

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 821**

51 Int. Cl.:

**A61F 9/008** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.04.2012 PCT/IB2012/000703**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.10.2012 WO12137062**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2012 E 12721597 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.05.2017 EP 2693999**

54 Título: **Sistema para realizar una fragmentación de cristalino**

30 Prioridad:

**07.04.2011 US 201161473044 P**  
**30.03.2012 US 201213436352**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.09.2017**

73 Titular/es:

**TECHNOLAS PERFECT VISION GMBH (50.0%)**  
**Messerschmittstrasse 1-3**  
**80992 München, DE y**  
**BAUSCH & LOMB INCORPORATED (50.0%)**

72 Inventor/es:

**LOESEL, FRIEDER;**  
**KANDULLA, JOCHEN;**  
**MORITZ, FRIEDRICH;**  
**MOSEDALE, GWILLEM;**  
**SCHLUETER, HOLGER;**  
**TOENNIES, ROLAND;**  
**YOUSSEFI, GERHARD y**  
**MORDAUNT, DAVID HAYDN**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 633 821 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

Sistema para realizar una fragmentación de cristalino

### 5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a cirugía oftalmológica. Más particularmente, la presente invención se refiere a un producto de programa informático útil con sistemas y métodos para retirar el cristalino de su cápsula durante un procedimiento quirúrgico oftalmológico. La presente invención es particularmente, pero no exclusivamente, útil con un sistema y un método para facilitar la retirada del cristalino, realizando una descomposición óptica inducida por láser (LIOB por sus siglas en inglés) en el cristalino para fragmentar el cristalino antes de retirarlo de la cápsula de cristalino.

### 15 **Antecedentes de la invención**

En un procedimiento típico de retirada de cristalino (es decir, una capsulotomía), se perfora la parte anterior de la cápsula de cristalino que sujeta la lente del cristalino de un ojo para practicar una incisión. El cristalino se retira entonces a través de la incisión. En lugar del cristalino retirado, se inserta una lente intraocular (LIO) protésica en la cápsula de cristalino. Dos de los objetivos principales de un procedimiento de retirada de cristalino son que la LIO protésica implantada funcione en lugar del cristalino retirado y que se evite o al menos minimice sustancialmente, dañar la cápsula de cristalino y otros tejidos oculares.

Hasta ahora, un método comúnmente usado para retirar el cristalino de su cápsula implicaba la facoemulsificación del cristalino. En tal procedimiento, unas ondas ultrasónicas descomponen el tejido del cristalino y después de que el tejido se haya descompuesto lo suficiente, se aspira. La lente intraocular (LIO) se inserta entonces en la cápsula de cristalino.

Aparte de la facoemulsificación, también es bien sabido que los láseres son muy útiles para alterar el tejido del cristalino del ojo de un paciente. De manera más específica, se sabe que el tejido del cristalino puede alterarse de manera efectiva (es decir, fotoablación) mediante un fenómeno generalmente denominado Descomposición óptica inducida por láser (LIOB). Un resultado importante de la LIOB es que se pueden obtener rápidamente cortes muy finos a través del tejido. Por otra parte, estos cortes de la LIOB se pueden hacer con gran precisión. Una consecuencia de la capacidad de un procedimiento LIOB para cortar tejido es que debido a la fineza de los cortes y debido a la capacidad para controlar con precisión su colocación, los cortes LIOB pueden realizarse en pautas compactas que pulverizarán de manera efectiva el tejido del cristalino.

Cuando se practica una capsulotomía, resulta claramente ventajoso realizar el procedimiento tan rápidamente como sea posible. Este requisito conlleva pues, la necesidad de minimizar el tiempo necesario para preparar el cristalino para su retirada. La retirada efectiva del tejido del cristalino de la cápsula dependerá entonces del tamaño y ubicación de la incisión que se use para el procedimiento.

En vista de lo anterior, un objetivo de la presente invención, es proporcionar un producto de programa informático para un sistema y método para realizar una fragmentación de cristalino con técnicas de descomposición óptica inducida por láser (LIOB) que puedan realizarse rápidamente y con gran precisión. Otro objetivo para la presente invención, es minimizar efectivamente el tamaño de una incisión necesaria para la retirada de una lente de cristalino de su cápsula. La presente invención propone un sistema y un método, para realizar una fragmentación de cristalino, que es sencillo de usar, fácil de implementar y relativamente económico.

El documento US 2010/292678 A1 enseña a ablandar todos los segmentos de cristalino antes de su retirada.

### 50 **Sumario de la invención**

La invención se define en la reivindicación 1. Un sistema y método para preparar el cristalino ocular para retirarlo de su cápsula durante una cirugía oftalmológica (cataratas) que emplee la invención, requiere una unidad láser controlada por ordenador. Funcionalmente, esta unidad practica una descomposición óptica inducida por láser (LIOB) en dos patrones de corte diferentes que se extienden a través del tejido del cristalino ocular. Estos patrones son, un patrón predeterminado que se extiende por encima de todo el cristalino y un patrón definido que está confinado a un segmento seleccionado del cristalino.

