

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 024 083**

51 Int. Cl.:

A61B 18/08 (2006.01)

A61B 18/00 (2006.01)

A61B 17/00 (2006.01)

A61B 90/00 (2006.01)

A61F 9/007 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.11.2022 PCT/US2022/049227**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.05.2023 WO23086321**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2022 E 22893513 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2025 EP 4271334**

54 Título: **Conversión de pulso de aire de la faco máquina para dispositivo de capsulotomía**

30 Prioridad:

09.11.2021 US 202163277293 P

07.11.2022 US 202217982195

07.11.2022 US 202217982199

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

03.06.2025

73 Titular/es:

CENTRICITY VISION, INC. (100.00%)

1939 Palomar Oaks Way Ste A

Carlsbad, CA 92011, US

72 Inventor/es:

LUM, BRANDON, JAY;

STEEN, MARK, EVAN;

BORRMANN, LEONARD, RICHARD y

WALBRINK, HAROLD, J.

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 3 024 083 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

Conversión de pulso de aire de la faco máquina para dispositivo de capsulotomía

5 Campo

El campo es un sistema para realizar una capsulotomía.

10

Antecedentes

Esta descripción se refiere generalmente a dispositivos médicos y específicamente a instrumentos microquirúrgicos para capsulotomías de lentes durante la cirugía de cataratas.

15

Un dispositivo de capsulotomía autónomo convencional requiere varios componentes para proporcionar su propia energía, succión y capacidades de control. El dispositivo independiente puede incluir un sistema de control que comprende, por ejemplo, una pantalla táctil, un pedal de pie inalámbrico y/o un control remoto inalámbrico para manejar el dispositivo. La capacidad de succión puede ser implementada por un módulo de succión que controla una bomba para crear potencia de succión para un procedimiento de capsulotomía. Además, el dispositivo independiente puede incluir tubos de succión, irrigación y/o aspiración separados. Todos estos componentes aumentan el espacio requerido en las salas de operaciones, mientras que el espacio en el suelo es limitado en la mayoría de las salas de operaciones. Además, el sistema de control separado puede complicar los procedimientos de control del operador. Por ejemplo, un operador puede necesitar cambiar de un pedal de pie que controla una faco máquina a un pedal de pie que controla un dispositivo de capsulotomía independiente, lo que puede reducir la eficiencia de operación.

20

Por lo tanto, un sistema de capsulotomía que se puede incorporar a una faco máquina puede mejorar la eficiencia en el quirófano y la facilidad de operación para mejorar los resultados clínicos y la seguridad del paciente.

30

El documento US 2009/216225 A1 describe un sistema y herramienta para realizar un procedimiento de capsulotomía. El sistema incluye una unidad de presión de aire, una unidad de control de capsulotomía y movimiento que proporciona corriente eléctrica y control de movimiento, y una herramienta de capsulotomía, y un elemento de quemado extensible-retráctil acoplado a la herramienta. Una unidad de capsulotomía y control de movimiento proporciona corriente eléctrica al elemento de quemado y control de movimiento para extender y retraer el elemento de quemado. Cuando el elemento de combustión está en una configuración aplanada y retraída, la punta de la herramienta puede ser insertada a través de una incisión corneal. Luego, el elemento de quemado se abre a una configuración circular y extendida, permitiendo una capsulotomía al aplicar un pulso eléctrico al elemento de quemado. Opcionalmente, puntos de debilidad predefinidos permiten la eliminación de la herramienta en caso de que ocurra una ruptura durante la cirugía.

40

El documento US 5 921 999 A describe un sistema y método para realizar una capsulotomía que emplea una pieza de mano que incluye un conjunto de corte que se adapta a una cámara anterior de un ojo, y corta una abertura en una cápsula del ojo con oscilación mecánica. El conjunto de corte incluye una manga rígida que comprende un eje oscilante. La manga y el eje oscilante están configurados para inducir un flujo laminar de fluido en el interior de la manga durante el funcionamiento del sistema. El miembro cortante oscila en una dirección transversal a una dimensión longitudinal del mango.

45

50

El documento US 2011/118734 A1 describe un aparato de capsulorrexis. Un aparato ejemplar incluye un dispositivo de electrodo de corte que a su vez comprende un mango, un anillo flexible que tiene un electrodo de alambre en forma de anillo incrustado en él, y un eje que conecta el anillo flexible al mango, en donde el anillo flexible está configurado para ser insertado en un ojo a través de una incisión. El aparato incluye además un electrodo de conexión a tierra configurado para ser colocado en o sobre el ojo, de manera independiente del dispositivo de electrodo de corte, y un generador de pulsos eléctricamente conectado al electrodo de alambre en forma de anillo y al electrodo de conexión a tierra, y configurado para suministrar energía pulsada al ojo a través del electrodo de alambre en forma de anillo y el electrodo de conexión a tierra.

