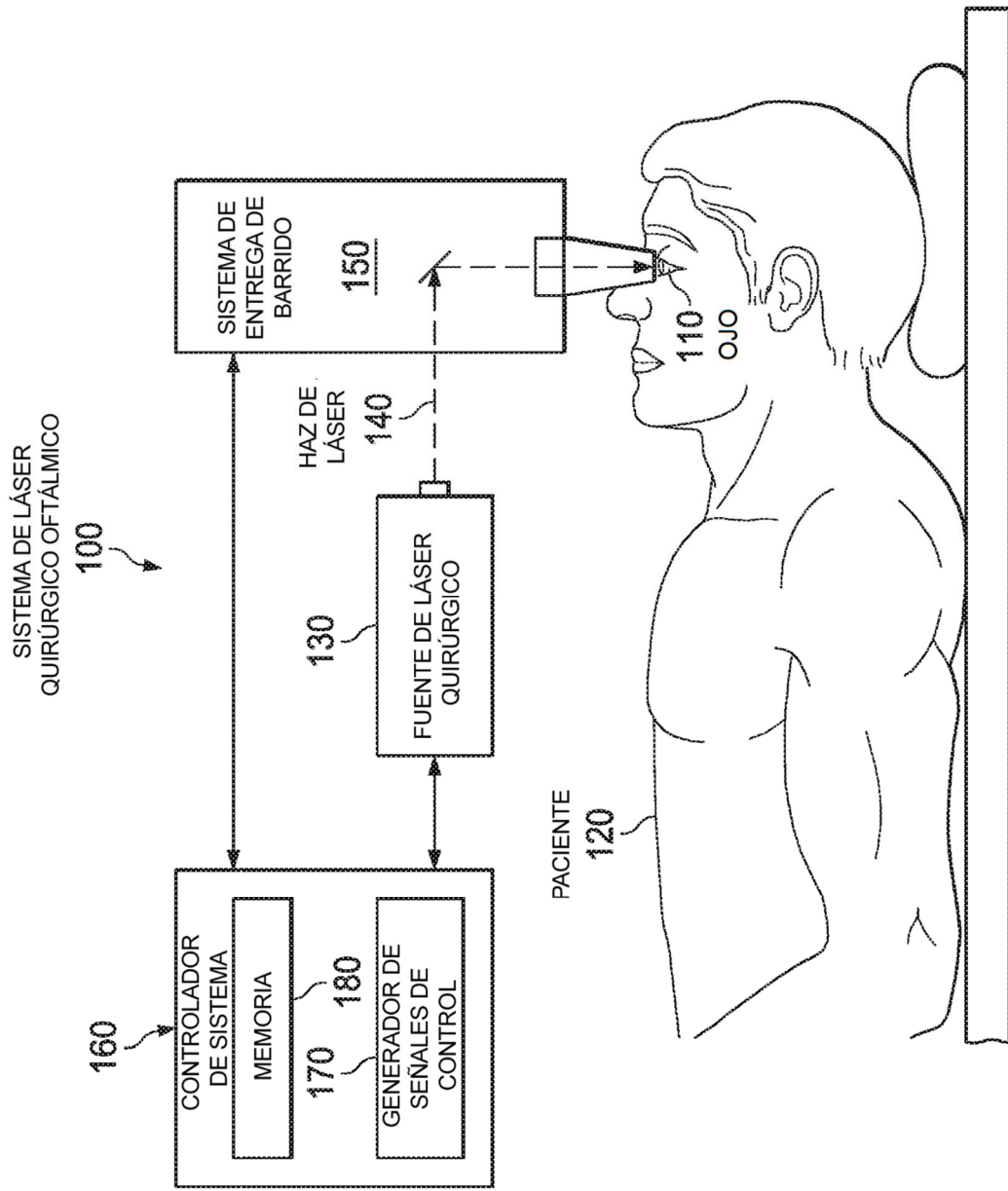


Fig. 1

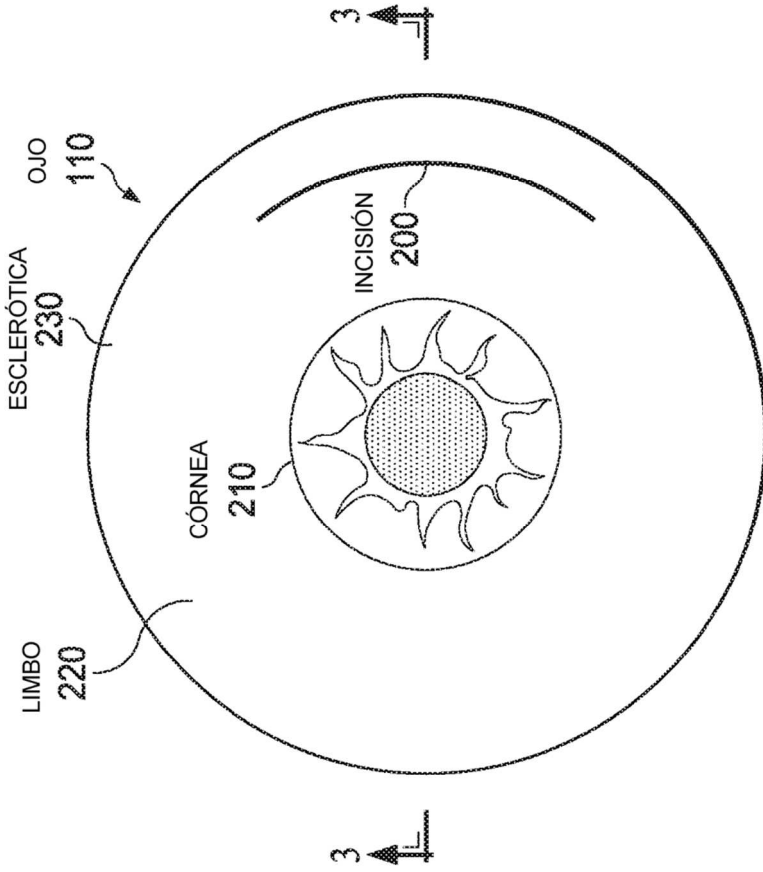


