

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 706**

51 Int. Cl.:

**A61F 9/008** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2011 PCT/EP2011/005659**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.05.2013 WO13068025**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2011 E 11782067 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018 EP 2775973**

54 Título: **Eliminación epitelial asistida por láser**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.06.2018**

73 Titular/es:  
**WAVELIGHT GMBH (100.0%)  
Am Wolfsmantel 5  
91058 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:  
**DONITZKY, CHRISTOF y  
KLENKE, JÖRG**

74 Agente/Representante:  
**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 673 706 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

Eliminación epitelial asistida por láser

### CAMPO TÉCNICO

5 La presente exposición se refiere en general a dispositivos quirúrgicos corneales, y más particularmente a eliminación epitelial asistida por láser.

### ANTECEDENTES

La cirugía refractiva típicamente conforma de nuevo la córnea para corregir defectos refractivos en el ojo. En algunos tipos de cirugía refractiva, el epitelio de la córnea es separado de la capa de Bowman, y a continuación la capa de Bowman junto con el estroma corneal es conformada para aplicar la corrección refractiva.

10 Hay varias técnicas conocidas para eliminar el epitelio, pero estas técnicas pueden producir pobres resultados que afectan adversamente al proceso de conformación y/o alargan el tiempo de recuperación. Por ejemplo, en la queratectomía foto-refractiva (PRK), se utiliza un instrumento quirúrgico (tal como una cuchilla de hockey) para eliminar el epitelio. La fuerza utilizada para separar el epitelio, sin embargo, puede traumatizar la córnea. Además, el instrumento quirúrgico puede dañar, arrugar, o rasgar la capa de Bowman. Además, el cirujano podría crear una zona quirúrgica mayor de la que es ópticamente necesaria. Como otro ejemplo, en la Queratomileusis Sub-Epitelial Asistida por Láser (LASEK), se utiliza una solución de alcohol para debilitar las células epiteliales de modo que puedan ser retiradas manualmente. La solución de alcohol, sin embargo, puede secar la capa de Bowman y cambiar la tasa de ablación de la capa, lo que afecta a cómo debería ser aplicada la corrección deseada. La solución de alcohol puede también retrasar la curación. Aún como otro ejemplo, en Epi-Lasik, se utiliza un separador para separar el epitelio de la capa de Bowman. El separador, sin embargo, puede dañar la capa de Bowman. Como último ejemplo, un láser excimer puede ser utilizado para eliminar el epitelio y conformar la córnea. El láser excimer, sin embargo, no funciona óptimamente en ciertas situaciones.

20 Como otro ejemplo aún, los documentos WO2004/026198, WO2007/143111, US2009/0247999 y US2010/0210996 describen sistemas láser de femtosegundo para eliminar la capa epitelial de la córnea.

### 25 BREVE RESUMEN

En ciertas realizaciones, un dispositivo configurado para realizar eliminación epitelial comprende un dispositivo láser y un ordenador de control. El dispositivo láser puede separar el epitelio de la capa de Bowman utilizando radiación láser pulsada que tiene impulsos ultracortos (tales como impulsos de pico-, femto-, o attosegundo). El dispositivo láser incluye componentes controlables que controlan un foco de la radiación láser pulsada. El ordenador de control instruye a los componentes controlables para enfocar la radiación láser pulsada en la capa basal celular del epitelio para producir la foto-disrupción al menos de una parte de la capa basal celular.

Un método para realizar la eliminación epitelial, cuyo método no forma parte de esta invención, incluye enfocar radiación láser pulsada en una capa celular epitelial del epitelio del ojo. La radiación láser pulsada tiene impulsos ultracortos. Al menos una parte de la capa celular epitelial sufre foto-disrupción, y el epitelio es separado de la capa de Bowman del ojo.

35 En ciertas realizaciones, un medio tangible legible por ordenador almacena código informático para realizar la eliminación epitelial enfocando radiación láser pulsada en una capa basal celular del epitelio de un ojo. La radiación láser pulsada tiene impulsos ultracortos. Al menos una parte de la capa basal celular sufre foto-disrupción, y el epitelio es separado de la capa de Bowman del ojo.

La invención está definida en las reivindicaciones.

### 40 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se describirán a continuación realizaciones ejemplares de la presente exposición a modo de ejemplo en mayor detalle con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

Las figs. 1A y 1B ilustran ejemplos de dispositivos configurados para realizar eliminación epitelial de acuerdo con ciertas realizaciones;

45 Las figs. 2A a 2C ilustran un ejemplo de una capa celular del epitelio de una córnea que puede haber sufrido una foto-disrupción de acuerdo con ciertas realizaciones;

Las figs. 3 y 4 ilustran ejemplos de elementos epiteliales que pueden ser creados a partir de una córnea de acuerdo con ciertas realizaciones;

La fig. 5 ilustra una sección transversal de un ejemplo de una incisión de lecho y ejemplos de instituciones laterales; y

Las figs. 6A y 6B ilustran ejemplos de formación de una incisión de lecho y de formación de una incisión lateral.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES EJEMPLARES

5 Con referencia ahora a la descripción y dibujos, se han mostrado en detalle realizaciones ejemplares de los aparatos y sistemas descritos. La descripción y dibujos no pretenden ser exhaustivos o limitar o restringir de otro modo las reivindicaciones a las realizaciones específicas mostradas en los dibujos y expuestas en la descripción. Aunque los dibujos representan realizaciones posibles, los dibujos no están necesariamente a escala y ciertas características pueden estar simplificadas, exageradas, eliminadas, o seccionadas parcialmente para ilustrar mejor las realizaciones. Además, ciertos dibujos pueden ser de forma esquemática.