55

60

El documento US 2018/228962 A1 describe un aparato, sistema y método que puede incluir al menos un contenedor de fluidos quirúrgicos que comprende un reservorio de fluidos capaz de contener fluidos quirúrgicos y un bolsillo de presión de gas aplicado al fluido quirúrgico en su interior; un primer puerto externo que se extiende desde el exterior del reservorio de fluidos en comunicación fluida con el fluido quirúrgico dentro del reservorio de fluidos; y un segundo puerto externo que se extiende directamente desde el exterior del reservorio de fluidos hacia el bolsillo de presión de gas.

65

Resumen

Se proporciona un sistema para realizar una capsulotomía de acuerdo con la reivindicación 1. Los métodos para realizar microcirugía descritos aquí se dan solo a modo de ilustración y no forman parte del alcance de la reivindicación de la invención.

5 Las modalidades se refieren a un sistema microquirúrgico para el corte de tejidos que produce capsulotomías consistentes y mejora los dispositivos actuales de corte de tejidos. El sistema microquirúrgico se puede utilizar para acceder de manera suave y fácil a los tejidos para realizar una microcirugía. El sistema está configurado para operar en conjunto con una máquina de facoemulsificación (faco máquina) para cortar tejido, por ejemplo, creando excisiones en la membrana de la cápsula anterior del lente del ojo durante una cirugía de cataratas.
10 El sistema ofrece beneficios en términos de eficiencia ergonómica en el quirófano y facilidad de operación para mejorar el resultado clínico y la seguridad del paciente.

Un sistema de capsulotomía puede incluir un manido de capsulotomía, un convertidor, una consola de control y una interfaz. El extremo funcional de un instrumento de capsulotomía puede contener un anillo elástico para realizar capsulotomías. El anillo elástico está configurado para cortar tejido e incluye una superficie conductora en la parte inferior del anillo elástico. La interfaz puede incluir uno o más conectores configurados para acoplarse a un puerto de aire de vitrectomía de una faco máquina. El puerto de aire del vitrector en la faco máquina está conectado a un convertidor que detecta un pulso de aire del puerto del vitrector de la faco máquina. La detección de pulso de aire produce una señal eléctrica que se envía a la consola de control. La consola de control está configurada para, en respuesta a recibir la señal eléctrica, generar una serie de pulsos eléctricos a través de la superficie conductora del anillo elástico, haciendo que el anillo elástico realice una operación de corte de tejido.

Un método ilustrativo para realizar una microcirugía utilizando el sistema de capsulotomía incluye detectar un pulso de aire de una faco máquina utilizando un convertidor del sistema de capsulotomía. El sistema de capsulotomía incluye una interfaz configurada para acoplarse a un puerto de aire, por ejemplo, el puerto del vitrector de la faco máquina para recibir el pulso de aire. El método incluye además producir, por el convertidor, una señal eléctrica en respuesta a la detección del pulso de aire; y accionar, por una consola de control del sistema de capsulotomía, una serie de pulsos eléctricos a un anillo elástico del sistema de capsulotomía para realizar una operación de corte de tejido. La consola de control puede generar los pulsos eléctricos basándose en la señal eléctrica producida por el convertidor.

El método ilustrativo para realizar una microcirugía utilizando el sistema de capsulotomía puede incluir el uso del pedal de pie de la faco máquina para controlar la iniciación de un pulso de aire entregado a través de su puerto de vitrector. Este pulso de aire puede ser detectado utilizando el convertidor de la capsulotomía y ser utilizado para generar una serie de pulsos eléctricos a un anillo elástico del sistema de capsulotomía para realizar una operación de corte de tejido.

En un aspecto, esta descripción presenta un sistema de capsulotomía que incluye un anillo elástico, una ventosa, una interfaz y una consola de control. El anillo elástico está acoplado a un vástago e incluye una superficie conductora para cortar tejido. La ventosa está acoplada al anillo elástico. La interfaz está acoplada a una línea de fluido de una faco máquina y está configurada para recibir fluido de la ventosa. La consola de control está configurada para entregar el fluido recibido a un espacio entre la ventosa y una superficie de un ojo.