Fig. 2
(TÉCNICA ANTERIOR)

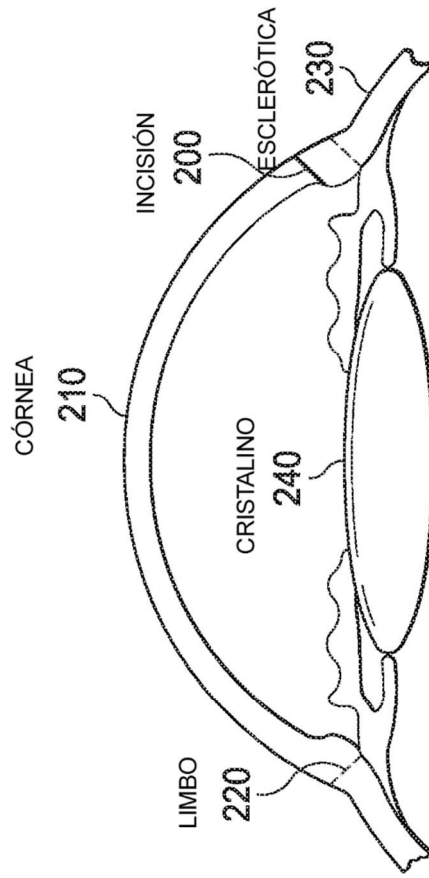


Fig. 3
(TÉCNICA ANTERIOR)