10 Las figs. 1A y 1B ilustran ejemplos de dispositivos 10 configurados para realizar eliminación epitelial de acuerdo con ciertas realizaciones. En las realizaciones, el dispositivo 10 incluye un dispositivo láser y un ordenador de control. El dispositivo láser puede separar el epitelio de la córnea de la capa de Bowman utilizando radiación láser pulsada con impulsos ultracortos (tales como impulsos de pico-, femto-, o attosegundo). El dispositivo láser puede incluir componentes controlables que enfocan la radiación láser pulsada. El ordenador de control instruye a los componentes controlables para enfocar la radiación láser pulsada en una capa de células del epitelio para destruir al menos una parte de la capa para separar el epitelio de la capa de Bowman. Un láser excimer puede ser utilizado a continuación para volver a conformar la capa de Bowman y el estroma superior de la córnea para aplicar una corrección refractiva. En ciertas realizaciones, el epitelio separado forma un elemento epitelial (tal como un colgajo epitelial o capuchón epitelial), que puede o no ser reemplazado después de la corrección refractiva. En otras realizaciones, el epitelio es eliminado completamente de la córnea, por ejemplo, con un instrumento quirúrgico adecuado tal como un raspador, almohadilla, o esponja.

15 En el ejemplo ilustrado de la figura 1A, el dispositivo 10 realiza la cirugía sobre un ojo 22. El dispositivo 10 incluye un dispositivo láser 15, un adaptador 20 del paciente, un ordenador de control 30, una memoria 32, un sistema 36 de tomografía de coherencia óptica (OCT) (con un escáner 37 integrado) acoplado como se ha mostrado. El sistema OCT 36 puede o no ser acoplado al ordenador de control 30. El dispositivo láser 15 puede incluir una fuente 12 de láser, un escáner 16, uno o más elementos ópticos 17, y/o un objetivo 18 de focalización acoplado como se ha mostrado. El adaptador 20 del paciente puede incluir un elemento de contacto 24 (que tiene una cara de tope 26 dispuesta hacia fuera desde una muestra) y un manguito 28 acoplado como se ha mostrado. La memoria 32 almacena un programa de control 34. La muestra puede ser un ojo 22 o una sonda.

20 La fuente 12 de láser genera un haz láser 14 con impulsos ultracortos. En este documento, un impulso "ultracorto" de luz se refiere a un impulso de luz que tiene una duración menor de un nanosegundo, tal como del orden de un picosegundo, femtosegundo, o attosegundo. El punto focal del haz láser 14 puede crear una rotura óptica inducida por láser (LIOB) en tejidos tales como la córnea. El haz láser 14 pueden ser enfocados de manera precisa para permitir incisiones precisas en las capas celulares corneales, que pueden reducir o evitar la destrucción innecesaria de otro tejido.

25 Ejemplos de fuente 12 de láser incluyen láseres de femtosegundo, picosegundo, y attosegundo. El haz láser 14 pueden tener cualquier longitud de onda adecuada, tal como una longitud de onda del orden de 300 a 1500 nanómetros (nm), por ejemplo una longitud de onda del orden de 300 a 650, 650 a 1050, 1050 a 1250, o 1100 a 1500 nm. El haz láser 14 pueden también tener un volumen de foco relativamente pequeño, por ejemplo 5 micrones (µm) o menos de diámetro. En ciertas realizaciones, la fuente 12 de láser y/o el canal de entrega pueden estar en un vacío o cerca de un vacío.

30 El escáner 16, los elementos ópticos 17, y el objetivo 18 de focalización están en el trayecto del haz. El escáner 16 controla transversal y longitudinalmente el punto focal del haz láser 14. "Transversal" se refiere a una dirección en ángulo recto con la dirección de propagación del haz láser 14, y "longitudinal" se refiere a la dirección de propagación del haz. El plano transversal puede ser designado como el plano x-y, y la dirección longitudinal puede ser designada como la dirección z. En ciertas realizaciones, la cara de tope 26 de la interfaz 20 de paciente está en un plano x-y.

35 El escáner 16 puede dirigir transversalmente el haz láser 14 de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, el escáner 16 puede incluir un par de espejos de escáner accionados galvanométricamente que pueden ser inclinados alrededor de ejes perpendiculares entre sí. Como otro ejemplo, el escáner 16 puede incluir un cristal electro-óptico que puede dirigir electro-ópticamente el haz láser 14. El escáner 16 puede dirigir longitudinalmente el haz láser 14 de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, el escáner 16 puede incluir una lente ajustable longitudinalmente, una lente de potencia refractiva variable, o un espejo deformable que puede controlar la posición z del foco del haz. Los componentes de control del foco del escáner 16 pueden estar dispuestos de cualquier manera adecuada a lo largo del trayecto del haz, por ejemplo en la misma unidad o en diferentes unidades modulares.

40 Uno (o más) elementos ópticos 17 dirigen el haz láser 14 hacia el objetivo 18 de focalización. Un elemento óptico 17 puede ser cualquier elemento óptico adecuado que puede reflejar, refractar, y/o difractar el haz láser 14. Por ejemplo, un elemento óptico 17 puede ser un espejo de desviación inamovible. El objetivo 18 de focalización enfoca el haz láser 14 sobre el adaptador 20 de paciente, y puede estar acoplado de manera que se puede separar al adaptador 20 de paciente. El objetivo 18 de focalización puede ser cualquier elemento óptico adecuado, tal como un objetivo f-theta.

El adaptador 20 de paciente se interconecta con la córnea del ojo 22. En el ejemplo, el adaptador 20 de paciente tiene un manguito 28 acoplado a un elemento de contacto 24. El manguito 28 se acopla al objetivo 18 de focalización. El elemento de contacto 24 puede ser translúcido o transparente a la radiación láser y tiene una cara de tope 26 que interconecta con la córnea y puede nivelar una parte de la córnea. En ciertas realizaciones, la cara de tope 26 es plana y forma un área plana sobre la córnea. La cara de tope 26 puede estar en un plano x-y, así el área plana está también en un plano x-y. En otras realizaciones, la córnea no necesita tener el área plana.

El ordenador de control 30 controla los componentes controlables, por ejemplo, la fuente 12 de láser y el escáner 16, de acuerdo con el programa 34 de control. El programa 34 de control contiene código informático que instruye a los componentes controlables para enfocar la radiación láser pulsada en una capa de células epiteliales del epitelio para producir la foto-disrupción de al menos una parte de la capa. La foto-disrupción forma una separación entre la capa de células epiteliales y el resto de la córnea.