La preparación del cristalino se efectúa, seccionando primero el tejido de cristalino en segmentos operativos. Esto se hace cortando el cristalino con una pluralidad de cortes LIOB que se disponen en un patrón predeterminado. Normalmente, el patrón predeterminado estará formado por cortes radiales, cortes anulares o una combinación de los mismos que seccionan colectivamente el cristalino en los segmentos operativos deseados. La presente invención también contempla que el seccionado del cristalino con el patrón predeterminado pueda realizarse mediante una disección parcial del tejido, tal como mediante una perforación del tejido. Es importante destacar, en cualquier caso, el patrón predeterminado de cortes LIOB no debilita de manera efectiva el tejido de cristalino.

Para la presente invención, se designa(n) al menos uno, pero posiblemente más, de los segmentos operativos como segmento seleccionado. Este segmento seleccionado incluye una superficie diana hacia la que se dirige la unidad láser. Entonces, se practican unos cortes LIOB compactos en el patrón definido, dentro de al menos una parte del tejido de cristalino en el segmento seleccionado. El objetivo al usar este patrón definido de cortes compactos, es ablandar (es decir, pulverizar) el tejido del cristalino en el segmento seleccionado. Preferentemente, el segmento seleccionado incluirá entre aproximadamente en torno al 5 % y el 40 % en volumen de tejido total de cristalino. Además, desde un punto de vista práctico, el segmento seleccionado es típicamente un cuadrante del cristalino que se extiende, generalmente, desde un eje definido del ojo hasta la periferia del cristalino e incluye tejido entre las superficies anterior y posterior del cristalino. De este modo, en relación con el eje definido, el segmento seleccionado es asimétrico. En cualquier caso, la consecuencia del patrón predeterminado y del patrón de cortes definido posteriormente es que el cristalino se prepara para que sea más fácilmente accesible y manipulable dentro de la cúpula del cristalino para retirar el cristalino de la cápsula de cristalino.

Estructuralmente, el sistema de la presente invención, incluye la unidad láser mencionada anteriormente para generar un rayo láser pulsado. También, incluye un ordenador que está conectado electrónicamente a la unidad láser. Dentro de esta estructura, se usa un programa informático para guiar el punto focal del rayo láser. Además, preferentemente, el sistema también incluye un aspirador y un irrigador que trabajan juntos para retirar tejido de cristalino de la cápsula de cristalino y que pueden incluirse como partes del mismo dispositivo. Además, el tejido de cristalino puede retirarse de la cápsula de cristalino con la ayuda de una faoemulsificación de baja potencia, según sea necesario. Además, un aspecto importante de la presente invención, es el uso de una sonda o de algún medio similar, para mover el cristalino en la cápsula de cristalino durante la aspiración del cristalino. Concretamente, esta manipulación facilita la aspiración del tejido de cristalino de la cápsula de cristalino. Tal y como se ha contemplado, el sistema de la presente invención, una vez que se ha preparado el cristalino con los patrones predeterminados y definidos de cortes LIOB, la retirada efectiva del cristalino de la cápsula de cristalino la puede realizar bien manualmente el cirujano o bien usando robótica. Cuando el sistema usa robótica, el cirujano introduce comandos en un dispositivo de interfaz robótica conectado al ordenador. Estos comandos se usan entonces para controlar el aspirador, el irrigador y la sonda.

Además de lo anterior, el sistema también puede incluir una unidad de formación de imágenes para crear una imagen del ojo. Cuando se usa una unidad de formación de imágenes, la imagen resultante se envía al ordenador donde se usa para seleccionar los patrones definidos y predeterminados apropiados para los cortes LIOB. En cada caso, dependiendo de una función de anulación por parte del operador, las selecciones de los patrones definidos y predeterminados puede realizarse por medio del ordenador. Por un lado, estas selecciones se hacen de acuerdo con parámetros tales como: 1) características ópticas del cristalino; 2) tamaño del cristalino; y 3) forma del cristalino. Normalmente, en relación a un eje definido por el cristalino (por ejemplo, el eje visual del ojo), el patrón predeterminado de cortes LIOB será preferentemente, bien una pluralidad de cortes radiales que se extienden hacia fuera desde el eje, una pluralidad de cortes anulares sustancialmente centrados en el eje o una combinación de ambos. Por otro lado, el patrón definido de cortes LIOB compactos típicamente será una selección de cortes lineales, cortes cúbicos, cortes estadísticamente arbitrarios, cortes esferoides, cortes ondulados, cortes poligonales, cortes radiales, cortes arqueados, combinaciones de los mismos o cualquier corte que pueda describirse mediante una serie de expansiones.

Un objetivo adicional de la unidad de formación de imágenes es detectar movimientos del cristalino en la cápsula de cristalino durante el procedimiento. Esto se consigue usando la unidad de formación de imágenes para que produzca una imagen inicial de la cápsula de cristalino antes de que se practique cualquier tipo de corte LIOB. Posteriormente, al inicio de los cortes LIOB compactos, se produce una imagen real en tiempo real. El ordenador compara entonces la imagen inicial y la imagen real entre sí. Cualquier diferencia entre la imagen inicial y la imagen real es indicativa de un movimiento no deseado del cristalino en la cápsula de cristalino. Cuando se detecta una diferencia, el ordenador realineará entonces la unidad láser para minimizar o compensar la diferencia. De este modo, el sistema se asegura que el punto focal del rayo láser sigue la trayectoria requerida para producir la trayectoria predeterminada y la trayectoria definida.