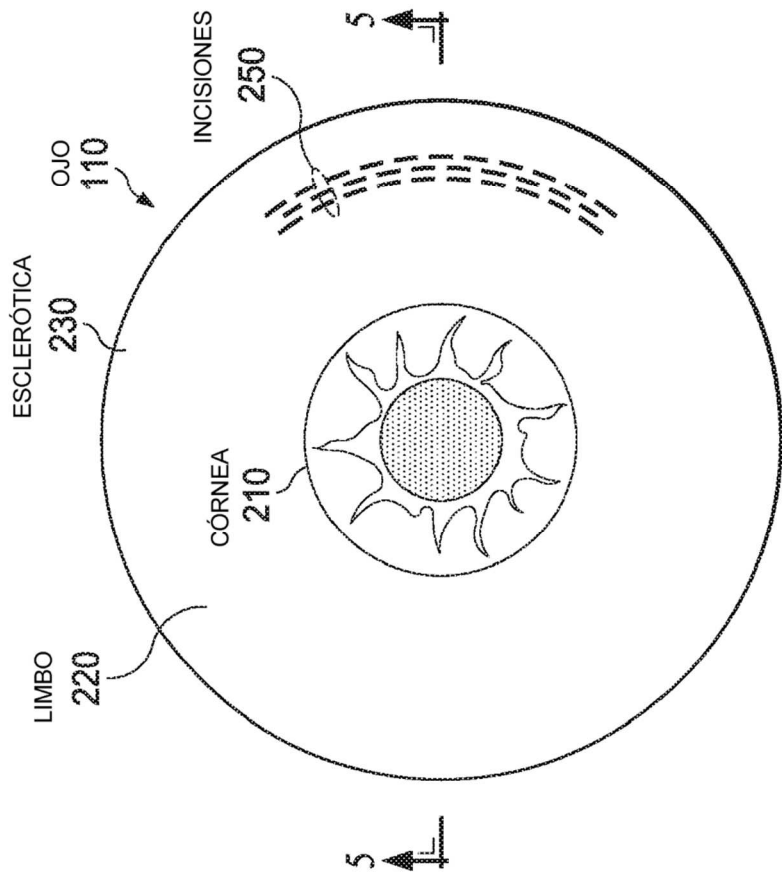


Fig. 4

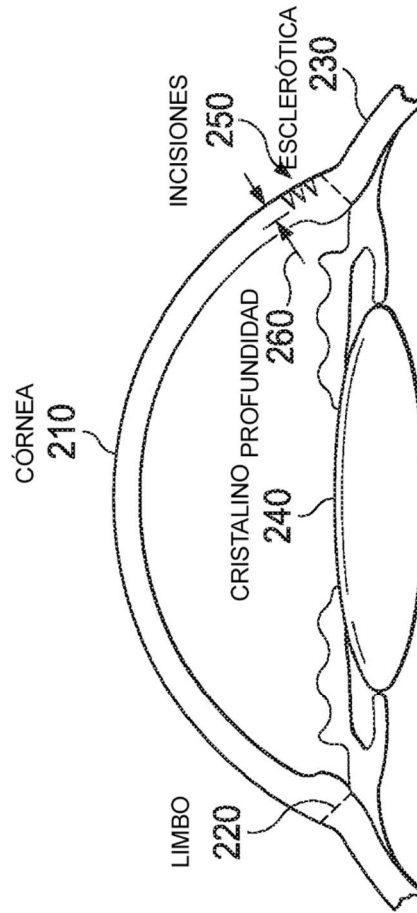
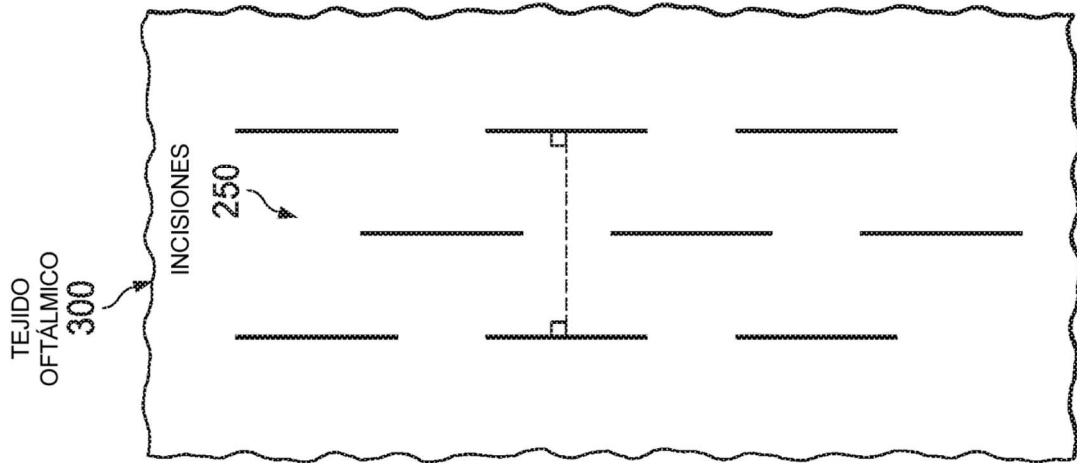
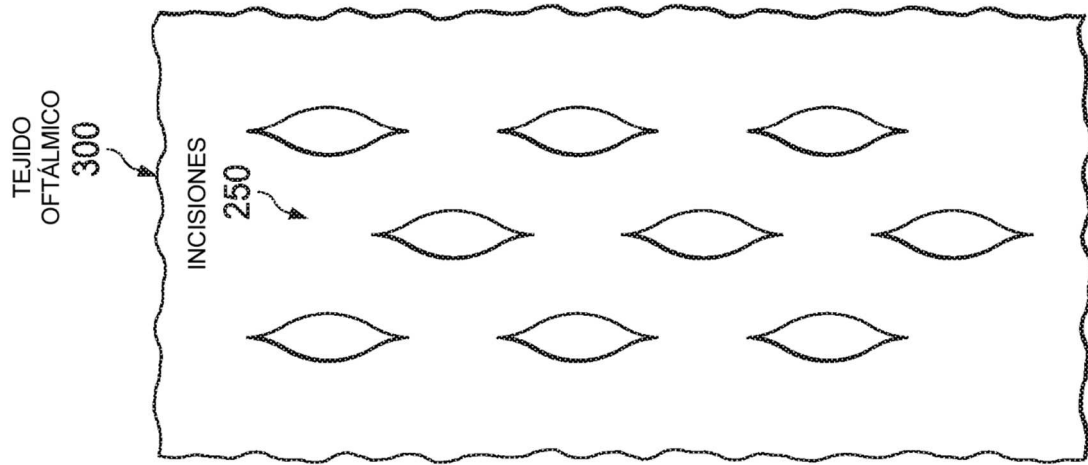