En ciertos ejemplos de funcionamiento, el escáner 16 puede dirigir el haz de láser 14 para formar incisiones de cualquier geometría adecuada. Ejemplos de tipos de incisiones incluyen incisiones de lecho e incisiones laterales. Una incisión de lecho (por ejemplo, una "incisión de lecho epitelial de colgajo") es una incisión bidimensional que está típicamente en un plano x-y. El escáner 16 puede formar una incisión de lecho enfocando el haz láser 14 a un valor z constante bajo la cara de tope 26 y moviendo el foco en un patrón en un plano x-y. Una incisión lateral es una incisión que se extiende desde debajo de la superficie corneal (tal como desde una incisión de lecho) a la superficie. El escáner 16 puede formar una incisión lateral cambiando el valor de z del foco del haz láser 14 y cambiando opcionalmente los valores x y/o y.

En ciertas realizaciones, el ordenador de control 30 determina la profundidad de la capa de células epiteliales e instruye a los componentes controlables para enfocar el haz de láser 14 para formar una incisión de lecho a esa profundidad. La profundidad puede ser determinada de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, un usuario (tal como un cirujano) puede introducir la profundidad, que es definida por el ordenador de control 30.

En ciertas realizaciones, el sistema 36 de tomografía de coherencia óptica (OCT) mide la profundidad de la capa de células epiteliales y envía la profundidad al ordenador de control 30. El escáner 37 del sistema OCT 36 puede dirigir un haz 19 de medición hacia elementos ópticos 17, que dirigen el haz 19 hacia el ojo 22 para medir el ojo 22. El sistema OCT 36 utiliza interferometría de baja coherencia para determinar la ubicación de partes del ojo 22 (por ejemplo, el epitelio, la capa de Bowman, el estroma, la membrana de Descemet, y/o el Endotelio), y puede tener una resolución de menos de un (1) micrón ( $\mu\text{m}$ ). El haz de láser 14 y el haz 19 de medición pueden ser utilizados al mismo tiempo o pueden ser utilizados en momentos diferentes.

En el ejemplo ilustrado de la fig. 1B, el dispositivo 10 incluye un divisor 15 de haz, hacia el que el sistema OCT 36 dirige el haz 19 de medición. El sistema OCT 36 puede o no ser acoplado al ordenador de control 30.

En ciertas realizaciones, el divisor 15 de haz conmuta entre el haz láser 14 y el haz 19 de medición para permitir que tanto el haz láser 14 como el haz 19 de medición utilicen el escáner 16. El divisor 15 de haz puede tener cualesquiera características adecuadas para conmutar desde un haz a otro haz, por ejemplo, el divisor 15 de haz puede incluir al menos un espejo móvil o un revestimiento dieléctrico y/o puede ser acoplado a un dispositivo móvil tal como un carro o un brazo controlable.

Las figs. 2A a 2C ilustran un ejemplo de una capa de células epiteliales del epitelio de una córnea que puede sufrir foto-disrupción de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención. La fig. 2A ilustra las capas 45 de una córnea. Las capas 45 incluyen el epitelio (o Epitelio) 50, la capa 54 de Bowman, el estroma (o Estroma) 56, la membrana 58 de Descemet, y el endotelio (o Endotelio) 60. La fig. 2B ilustra una película 62 de rasgado pre-corneal y un subconjunto 48 de las capas corneales 45. El subconjunto 48 incluye el epitelio 50 y la capa 54 de Bowman. El epitelio 50 incluye las siguientes capas de células: las células escamosas 64, las células de ala 66, las células basales 68, y la membrana basal 70.

Cualquier parte adecuada del epitelio 50 puede sufrir foto-disrupción. Una o más de cualquiera de las capas de células epiteliales pueden ser seleccionadas para foto-disrupción. Por ejemplo, las células basales 68 o las células basales 68 y las células de ala 66 pueden sufrir foto-disrupción. (En el ejemplo de la fig. 2C, la capa de células basal es destruida). Además, una parte de la capa celular puede sufrir foto-disrupción en la dirección z, pero parte de la capa celular puede permanecer sobre la córnea. Por ejemplo, algunas células de ala 66 posteriores pueden ser destruidas, pero algunas células de ala 66 anteriores pueden permanecer. Además, un área particular (o "zona objetivo") en el plano x-y puede ser seleccionada para foto-disrupción. Por ejemplo, una zona objetivo que forma el lecho de un elemento epitelial puede sufrir foto-disrupción. La foto-disrupción de una capa del epitelio 50 puede ser considerada como que crea una separación entre el epitelio 50 y el resto de la córnea y separar así el epitelio 50 de la córnea.

El dispositivo 10 puede producir foto-disrupción de una capa de células epiteliales de cualquier manera adecuada. En ciertas realizaciones, el ordenador de control 30 puede instruir al dispositivo láser para enfocar el haz láser 14 a un valor z constante bajo la cara de tope 26 y mover a un patrón en el plano x-y que sustancialmente cubre la zona objetivo. Puede utilizarse cualquier patrón adecuado. Por ejemplo, de acuerdo con un patrón en zigzag, el trayecto de escaneo tiene un valor y constante y se mueve en la dirección +x. Cuando el trayecto de escaneo alcanza un punto del límite de la zona objetivo, el trayecto se mueve a un valor y siguiente que es una distancia predeterminada desde el valor y previo y

a continuación se mueve en la dirección -x hasta que alcanza otro punto del límite. El trayecto de escaneo continúa hasta que se ha escaneado la zona objetivo completa. Como otro ejemplo, de acuerdo con un patrón espiral, el patrón de escaneo comienza en o cerca del centro de la zona objetivo y se mueve en un patrón espiral hasta que el trayecto alcanza el límite de la zona objetivo, o viceversa.

5 Como el haz láser 14 se desplaza a lo largo del trayecto de escaneo, los impulsos del haz láser crean foto-disrupciones. En ciertas situaciones, un patrón de trayecto de escaneo puede producir una distribución no uniforme de micro-disrupciones sobre la zona objetivo. En estos casos, el haz láser 14 pueden ser modificado para hacer la distribución más uniforme. Por ejemplo, ciertos impulsos pueden ser bloqueados o la energía de impulso puede ser disminuida para reducir el número o el efecto de los impulsos en una región particular.