En funcionamiento, un método para preparar el cristalino de un ojo para su retirada de su cápsula de cristalino requiere seccionar el cristalino con un patrón predeterminado de cortes por descomposición óptica inducida por láser (LIOB). Como se ha mencionado anteriormente, esto secciona el cristalino en una pluralidad de segmentos operativos. A continuación, se practican cortes LIOB compactos en un patrón definido en el tejido de un segmento seleccionado del cristalino. Por un lado, se contempla que el patrón definido no cubra necesariamente todo el segmento seleccionado. Como se ha mencionado anteriormente, durante la creación de los cortes LIOB compactos, el ordenador está monitorizando constantemente la posición de la cápsula de cristalino para confirmar que no se ha producido ningún desplazamiento de la cápsula de cristalino.

Una vez que se ha ablandado el tejido de cristalino del segmento seleccionado, se puede acceder fácilmente al mismo y aspirarse para retirar el tejido de cristalino ablandado de la cápsula de cristalino. Es importante destacar, esta aspiración (es decir, retirada) puede realizarse mientras se irriga la cápsula de cristalino. Tal y como se ha contemplado en la presente invención, se practica una aspiración adicional en una secuencia particular. En primer lugar, al menos una parte del tejido de cristalino ablandado del segmento seleccionado se retira de la cápsula de

5 cristalino. A continuación, se retira tejido no ablandado de fuera del segmento seleccionado (es decir, segmentos operativos remanentes). Además, a medida que se aspira tejido del segmento seleccionado, puede insertarse una sonda en la cápsula de cristalino y utilizarse para girar el cristalino dentro de la cápsula de cristalino para facilitar la retirada de tejido de la cápsula. Concretamente, esto se realiza para repositionar el cristalino y facilitar la aspiración de tejido del cristalino de la cápsula de cristalino.

10 El experto en la materia, apreciará que además de aplicaciones oftalmológicas, las metodologías divulgadas para la presente invención también son aplicables a procedimientos que implican una amplia variedad de diversos materiales transparentes. En estas aplicaciones, se contempla el uso de una unidad láser controlada por ordenador.  
 15 En general, la presente invención contempla el uso de un producto de programa informático que controlará el rayo láser durante la preparación de un material transparente para su retirada de una cápsula. Tal producto de programa informático típicamente incluirá secciones de programa para: usar el rayo láser para crear una abertura en la cápsula; seccionar el material transparente, *in situ*, en una pluralidad de segmentos operativos, con cortes por descomposición óptica inducida por láser (LIOB) en el material transparente; seleccionar al menos un segmento orientado asimétricamente del material transparente; crear cortes LIOB compactos en el segmento seleccionado para ablandar el material transparente en el segmento seleccionado; retirar el segmento seleccionado ablandado del saco capsular; y posteriormente retirar cualquier segmento operativo remanente del saco capsular.

### 20 Breve descripción de los dibujos

Las características novedosas de esta invención, así como la propia invención, tanto en cuanto a su estructura como a su operación, se entenderán mejor a partir de los dibujos adjuntos, tomados junto con la descripción que les acompaña, en la que caracteres de referencia similares se refieren a partes similares, y en la que:

25 la Figura 1 es un diagrama esquemático de componentes para el sistema de la presente invención, mostrados en un entorno operativo;  
 la Figura 2A es una vista superior del cristalino de un ojo, visto a lo largo de la línea 2-2 de la Figura 1;  
 la Figura 2B es una vista del cristalino, como se ve en la Figura 2A con una composición de patrones predeterminados;  
 30 las Figuras 3A-F son vistas del cristalino, como se muestra en la Figura 2A, con diferentes patrones definidos de cortes LIOB, mostrados en un segmento seleccionado del cristalino. Respectivamente, estos patrones definidos son: cortes lineales (Figura 3A), cortes cúbicos (Figura 3B), cortes esferoides (Figura 3C), cortes estadísticamente arbitrarios (Figura 3D), cortes ondulados (Figura 3E) y cortes poligonales (Figura 3F);  
 la Figura 4 es una vista en sección transversal del cristalino visto a lo largo de la línea 4-4 de la Figura 2B, que muestra cortes en la capa de disco, orientados perpendiculares a un eje definido por el cristalino;  
 35 la Figuras 5A-D muestran una secuencia de etapas operativas para aspirar tejido del cristalino ablandado de una cápsula de cristalino, de conformidad con la presente invención; y  
 la Figura 6 es un diagrama de flujo de una operación de la presente invención.

### 40 Descripción de los modos de realización preferentes

En primer lugar, con referencia a la Figura 1, se muestra un sistema para efectuar una fragmentación de cristalino durante una cirugía láser oftalmológica y denotada en general 10. Tal y como se muestra, el sistema 10 incluye una unidad láser 12 para efectuar una (LIOB) en un ojo 14 de un paciente (no mostrado). Además, el sistema 10 también incluye un ordenador 16 para controlar la unidad láser 12 e incluye una unidad de formación de imágenes 18 para producir una imagen del ojo 14 para su uso en la planificación y realización del procedimiento de fragmentación del cristalino.