Fig. 5



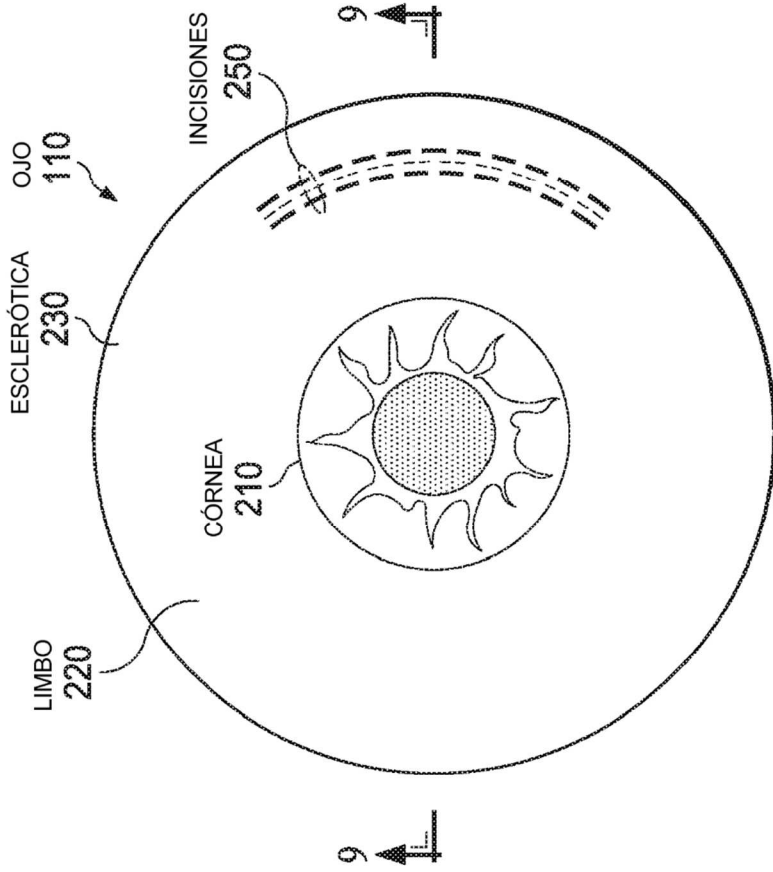


Fig. 8

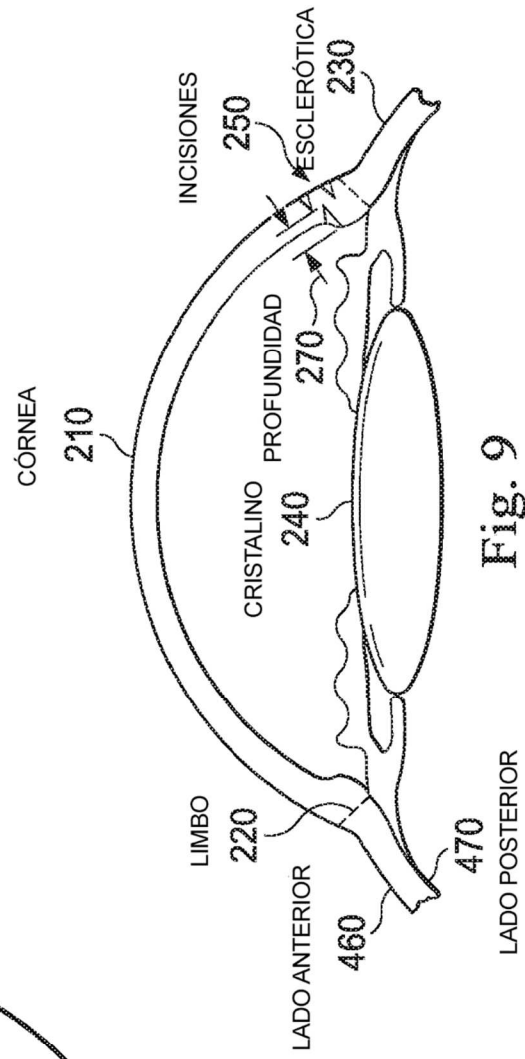