10 Las figs. 3 y 4 ilustran ejemplos de elementos epiteliales 94 (94a-b) que pueden ser creados a partir de una córnea 92 de acuerdo con ciertas realizaciones. Los elementos epiteliales 94 incluyen un capuchón epitelial 94a que puede ser eliminado completamente de la córnea 92 y un colgajo epitelial 94b que tiene una articulación 96 que conecta el colgajo 94b al resto del epitelio o a la membrana basal 70.

15 El elemento epitelial 94 puede tener cualquier forma y tamaño adecuados. Por ejemplo, el elemento epitelial 94 puede tener cualquier diámetro d y grosor adecuados. Como otro ejemplo, el elemento epitelial 94 puede tener cualquier forma adecuada, por ejemplo, una forma circular, elíptica, libre, o irregular. Como ejemplo con relación al colgajo epitelial 94, la articulación 96 puede tener cualquier longitud h adecuada.

20 El dispositivo 10 puede crear el elemento epitelial 94 de cualquier manera adecuada. En ciertas realizaciones, el ordenador de control 30 puede instruir al dispositivo láser para formar una incisión de lecho y una incisión lateral. La incisión de lecho corta el elemento epitelial 94 de la capa 54 de Bowman. La profundidad de la incisión de lecho corresponde al grosor del colgajo 94. La incisión lateral se extiende desde la incisión de lecho a la superficie de la córnea y sigue el contorno del colgajo epitelial 94. Para crear un capuchón epitelial 94a, la incisión lateral forma un bucle cerrado alrededor del capuchón 94a. Para crear un colgajo epitelial 94b, la incisión lateral excluye la articulación 96.

25 Después de la creación del elemento epitelial 94, el elemento 94 puede ser retirado para permitir el proceso de corrección. Por ejemplo, un capuchón 94a puede ser completamente retirado, o un colgajo 94b puede ser levantado y plegado hacia atrás. Un láser excimer puede proporcionar radiación láser a través de la capa 54 de Bowman para volver a conformar la capa 54 de Bowman y el estroma superior 50 para aplicar una corrección refractiva. Si se ha utilizado un capuchón 94a, las capas epiteliales crecerán de nuevo durante el proceso de curación. Si se ha utilizado un colgajo 94b, el colgajo 94b puede ser reemplazado después de la corrección refractiva, y puede ocurrir un nuevo crecimiento.

30 La fig. 5 ilustra una sección transversal de un ejemplo de una incisión 110 de lecho y ejemplos de incisiones laterales 112 (112a-d). La incisión 110 de lecho está formada bajo el epitelio 106 que ha de ser retirado. Una incisión lateral 112 puede formar cualquier ángulo  $\alpha$  adecuado desde una tangente 114 que es tangente a la capa 54 de Bowman, donde el ángulo  $\alpha$  va en una dirección hacia el epitelio 106 que ha de ser retirado. Por ejemplo, el ángulo  $\alpha$  puede tener un valor del orden de 0 a 135°, tal como 0 a 30, 30 a 60, 60 a 90, 90 a 120, o 120 a 135°. En la ilustración, la incisión lateral 112a tiene un ángulo  $\alpha$  de aproximadamente 85°, la incisión lateral 112b tiene un ángulo  $\alpha$  de aproximadamente 30°, y la incisión lateral 112c tiene un ángulo  $\alpha$  de aproximadamente 135°.

35 Además, la sección transversal de una incisión lateral 112 puede tener cualquier forma adecuada. En el ejemplo, las secciones transversales de incisiones laterales 112a-c son líneas, y la sección transversal de la incisión lateral 112d es una curva, que es cualquier conjunto de puntos continuos que no se cruzan con ellos mismos. La sección transversal de una incisión lateral 112, sin embargo, puede tener cualquier forma adecuada, y puede, por ejemplo, ser discontinua en uno o más puntos o puede cruzarse consigo misma en uno o más puntos.

40 La fig. 6A ilustra un ejemplo de formación de una incisión de lecho, y la fig. 6B ilustra un ejemplo de formación de una incisión lateral. Como se ha descrito anteriormente, una incisión es formada dirigiendo el punto focal 120 del haz láser a la ubicación de la incisión con el fin de cortar la incisión. El haz láser puede ser enfocado de manera precisa, y así las incisiones pueden ser formadas de manera precisa.

45 Un componente (tal como el ordenador de control 30) de los sistemas y aparatos descritos en este documento puede incluir una interfaz, lógica, memoria, y/u otro elemento adecuado, cualquiera de los cuales puede incluir hardware y/o software. Una interfaz puede recibir entradas, enviar salidas, procesar la entrada y/o la salida, y/o realizar otras operaciones adecuadas. La lógica puede realizar las operaciones de un componente, por ejemplo, ejecutar instrucciones para generar salidas a partir de entradas. La lógica puede estar codificada en memoria y puede realizar operaciones cuando es ejecutada por un ordenador. La lógica puede ser un procesador, tal como uno o más ordenadores, uno o más microprocesadores, una o más aplicaciones, y/u otra lógica. Una memoria puede almacenar información y puede comprender uno o más medios de almacenamiento tangibles, legibles por ordenador, y/o ejecutables por ordenador. Ejemplos de memoria incluyen memoria de ordenador (por ejemplo, Memoria de Acceso Aleatorio (RAM) o Memoria de Sólo Lectura (ROM)), medios de almacenamiento en masa (por ejemplo, un disco duro), medios de almacenamiento extraíbles (por ejemplo, un Disco Compacto (CD) o un Disco de Video Digital o Versátil (DVD)), bases de datos y/o almacenamiento en red (por ejemplo un servidor), y/u otro medio legible por ordenador.