50 La Figura 1 también indica que el ordenador 16 incluye un dispositivo de interfaz robótica 20 que se emplea selectivamente para permitir que el sistema 10 se opere robóticamente. De manera detallada, el dispositivo de interfaz robótica 20 proporciona comandos de entrada para que el ordenador 16 controle colectivamente: un aspirador 22, un irrigador 24 y una sonda 26. Como se muestra en la Figura 1, estos tres componentes se usan para manipular un cristalino 28 del ojo 14 durante el procedimiento de fragmentación del cristalino.

55 Ahora con referencia a la Figura 2A, se muestra una vista superior del cristalino 28 del ojo 14, que se ha seccionado en una pluralidad de segmentos operativos 32a-d. En este ejemplo ilustrativo, cada segmento operativo 32a-d es esencialmente un cuadrante del cristalino 28. No obstante, también pueden usarse otras configuraciones de los segmentos operativos 32a-d, para conseguir los objetivos de la presente invención. Para seccionar el cristalino 28 de la manera que se muestra en la Figura 2A, la unidad láser 12 practica una pluralidad de cortes LIOB a través del cristalino 28 en un patrón predeterminado. En este caso, ilustrado en la Figura 2A, el patrón predeterminado se ha creado usando una pluralidad de cortes radiales 34a-d que se extienden cada uno, desde un eje 36 hasta la periferia externa 38 del cristalino 28. En la Figura 2A, únicamente a efectos de divulgación, el segmento operativo 32b se muestra sombreado con el fin de identificarlo como segmento seleccionado 40. Como segmento seleccionado 40, eventualmente se cortará mediante una pluralidad de cortes LIOB 41a-f compactos (véanse las Figuras 3A-3F). Por  
 65 otra parte, tal y como se muestra, el segmento seleccionado 40 preferentemente está descentrado y, por lo tanto, es una parte asimétrica del cristalino 28.

La Figura 2B ilustra métodos alternativos para seccionar el cristalino 28. Por ejemplo, la unidad láser 12 puede usar un patrón predeterminado para crear tanto una pluralidad de cortes anulares 42, de los que los cortes 42a-b constituyen un ejemplo, como una pluralidad de corte radiales 43, de los que los cortes 43a-b constituyen un ejemplo. En el caso de que los cortes anulares 42 junto con los cortes radiales 43, creen una pluralidad de segmentos operativos contiguos 45 (de los que los segmentos operativos 45a-c mostrados en la Figura 2B constituyen un ejemplo). Los segmentos operativos 45a-c se seleccionan entonces para formar colectivamente un segmento seleccionado 47.

Haciendo referencia colectiva a las Figuras 3A-3F, se muestran seis vistas del cristalino 28 de la Figura 2A, teniendo cada una un patrón definido diferente de cortes LIOB 41 compactos en el segmento seleccionado 40 del cristalino 28. A modo de ejemplo, estas vistas muestran los siguientes tipos de cortes LIOB 41a-f compactos, respectivamente: cortes lineales (Figura 3A), cortes cúbicos (Figura 3B), cortes esféricos (Figura 3C), cortes estadísticamente arbitrarios (Figura 3D), cortes ondulados (Figura 3E) y cortes poligonales (Figura 3F). También se apreciará que puede usarse, asimismo, una combinación de cualquiera de los cortes de los patrones definidos que se muestran en las Figuras 3A-3F, para establecer el patrón definido para el sistema 10. Además, como se muestra en la Figura 4, una pluralidad de cortes en la capa de disco 44a-c pueden estar orientados perpendicularmente al eje 36 dentro del cristalino 28 para ayudar a suavizar el tejido del cristalino 28. Estos cortes en la capa de disco 44a-c pueden hacerse en lugar de o junto con, un corte LIOB 41 compacto seleccionado para crear el patrón definido como se ha divulgado anteriormente.

Con referencia a las Figuras 5A-5D, se muestra una secuencia de etapas operativas para aspirar tejido del cristalino ablandado de una cápsula de cristalino 30, de conformidad con la presente invención. Para empezar la aspiración del cristalino 28, como se muestra en la Figura 5A, el aspirador 22 se inserta en la cápsula de cristalino 30. Cabe destacar que el aspirador 22 puede servir para un doble objetivo y puede configurarse para actuar tanto como aspirador 22 como irrigador 24 del sistema 10 cuando así se precise. Se observa que el aspirador 22 de la Figura 5A inicialmente se usa para aspirar tejido ablandado del segmento seleccionado 40 del cristalino 28. Una vez que se ha aspirado efectivamente el segmento seleccionado 40, se aspira entonces el tejido de los segmentos operativos 32a, 32c y 32d remanentes. Durante un procedimiento, la sonda 26 se usa para rotar el cristalino 28 en dirección de la flecha 46, como se muestra en las Figuras 5B y 5C. El objetivo de rotar el cristalino 28 tiene una doble vertiente. Por un lado, se mueve tejido adicional más cerca del aspirador 22 para facilitar la aspiración. Por otro lado, mover el cristalino 28 le permite al aspirador 22 permanecer fijo, lo que disminuye la posibilidad de que el aspirador 22 dañe la cápsula de cristalino 30 u otros tejidos del ojo 14. Este proceso de aspiración y rotación se produce, como se muestra en la Figura 5C, hasta que el cristalino 28 se haya retirado completamente de la cápsula de cristalino 30 (véase la Figura 5D). Durante todo el proceso de aspiración que se detalla en este documento, la cápsula de cristalino 30 también puede irrigarse según sea preciso. También, puede realizarse o no una hidrodisección antes del giro.