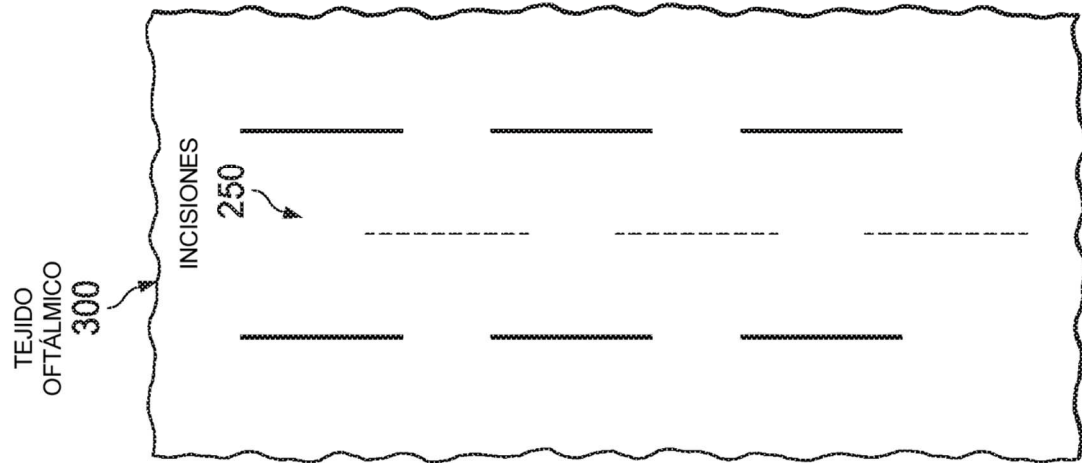
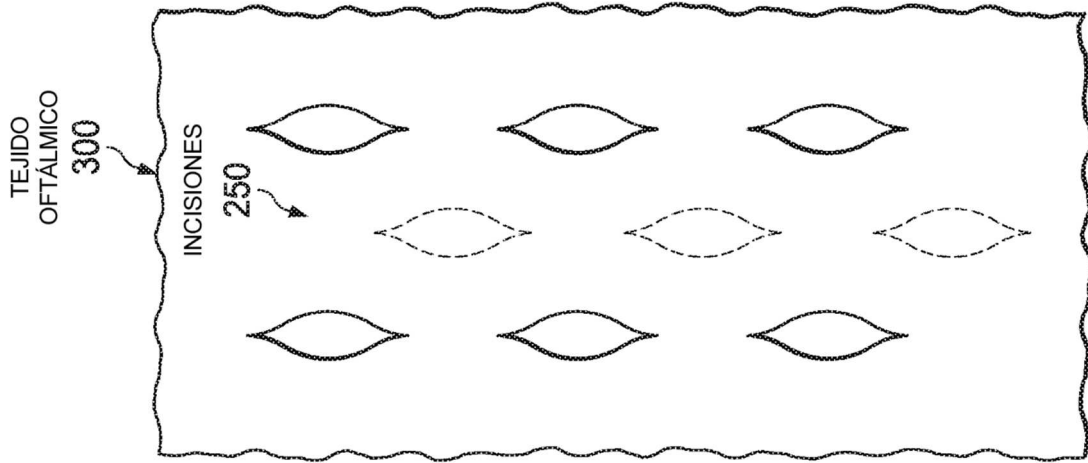