5 En realizaciones particulares, pueden realizarse operaciones de las realizaciones mediante uno o más medios legibles por ordenador codificados con un programa informático, software, instrucciones ejecutables por ordenador, y/o instrucciones capaces de ser ejecutadas por un ordenador. En realizaciones particulares, las operaciones pueden ser realizadas por uno o más medios de almacenamiento legibles por ordenador, realizados con, y/o codificados con un programa informático y/o que tienen un programa informático almacenado y/o codificado.

10 Aunque esta exposición ha sido descrita en términos de ciertas realizaciones, a los expertos en la técnica les resultarán evidentes modificaciones (tales como cambios, sustituciones, adiciones, omisiones, y/u otras modificaciones) de las realizaciones. Por consiguiente, pueden hacerse modificaciones en las realizaciones sin salir del alcance de la invención. Por ejemplo, pueden hacerse modificaciones en los sistemas y aparatos descritos en este documento. Los componentes de los sistemas y aparatos pueden estar integrados o separados, y las operaciones de los sistemas y aparatos pueden ser realizadas por más, menos, u otros componentes. Los métodos pueden incluir más, menos, u otras operaciones, y las operaciones pueden ser realizadas en cualquier orden adecuado.

15 Son posibles otras modificaciones sin salir del alcance de la invención. Por ejemplo la descripción ilustra realizaciones en aplicaciones prácticas particulares, aún otras aplicaciones serán evidentes para los expertos en la técnica. Además, tendrán lugar futuros desarrollos en las técnicas descritas en este documento, y los sistemas, aparatos, y métodos descritos serán utilizados con tales desarrollos futuros.

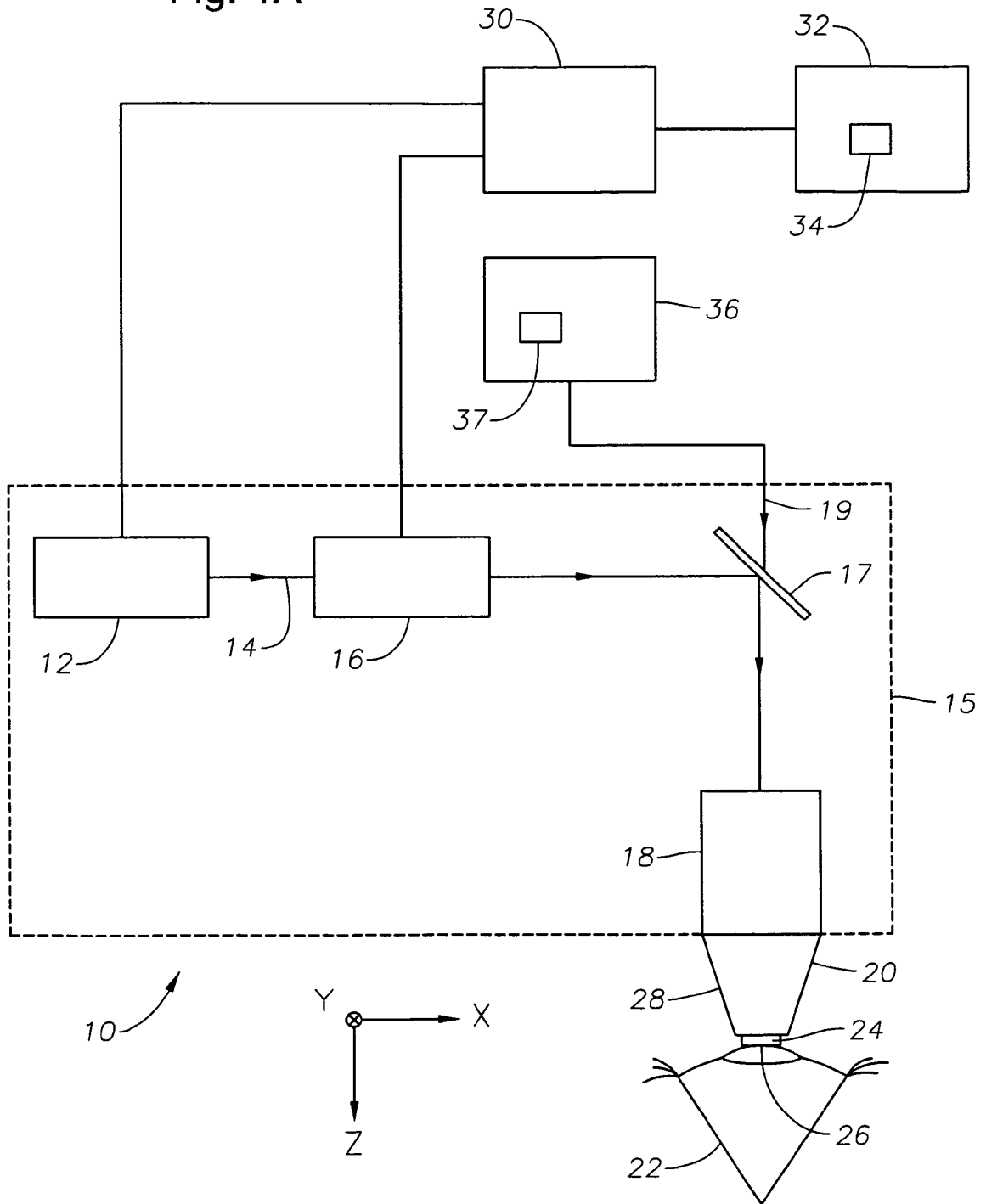
20 El alcance de la invención no debería ser determinado con referencia a la descripción. De acuerdo con los estatutos de patente, la descripción explica e ilustra los principios y modos de funcionamiento de la invención utilizando realizaciones ejemplares. La descripción permite que otros expertos en la técnica utilicen los sistemas y aparatos en distintas realizaciones y con distintas modificaciones, pero no deberían ser utilizados para determinar el alcance de la invención.