En otro aspecto, la interfaz está acoplada a una línea de aspiración o succión de una faco máquina y está configurada para eliminar al menos una parte del fluido de la ventosa. La consola de control, a través de su uso de las funciones de aspiración de la faco máquina, está configurada para eliminar el fluido del espacio entre la ventosa y la superficie del ojo para formar un sello de succión entre la ventosa y la superficie del ojo; y después de que se forma el sello de succión, el sistema de capsulotomía impulsa una serie de pulsos eléctricos a través de la superficie conductora del anillo elástico para realizar la capsulotomía. En algunas modalidades, las funciones de aspiración de la faco máquina se pueden controlar mediante el uso de un pedal de pie. De esta manera, el pedal de pie puede ser utilizado para controlar la aspiración necesaria para la creación del sellado apropiado entre la ventosa con el anillo elástico y la superficie de la cápsula para la operación de una capsulotomía.

Un método ilustrativo para realizar una microcirugía utilizando el sistema de capsulotomía incluye recibir fluido de una línea de fluido (por ejemplo, línea de irrigación) de una faco máquina. El fluido de irrigación de la faco máquina se entrega al sistema de capsulotomía. El método incluye además entregar el fluido recibido en un espacio entre una ventosa del sistema de capsulotomía y una superficie de un ojo. La entrega de este fluido de irrigación también se puede controlar mediante un pedal de pie de la faco máquina. El fluido entregado de esta manera al sistema de capsulotomía puede servir para una multitud de propósitos, incluyendo pero no limitado a reposicionar la ventosa en una ubicación diferente en la superficie del ojo, eliminar material viscoso como un dispositivo quirúrgico oftálmico de debajo de la ventosa, mantener la presión dentro del ojo durante la cirugía y revertir la succión creada por la aspiración del fluido.

Descripción breve de las figuras

- La Figura 1A ilustra un dispositivo microquirúrgico conectado a su consola de control, de acuerdo con una modalidad.
- 5 Las Figuras 1B-1C ilustran vistas en sección transversal del dispositivo microquirúrgico mostrado en la Figura 1A, de acuerdo con una modalidad.
- La Figura 1D ilustra una vista inferior del dispositivo microquirúrgico mostrado en la Figura 1A, de acuerdo con una modalidad.
- 10 La Figura 1E ilustra una vista en perspectiva inferior del dispositivo microquirúrgico mostrado en la Figura 1A, de acuerdo con una modalidad.
- La Figura 1F ilustra una vista en perspectiva superior del dispositivo microquirúrgico mostrado en la Figura 1A, de acuerdo con una modalidad.
- La Figura 2 ilustra el flujo de corriente a través del elemento de corte del dispositivo microquirúrgico mostrado en la Figura 1A, de acuerdo con una modalidad.
- 15 Las Figuras 3A-3F ilustran las vistas en sección transversal de una área del dispositivo microquirúrgico mostrado en la Figura 1, de acuerdo con una modalidad.
- La Figura 4 ilustra un sistema de ejemplo para realizar una capsulotomía, de acuerdo con una modalidad.
- La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método para utilizar el sistema de capsulotomía integrado con una faco máquina para realizar una capsulotomía, el método no formando parte del alcance de la reivindicación de la invención.
- 20 La Figura 6 ilustra otro sistema de ejemplo para realizar una capsulotomía, de acuerdo con una modalidad.
- La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra otro método para utilizar el sistema de capsulotomía para realizar una capsulotomía, el método no siendo parte del alcance de la reivindicación de la invención.
- 25 Las figuras representan varias modalidades de la presente tecnología con fines de ilustración únicamente. Un experto en la materia reconocerá fácilmente a partir de la siguiente descripción que se pueden emplear otras modalidades alternativas de las estructuras y métodos ilustrados aquí sin apartarse de los principios de la tecnología descrita aquí.

30 Descripción detallada

Las modalidades descritas en este documento se refieren a un sistema microquirúrgico para cortar tejido que realiza una capsulotomía. En algunas modalidades, el sistema microquirúrgico puede estar incorporado con una faco máquina en donde un pulso de aire entregado desde un puerto vitrector de la faco máquina puede ser detectado por un convertidor del sistema microquirúrgico. La señal detectada activa la función de capsulotomía en el sistema microquirúrgico y entrega una serie de pulsos eléctricos para realizar la capsulotomía. En un ejemplo, la faco máquina incluye un pedal de pie que controla la generación de pulsos de aire de la faco máquina. De esta manera, el control total de todos los aspectos del procedimiento de capsulotomía está completamente bajo el control de un operador que utiliza el pedal de pie de la faco máquina.