Se puede describir una operación de la presente invención, usando el diagrama de flujo mostrado en la Figura 6. Para comenzar una operación, la unidad de formación de imágenes 18 crea una imagen inicial de la cápsula de cristalino 30, como se muestra en el bloque de acción 48. Esta imagen puede servir para varios objetivos. Por un lado, la imagen puede usarse para establecer la posición inicial de la cápsula de cristalino 30. Por otro lado, puede servir para orientar el patrón predeterminado para seccionar el cristalino 28. También, puede usarse para identificar el segmento seleccionado 40 del cristalino 28. Una vez que se ha creado esta imagen inicial, el cristalino 28 se secciona en segmentos operativos 32 en el bloque de acción 50 y se selecciona un segmento como diana para los cortes LIOB compactos, tal y como indica el bloque de acción 52. A continuación, la unidad láser 12 crea los cortes LIOB compactos en el segmento seleccionado 40 del cristalino 28, como se muestra en el bloque de acción 54.

Una consideración importante cuando se dirige la unidad láser 12 hacia el segmento seleccionado 40 es asegurarse de que la cápsula de cristalino 30 permanece en su posición inicial. Al hacerlo, el sistema 10 se asegura que un patrón definido de cortes LIOB 41 altera la diana prevista en el tejido de cristalino. En consecuencia, inmediatamente después del inicio de los cortes LIOB 41 compactos, la unidad de formación de imágenes 18 empieza a monitorizar la cápsula de cristalino 30 a efectos de detectar cualquier desplazamiento o movimiento de la misma, como se muestra en el bloque de acción 56. Para realizar esta etapa de monitorización, la unidad de formación de imágenes 18 produce continuamente unas imágenes en tiempo real de la cápsula de cristalino 30. El ordenador 16 usa entonces esta imagen en tiempo real y la imagen real para detectar movimientos de la cápsula de cristalino 30, como se muestra en el bloque de consulta 58. En este punto, el ordenador 16 determina si la cápsula de cristalino 30 se ha movido. Si la cápsula de cristalino 30 se ha movido, el ordenador 16 vuelve a alinear la unidad láser 12, como se muestra en el bloque de acción 60. Entonces, una vez que se ha realineado la unidad láser 12 para apuntar al segmento seleccionado 40, nuevamente se crean cortes 41 LIOB compactos en el segmento seleccionado 40, en el bloque de acción 54.

En el caso en el que el bloque de consulta 58 determine que la cápsula de cristalino 30 no se mueve, el bloque de consulta 62 ilustra que se realiza una determinación en cuanto a si se necesitan cortes LIOB compactos adicionales o no. Si se necesitan cortes adicionales, el sistema 10 crea más cortes, volviendo al bloque de acción 54. Cuando no se necesitan cortes adicionales, se aspira el segmento seleccionado 40 en el bloque de acción 64. Una vez que se ha aspirado el segmento seleccionado 40, se aspiran los segmentos operativos 32 restantes como se indicado,

- mediante el bloque de acción 66. Durante la aspiración de los segmentos operativos 32 restantes, el sistema 10 determina si se necesitan cortes 41 LIOB compactos adicionales para continuar con la aspiración, en el bloque de consulta 68. Si se necesitan cortes LIOB compactos adicionales, el sistema 10 dirige la unidad láser 12 para crear cortes adicionales con un bloque de regreso a la acción 54. Si no se necesitan cortes adicionales, el sistema 10
- 5 determina si la aspiración del cristalino 28 está completa en el bloque de consulta 70. si la aspiración no se ha completado en el bloque de consulta 70, entonces el cristalino 28 puede girarse usando la sonda 26 en el bloque de acción 72. esto le permite al aspirador 22 permanecer estacionario y seguir aspirando el cristalino 28 en el bloque de acción 74.
- 10 Cuando el sistema 10 indica que se ha completado la aspiración del cristalino 28, en el bloque de consulta 70 después de haber girado el cristalino 28, la retirada del cristalino 28 se ha completado y la operación del sistema 10 finaliza, tal y como indica el bloque de acción 76.
- 15 Si bien el sistema y el método particular para realizar una fragmentación de cristalino como se muestra y se divulga en detalle en el presente documento, es totalmente capaz de obtener los objetivos y de proporcionar las ventajas que se han mencionado antes en este mismo documento, debe entenderse que es una mera ilustración de las realizaciones de la invención actualmente preferentes y que no se pretende limitar, en modo alguno, a los detalles de construcción o diseño mostrados en este documento distintos a los descritos en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un producto de programa informático para usar un rayo láser para preparar un cristalino (28) de un ojo (14) para su retirada de una cápsula de cristalino (30), definiendo dicho cristalino (28) un eje (36), en donde el producto de programa informático comprende secciones de programa para, respectivamente: usar el rayo láser para crear una  
5 abertura en la cápsula (30); seccionar el material transparente, *in situ*, en una pluralidad de segmentos operativos (32a-d; 45a-c), con cortes (34a-d; 42, 42a-b, 43, 43a-b) por descomposición óptica inducida por láser (LIOB) en el material transparente; seleccionar en relación al eje definido (36) al menos un segmento operativo (32b, 40; 45a-c, 47) orientado asimétricamente del material transparente; crear cortes LIOB compactos en el segmento seleccionado  
10 (32b, 40; 45a-c, 47) para ablandar material transparente en el segmento seleccionado (32b, 40; 45a-c, 47); retirar el segmento seleccionado ablandado (32b, 40; 45a-c, 47) de la cápsula (30); y retirar cualquier segmento operativo sin ablandar remanente fuera del segmento seleccionado (32b, 40; 45a-c, 47) de la cápsula (30).
2. Un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el segmento seleccionado  
15 (32b, 40; 45a-c, 47) incluye entre aproximadamente 5 % y 40 % en volumen, del tejido total del cristalino.
3. Un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde los cortes LIOB compactos se aplican en uno o más segmentos seleccionados.
- 20 4. Un producto de programa informático de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde los cortes LIOB compactos pueden ser cortes lineales, cortes cúbicos, cortes estadísticamente arbitrarios, cortes esferoides, cortes ondulados, cortes poligonales, cortes radiales, cortes arqueados, combinaciones de estos cortes o cualquier corte que pueda describirse mediante una serie de expansiones.
- 25 5. Un producto de programa informático de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la selección de patrones predeterminados y definidos se obtiene automáticamente, basándose en características ópticas del cristalino (28), el tamaño del cristalino (28) y/o la forma del cristalino (28).