25 El alcance de la invención debería ser determinado con referencia a las reivindicaciones y al alcance completo de equivalencias a las que están nombradas las reivindicaciones. Todos los términos de las reivindicaciones deberían ser dados en sus construcciones razonables más amplias y sus significados ordinarios tal y como son entendidos por los expertos en la técnica, a menos que se haya hecho una indicación específica de lo contrario en este documento. Por ejemplo, el uso de artículos en singular tales como "un", "una", "uno", "el", "la", "lo", etc., deberían ser leídos para citar uno o más de los elementos implicados, a menos que una reivindicación cite una limitación explícita de lo contrario. Como otro ejemplo, "cada" se refiere a cada miembro de un conjunto o a cada miembro de un subconjunto de un conjunto, donde un conjunto puede incluir cero, uno, o más de un elemento. En suma, la invención es capaz de modificación, y el alcance de la invención debería ser determinado, no con referencia a la descripción, sino con  
30 referencia a las reivindicaciones y a su alcance de equivalencias completo.

**REIVINDICACIONES**

- 1 Un dispositivo configurado para realizar eliminación epitelial, comprendiendo el dispositivo:
- 5 un dispositivo láser configurado para separar un epitelio de una capa de Bowman de un ojo utilizando radiación láser pulsada con una pluralidad de impulsos ultracortos, comprendiendo el dispositivo láser uno o más componentes controlables configurados para controlar un foco de la radiación láser pulsada; caracterizado por
- un ordenador de control configurado para instruir al uno o más componentes controlables para:
- crear una incisión de lecho que corta un colgajo o capuchón epitelial de la capa de Bowman enfocando la radiación láser pulsada en una capa basal celular del epitelio para producir la foto-disrupción de al menos una parte de la capa basal celular.
- 10 2. El dispositivo según la reivindicación 1, en que el ordenador de control está configurado para instruir al uno o más componentes controlables para enfocar la radiación láser pulsada en la capa basal celular mediante:
- recepción de una entrada que designa una profundidad de la capa basal celular; e
- instrucción de uno o más elementos controlables para enfocar la radiación láser pulsada en la profundidad.
3. El dispositivo según la reivindicación 1 o 2, que comprende además:
- 15 un sistema de tomografía de coherencia óptica (OCT) configurado para medir una profundidad de la capa basal celular y enviar la profundidad al ordenador de control.
4. El dispositivo según cualquier reivindicación precedente, en el que un impulso ultracorto tiene un impulso que es menor de un nanosegundo.
- 20 5. Uno o más medios tangibles legibles por ordenador que almacenan código informático que cuando es ejecutado por un ordenador está configurado para:
- enfocar la radiación láser pulsada procedente de un dispositivo láser en una capa basal celular de un epitelio de un ojo, teniendo la radiación láser pulsada una pluralidad de impulsos ultracortos;
- 25 caracterizado por que uno o más medios tangibles legibles por ordenador almacenan código informático que cuando es ejecutado por un ordenador está además configurado para provocar la disrupción de al menos una parte de la capa basal celular para crear una incisión de lecho que corta un colgajo o capuchón epitelial desde una capa de Bowman del ojo; y
- separar el epitelio de la capa de Bowman.
6. El medio tangible legible por ordenador según la reivindicación 5, en el que el enfoque de la radiación pulsada comprende además:
- 30 recibir una entrada que designa una profundidad de la capa basal celular; y
- enfocar la radiación láser pulsada en la profundidad.
7. El medio tangible legible por ordenador según la reivindicación 5, en el que el enfoque de la radiación láser pulsada comprende además:
- medir una profundidad de la capa basal celular utilizando un sistema de tomografía de coherencia óptica (OCT); y
- 35 enfocar la radiación láser pulsada en la profundidad.
8. El medio tangible legible por ordenador según la reivindicación 5, en el que un impulso ultracorto tiene un impulso que es menor de un nanosegundo.