40 Además del control de succión y entrega de energía, el sistema microquirúrgico y la faco máquina pueden ser programados a discreción del operador para automatizar ciertos aspectos del procedimiento de capsulotomía, por ejemplo, la retracción del vástago, la identificación de la succión total, la entrega automática de energía en succión máxima, la confirmación verbal de la consecución de pasos clave del procedimiento, etc. El procedimiento puede ser automatizado dependiendo de la preferencia del operador mediante el pedal de pie de la faco máquina del operador, lo que reduce la curva de aprendizaje del operador, ya que el operador está utilizando el pedal de pie de la faco máquina al que está acostumbrado.

50 Además, la capacidad de añadir el sistema microquirúrgico en gran parte dentro de la huella de la faco máquina existente ahorra espacio y proporciona al circulador y al técnico de quirófano un fácil acceso para una cirugía. La integración del sistema microquirúrgico y una faco máquina proporciona la oportunidad de usar menos tubos y aún poder gestionar cualquier requisito del quirófano. La integración también simplifica los consumibles y elimina la necesidad de una jeringa, una bomba de rodillo y un aislador de fluidos necesarios para liberar la succión manualmente y proteger el dispositivo microquirúrgico de la entrada de fluidos, mejorando así la eficiencia ergonómica en el quirófano.

60 En algunas modalidades, el sistema microquirúrgico puede incluir tubos de irrigación y/o aspiración que pueden estar integrados con las líneas de fluido de una faco máquina. El tubo de irrigación puede recibir fluido de la línea de fluido e inyectar el fluido en una cámara anterior del ojo, por ejemplo, para mantener la presión dentro de la cámara anterior, entre otros usos.

65 Además, las funciones de irrigación y/o aspiración pueden ayudar a eliminar o diluir el dispositivo quirúrgico oftálmico (OVD) viscoso presente debajo de la ventosa. OVD es un material viscoso similar a un gel que se utiliza en cirugía para proteger las células endoteliales. Eliminar el OVD de alta viscosidad de debajo de la ventosa ayudará a que la ventosa se adhiera a la superficie de la cápsula una vez que se active la succión por el operador. Las funciones de irrigación y/o aspiración también pueden ayudar a revertir la succión para levantar

la ventosa de la cápsula después de la capsulotomía, o si un operador desea reubicar la capsulotomía en un lugar diferente de la cápsula. La colección de burbujas de aire atrapadas en el sistema microquirúrgico y en la cámara anterior obstaculiza la visualización del campo quirúrgico por parte del operador. La capacidad de irrigar ayuda a eliminar las burbujas de aire en el sistema microquirúrgico, la cámara anterior, así como en la configuración precirugía.

Las Figuras 1A-1F ilustran diversas vistas de un dispositivo microquirúrgico 100 para corte de tejidos. La Figura 1A ilustra una modalidad de un dispositivo microquirúrgico 100. Las Figuras 1B-1C ilustran vistas en sección transversal del dispositivo microquirúrgico 100. La Figura 1D ilustra una vista inferior del dispositivo microquirúrgico 100. La Figura 1E ilustra una vista inferior en perspectiva del dispositivo microquirúrgico 100. La Figura 1F ilustra una vista superior en perspectiva del dispositivo microquirúrgico 100.

El dispositivo 100 mostrado en la Figura 1A incluye una ventosa 105, un elemento de corte 110 (también denominado "anillo de corte" en este documento), uno o más tubos de succión 115, conductores eléctricos 120A, 120B, y un vástago 125. La ventosa 105 y el elemento de corte 110 están ubicados en un extremo distal del vástago 125, que alberga uno o más tubos de succión 115 y los conductores eléctricos 120A, 120B. El dispositivo 100 incluye además una consola de control 130 (también denominada "controlador" en este documento) que está configurada para proporcionar succión a la ventosa 105 y energía eléctrica al elemento de corte 110. La ventosa 105 está conectada a la consola de control 130 a través de uno o más tubos de succión 115 y un conector de succión 135. El elemento de corte 110 está conectado a la consola de control 130 a través de los conductores eléctricos 120A, 120B, uno o más conjuntos de conductores eléctricos, como los conductores eléctricos 140A, 140B, y un conector eléctrico 145.