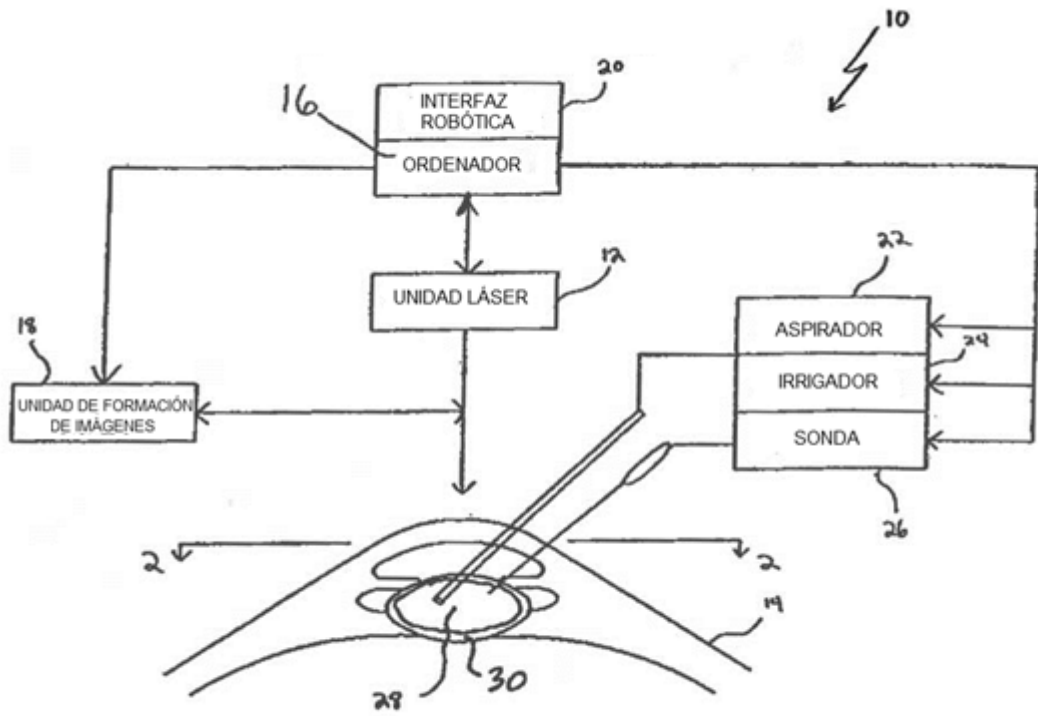
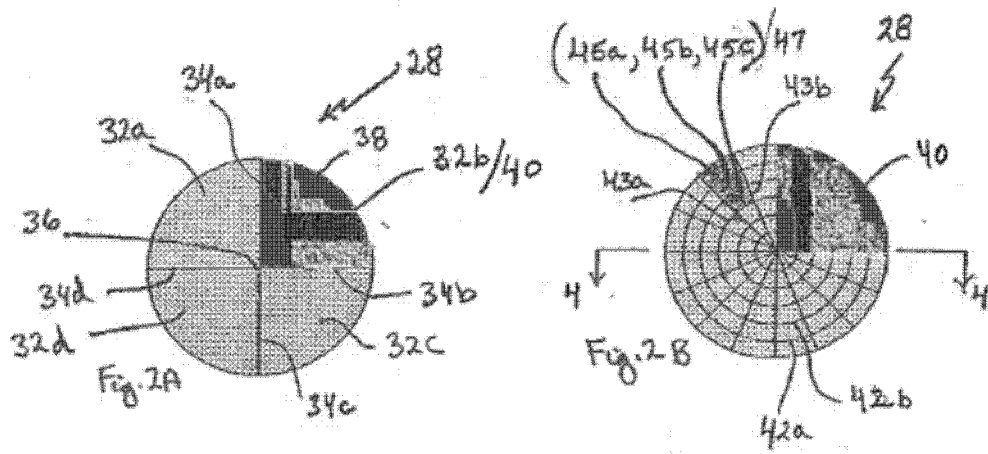
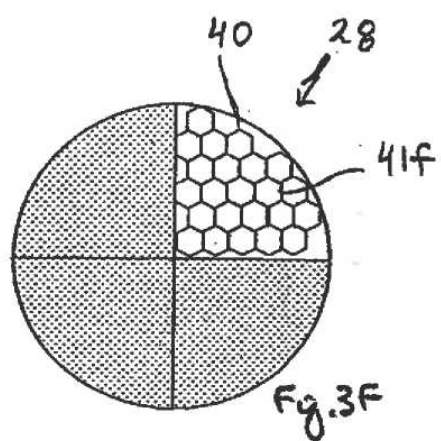
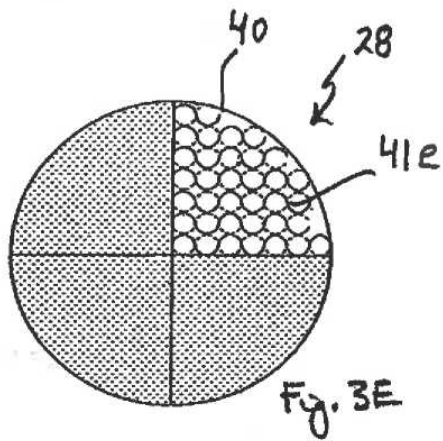
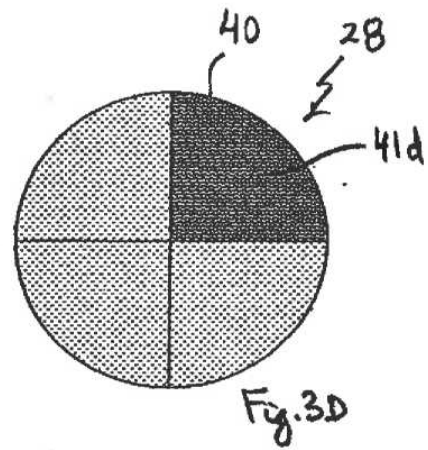
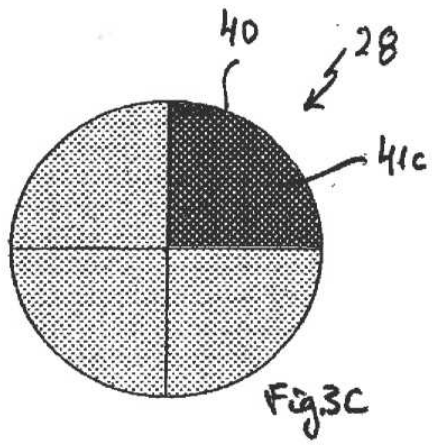
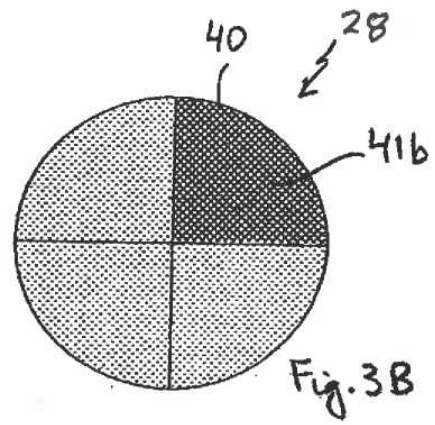