Fig. 1A





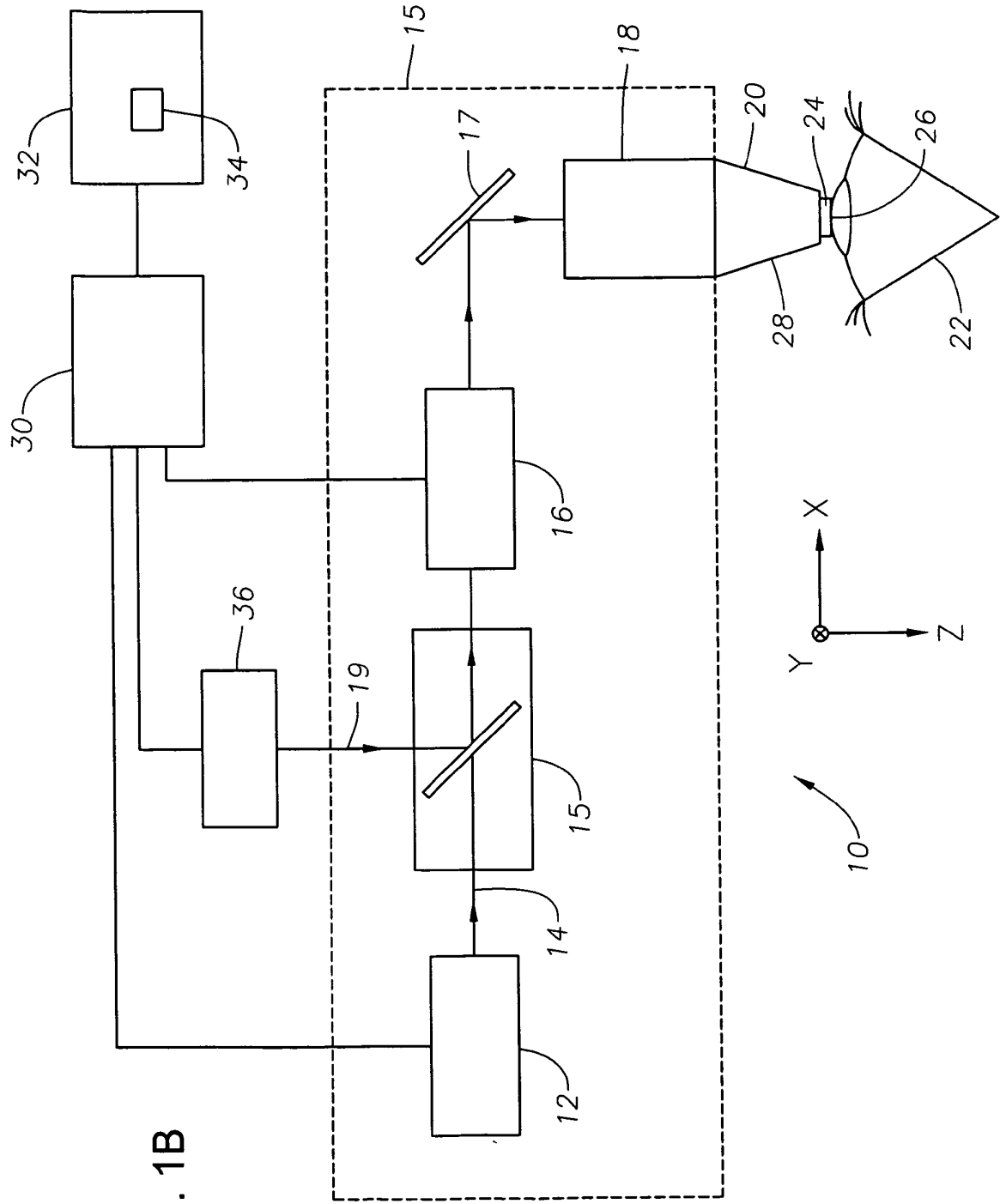


Fig. 1B

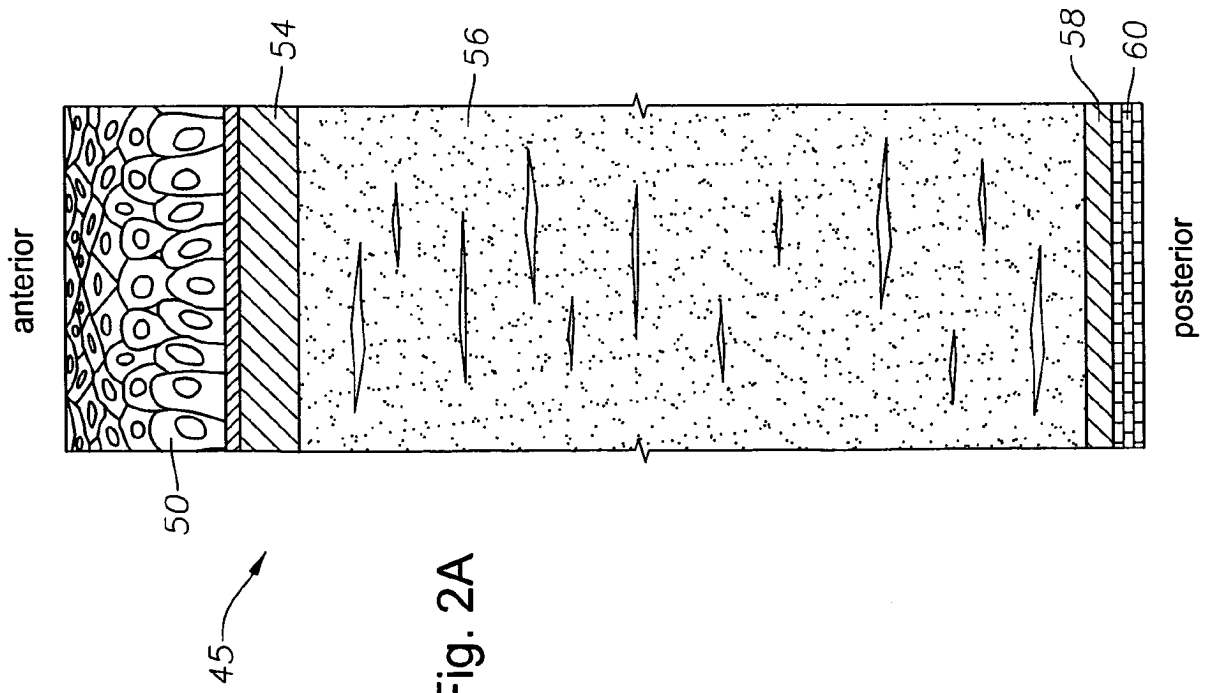


Fig. 2B

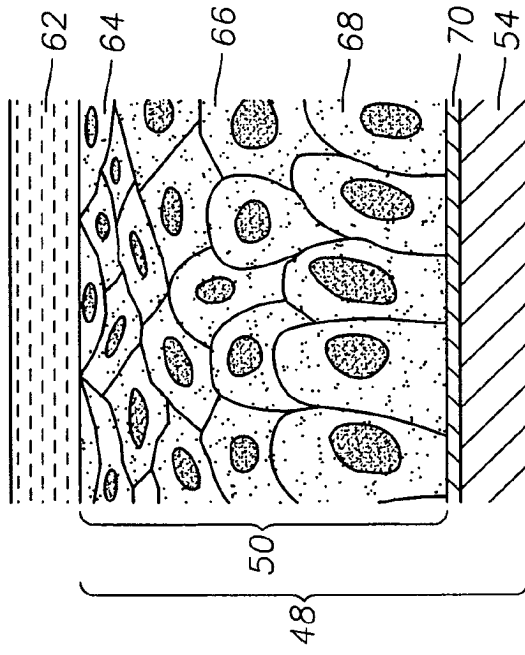


Fig. 2C

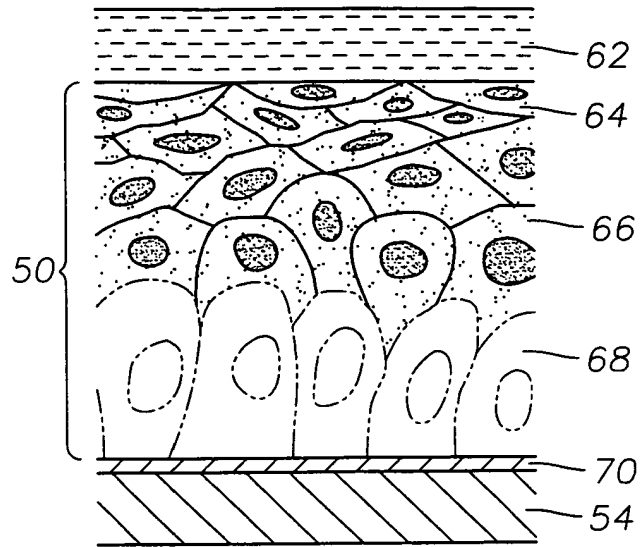