La ventosa 105 es una estructura plegable que puede proporcionar un sellado hermético entre los bordes de la ventosa 105 y el tejido que se está extirpando (por ejemplo, cápsula del lente, tejido corneal, tejido conectivo y similar). Debido al sello fluido entre la ventosa 105 y el tejido, se puede aplicar vacío o presión fluida a la ventosa 105 y al tejido, de modo que la presión resultante presiona el elemento de corte 110 contra el tejido. Presionar el elemento de corte 110 contra el tejido facilita un corte más preciso y suave. La estructura plegable de la ventosa 105 es colapsable reversiblemente de tal manera que una sección transversal de la ventosa 105 puede disminuir para la inserción del dispositivo 100 a través de una incisión. Como tal, la ventosa 105 puede incluir un material flexible, como silicona, poliuretano y similares. En una modalidad, el material de la ventosa 105 es una silicona de grado médico que tiene un dureza Shore A de 60 (por ejemplo, Nusil MED-4960). Además, la silicona puede ser transparente, lo que puede ayudar en la colocación de la ventosa 105.

El elemento de corte 110 es un elemento diseñado para cortar tejido mediante la aplicación de presión y/o corriente eléctrica a través de uno o más conductores eléctricos 120A, 120B acoplados al elemento de corte 110. El elemento de corte 110 puede estar hecho de varios materiales. En algunas modalidades, los componentes metálicos del elemento de corte 110 pueden ser fabricados mediante electroformado con materiales adecuados como níquel, aleaciones de níquel-titanio, oro, acero, cobre, platino, iridio, molibdeno, tantalio, y similares. Cuando el elemento de corte 110 está configurado para excisar eléctricamente tejido, el material del elemento de corte 110 es eléctricamente conductor. Además, el elemento de corte 110 es colapsable reversiblemente de tal manera que una sección transversal del elemento de corte 110 puede disminuir para la inserción del dispositivo 100 a través de una incisión. Por lo tanto, el material del elemento de corte 110 es generalmente elástico para que pueda regresar a su forma original después de la inserción del dispositivo 100 a través de la incisión. Un ejemplo típico de construcción es un anillo de nitinol superelástico con un grosor de pared de 0,075 mm, una altura de 0,140 mm y pestañas. Otra estrategia es añadir a este cuerpo superelástico una película delgada (por ejemplo, de 0,0001 a 0,002 mm) de un material más conductor que no tiene que ser superelástico porque es muy delgada. Ejemplos de materiales incluyen, pero no se limitan a, acero de resorte, acero inoxidable, aleación de níquel y titanio, grafito, nitinol, níquel, aleación de níquel y cromo, tungsteno, molibdeno, tantalio, oro, plata, o cualquier otro material que permita que el elemento de corte 110 regrese a su forma anterior.

El dispositivo 100 es capaz de entregar una amplia gama de energías (por ejemplo, de 0 a 3 julios, o más) a través del elemento de corte 110. La energía disipada por el elemento de corte 110 durante su uso en cirugía puede determinarse empíricamente mediante su uso en un tejido específico de interés. Por ejemplo, en una capsulotomía de la cápsula anterior del cristalino de un humano adulto, se encontró que aproximadamente 1,2 julios produjeron un resultado satisfactorio. Algunos ejemplos específicos de aplicaciones para las capsulotomías de lente incluyen humanos pediátricos así como adultos y otros animales como perros, enumerados en orden de necesidad energética creciente. Para acomodar las diversas necesidades de energía, la cantidad de energía disipada por el elemento de corte 110 puede ser controlada mediante el control de parámetros como el número de pulsos, la duración de cada pulso, el tiempo entre pulsos y/o la energía de cada pulso aplicada al tejido a través del elemento de corte 110. Estos parámetros pueden ser determinados empíricamente para cada aplicación de tejido y/o a través de modelado computacional. Además, los gradientes de temperatura en el elemento de corte 110 pueden ser diseñados y/o modificados para diferentes tejidos.

Los uno o más tubos de succión 115 están ubicados dentro del vástago 125 del dispositivo 100. Uno o más tubos de succión 115 están configurados para proporcionar succión a la ventosa 105. Uno o más tubos de succión 115 proporcionan succión a la ventosa 105 para hacer que la ventosa 105 se colapse y cree un sello de succión. Los uno o más tubos de succión 115 también pueden estar configurados para invertir la succión y/o el flujo de fluido que se aplica a la ventosa 105 para desenganchar la ventosa 105 y el elemento de corte 110 del tejido extirpado. En algunas modalidades, el material de los tubos de succión 115 es una silicona de grado médico que tiene un dureza Shore A de 60 (por ejemplo, Nusil MED-4960). En algunas modalidades, los conductores eléctricos 120A, 120B, un hilo de anclaje y/o un extensor rígido pasan a través de los uno o más tubos de succión 115 hasta la ventosa 105.