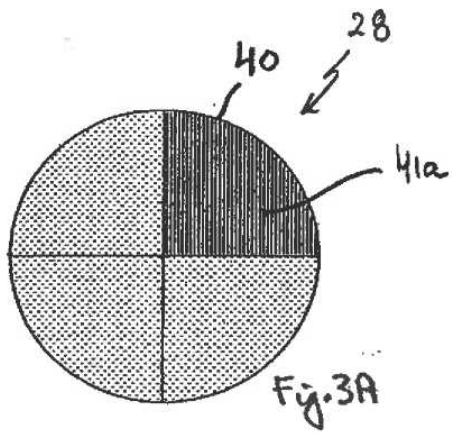
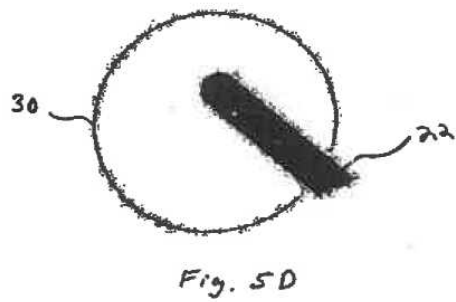
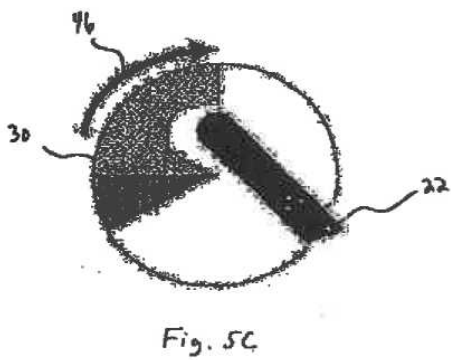
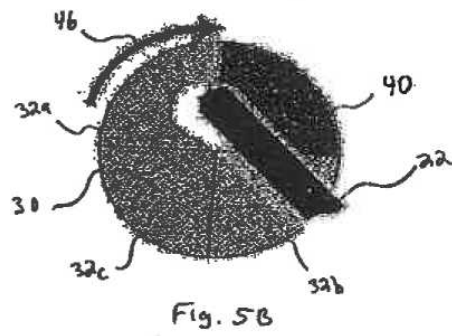
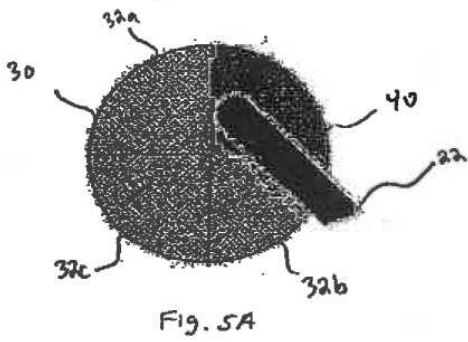
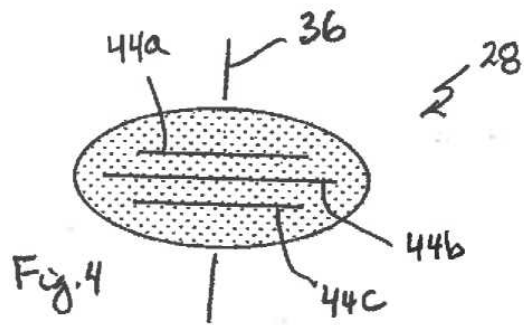