Fig. 3

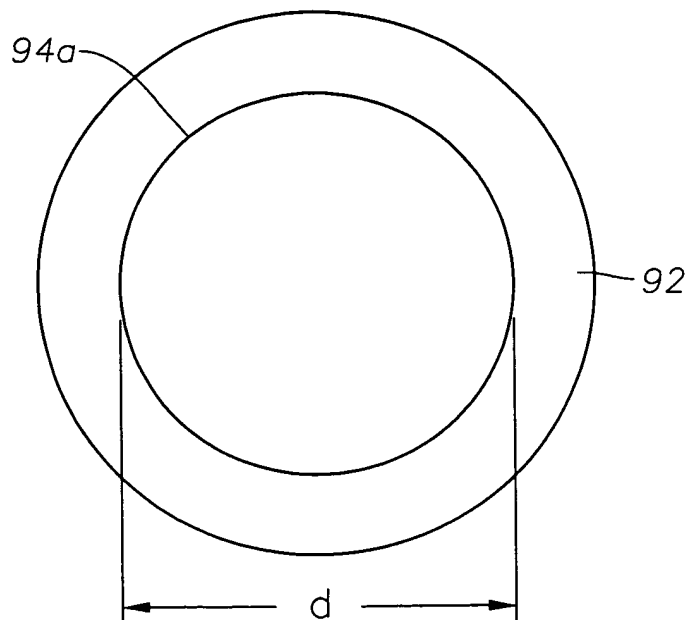


Fig. 4

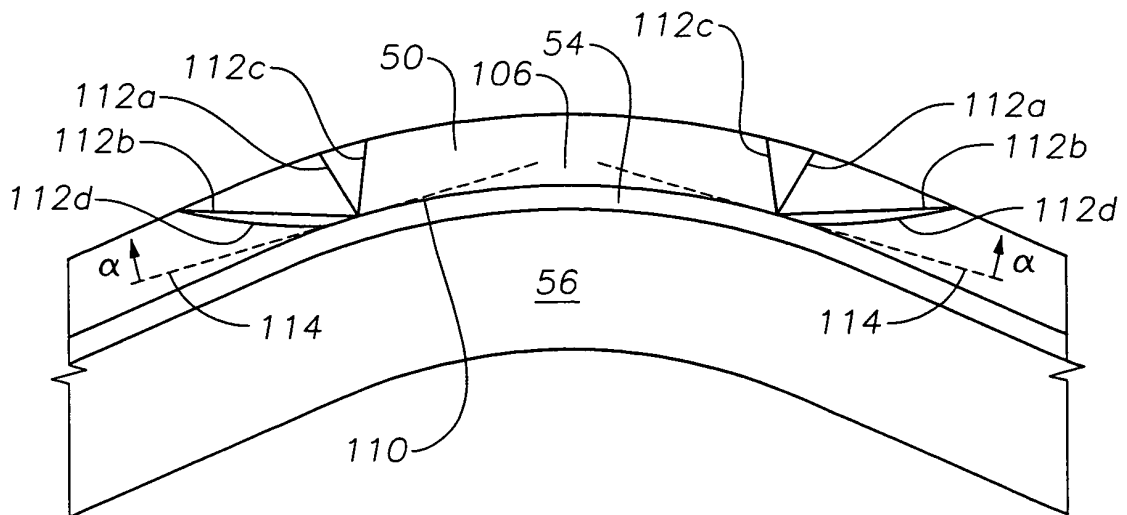
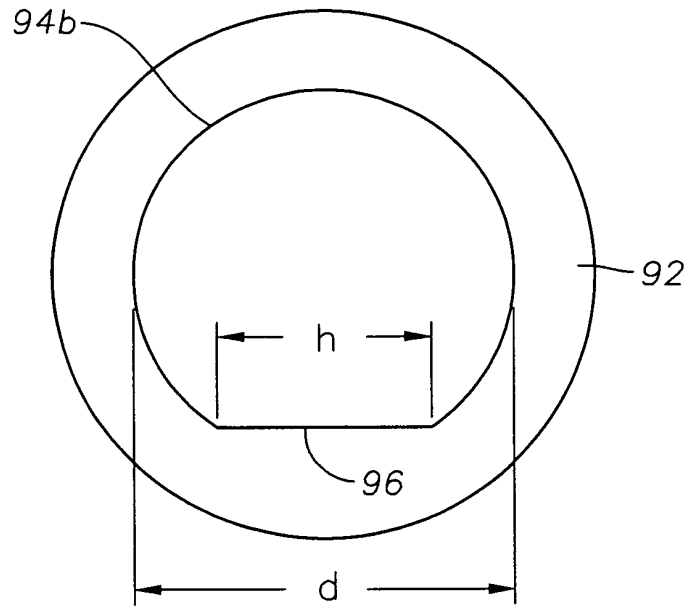


Fig. 5

Fig. 6A

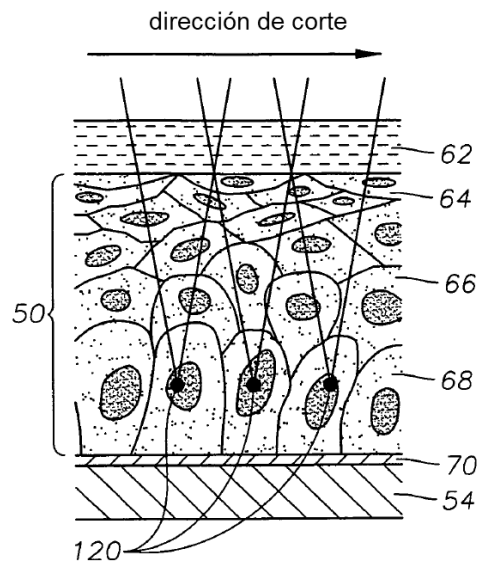


Fig. 6B