Fig. 9



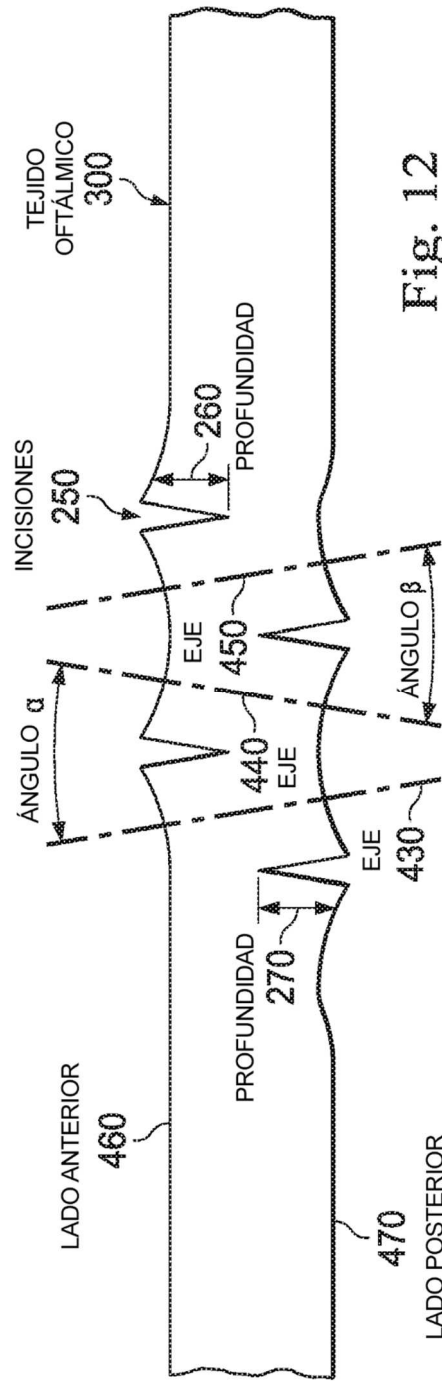


Fig. 12

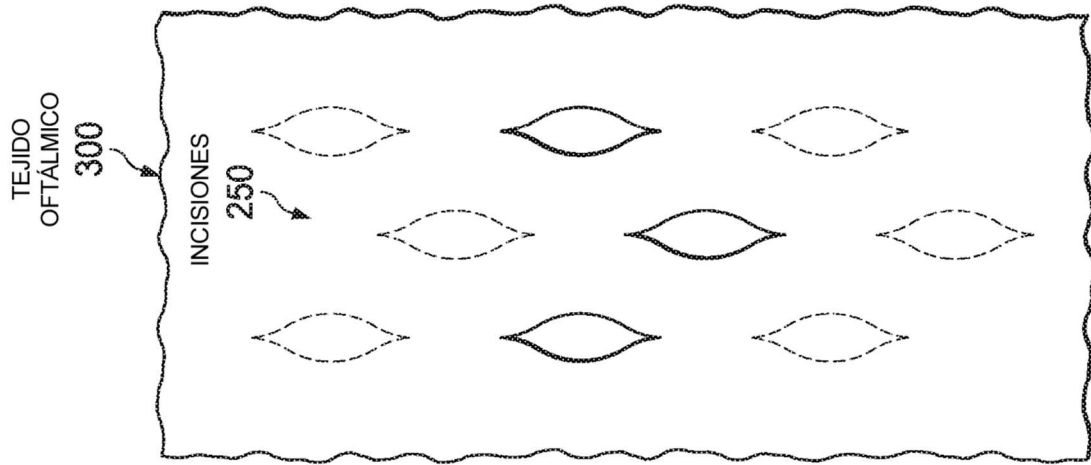


Fig. 14

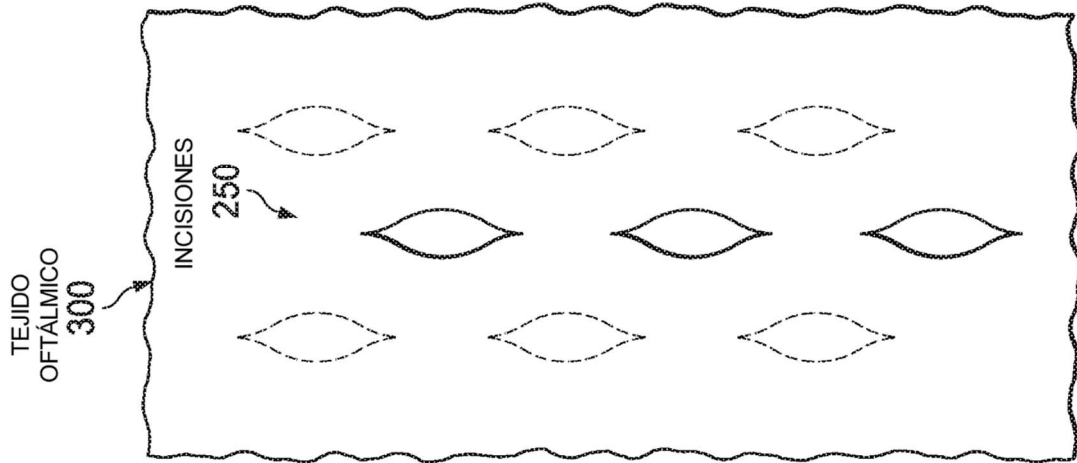