Fig. 1









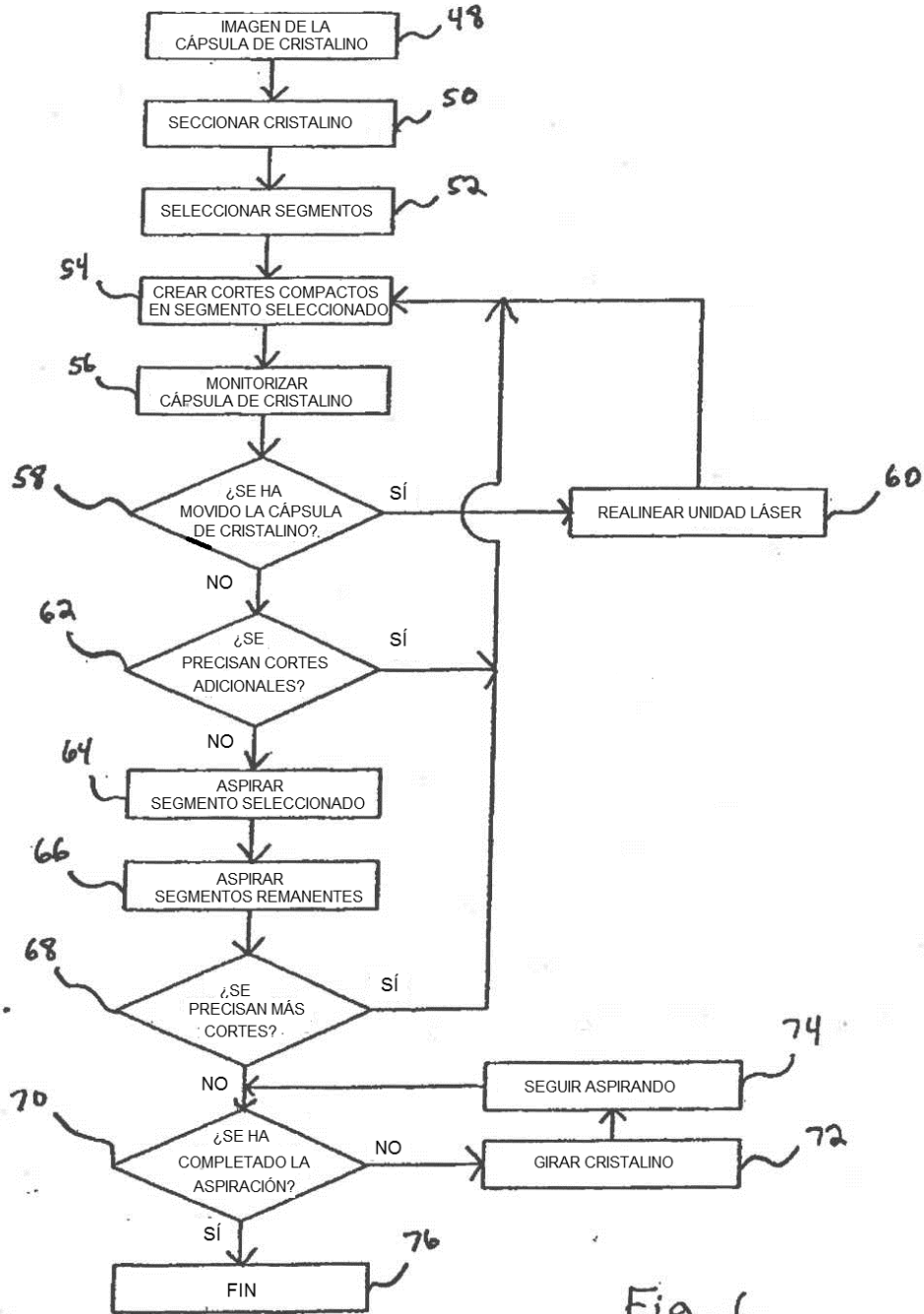


Fig. 6