Fig. 13

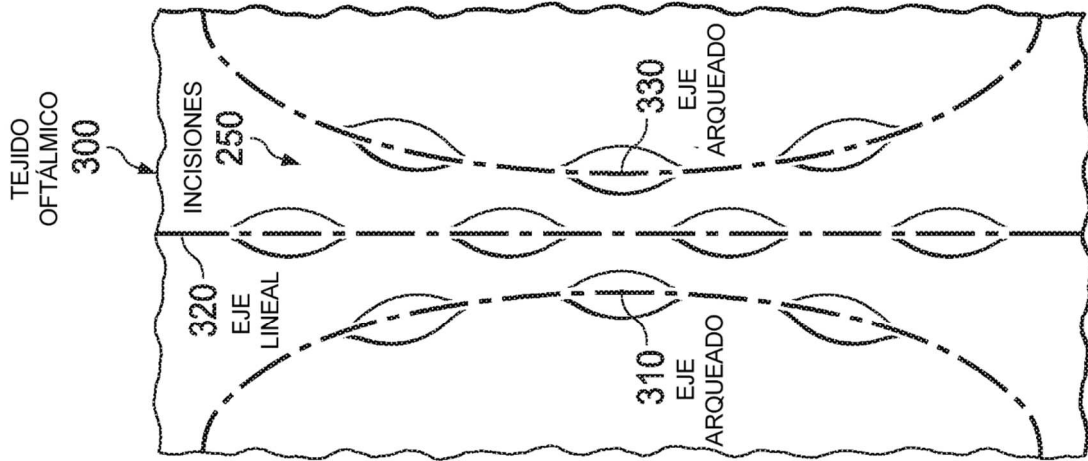


Fig. 19

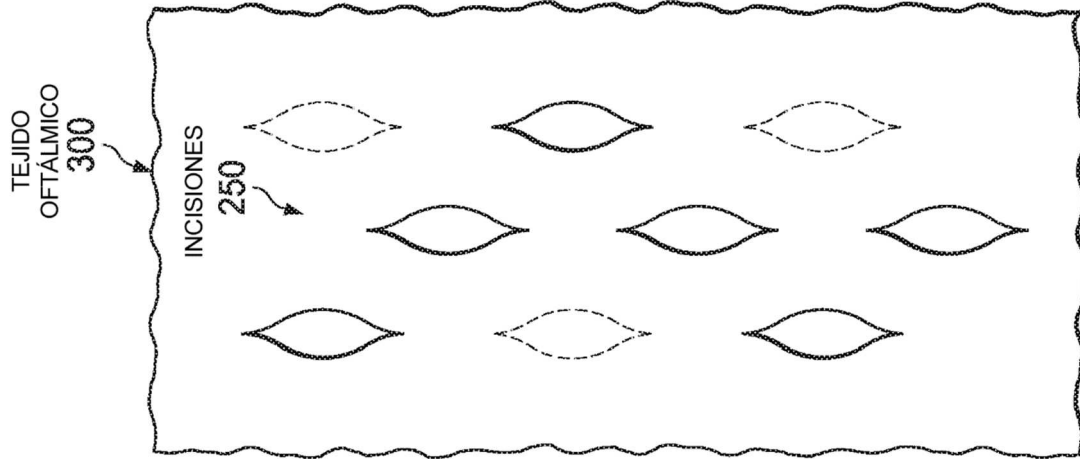


Fig. 16

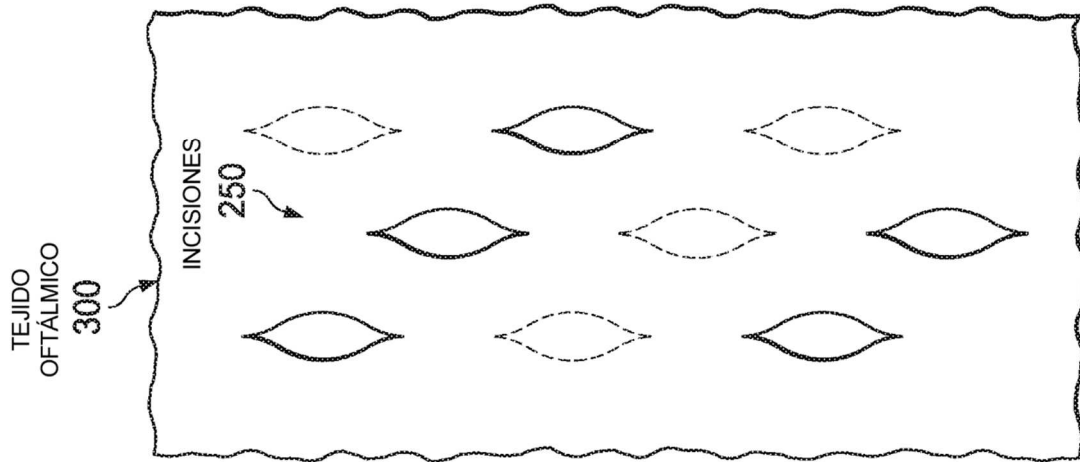


Fig. 15

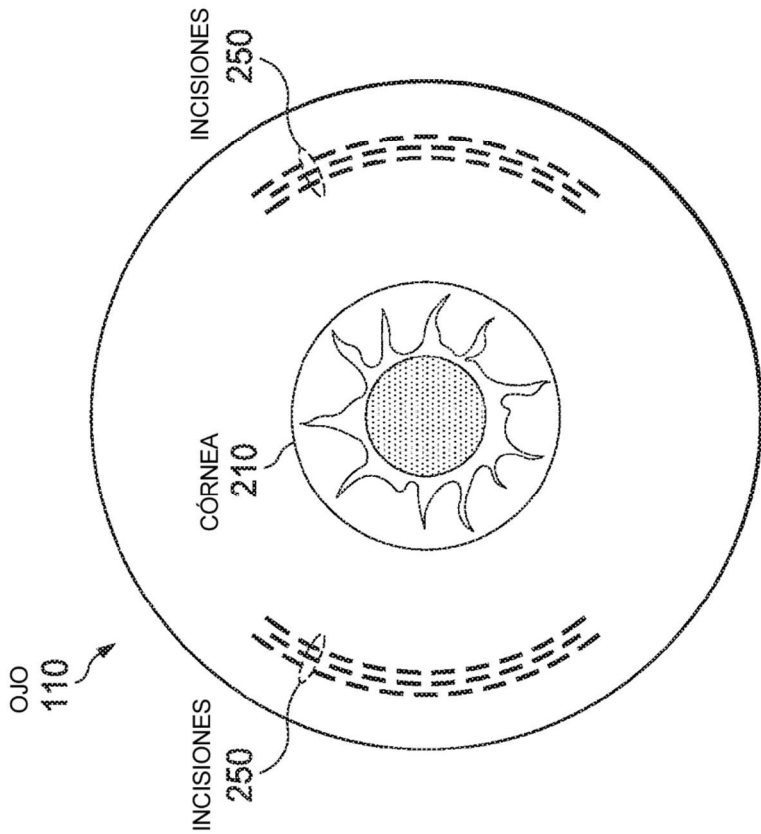


Fig. 17

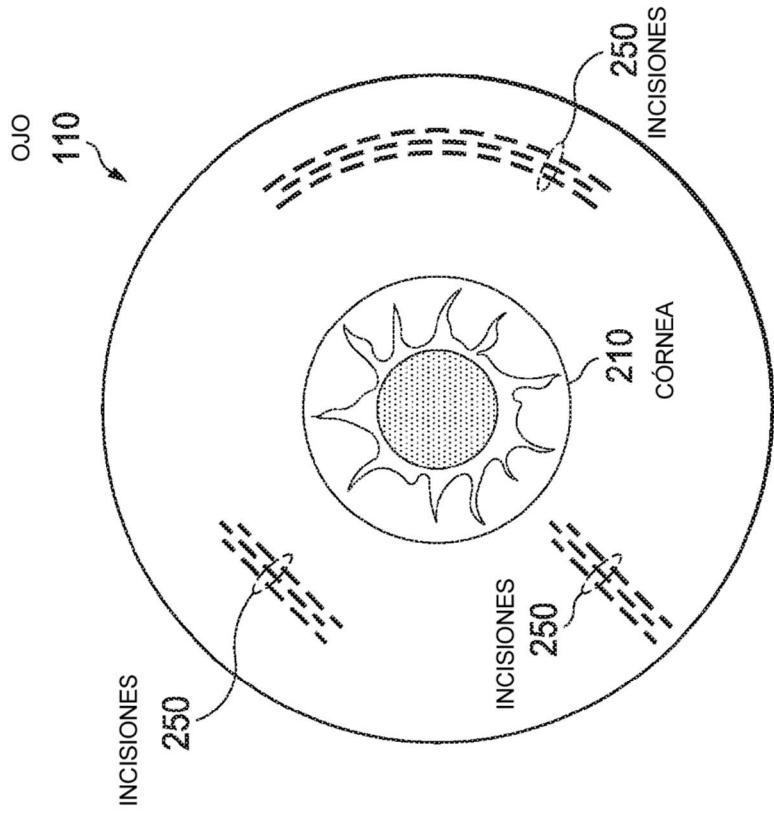


Fig. 18