Los uno o más tubos de succión 115 pueden estar configurados además para actuar como trayectorias de fluido. Por ejemplo, uno o más tubos de succión 115 pueden ser preparados antes de su uso con una solución, como una solución salina balanceada. El cebado de los caminos de fluido de uno o más tubos de succión 115 puede ayudar a garantizar que haya poco o ningún aire compresible en el dispositivo 100. Además, después de que la excisión del tejido esté completa, se puede realizar una liberación hidráulica de uno o más tubos de succión 115 para liberar la ventosa 105 del tejido. En algunas modalidades, la liberación hidráulica consiste en forzar de 0,05 ml a 0,2 ml de una solución salina equilibrada desde los tubos de succión 115 de vuelta a la ventosa 105.

En algunas modalidades, el dispositivo 100 puede incluir uno o más tubos de fluido configurados para recibir fluido. Los tubos de fluido y los tubos de succión 115 pueden conectarse al vástago 125 en un mismo punto de conexión. Los tubos de fluido y los tubos de succión 115 pueden ser cambiados para conectarse al vástago 125. Dentro del vástago 125, los tubos de fluido y los tubos de succión 115 pueden compartir el mismo canal que está acoplado a la ventosa 105. Alternativamente, los tubos de fluido y los tubos de succión 115 pueden conectarse al vástago 125 en diferentes puntos de conexión, por ejemplo, en los extremos opuestos del vástago 125. En otro ejemplo, los tubos de fluido incluyen una entrada acoplada a la ventosa 105 y los tubos de succión 115 incluyen una salida acoplada a la ventosa 105. La entrada de los tubos de fluido es diferente de la salida de los tubos de succión 115 de modo que los tubos de fluido y los tubos de succión 115 pueden ser operados al mismo tiempo.

La configuración de uno o más tubos de succión 115 a lo largo de la superficie interna de la ventosa 105 puede variar. Por ejemplo, cuando hay dos o más tubos de succión 115, los tubos de succión 115 pueden estar ubicados en puntos antípodas de la ventosa 105. Esta configuración puede asegurar una distribución equitativa de la succión a lo largo de los canales de succión de la ventosa 105. En otras modalidades, los tubos de succión 115 pueden estar adyacentes, ubicados dentro de un número umbral de grados entre sí, ubicados dentro de una distancia umbral entre sí, y similares. Además, los tubos de succión 115 pueden estar ubicados a lo largo de una superficie exterior de la ventosa 105, a lo largo de una superficie inferior de la ventosa 105, a lo largo de una superficie superior de la ventosa 105, y similares. En modalidades en donde el dispositivo 100 incluye un solo tubo de succión 115, el tubo de succión puede estar ubicado en cualquier punto a lo largo de la superficie interior de la ventosa 105. Por ejemplo, un orificio del tubo de succión 115 puede estar ubicado en un techo de la ventosa 105, en un extremo proximal de la ventosa 105, en un extremo distal de la ventosa 105, y similares.

Los conductores eléctricos 120A, 120B están configurados para proporcionar energía eléctrica al elemento de corte 110. Los conductores eléctricos 120A, 120B están ubicados dentro del vástago 125 del dispositivo 100 y acoplados a una superficie del elemento de corte 110. En algunas modalidades, los conductores eléctricos 120A, 120B son hilos de plata. En otras modalidades, los conductores eléctricos 120A, 120B están hechos de cobre, aluminio, oro o similar. Además, los conductores eléctricos 120A, 120B pueden estar aislados.

La consola de control 130 está configurada para proporcionar succión a la ventosa 105 y energía eléctrica al elemento de corte 110. Además, un operador del dispositivo 100 puede controlar la profundidad de corte a través de la consola de control 130 modificando los parámetros de succión y/o eléctricos del dispositivo 100.

La succión se proporciona a la ventosa 105 a través de uno o más tubos de succión 115 conectados a la consola de control 130 y un conector de succión 135. Usando la consola de control 130, un operador del dispositivo 100 puede proporcionar succión a la ventosa 105, succión inversa durante la desconexión del dispositivo 100 y/o enjuagar los caminos de fluido de uno o más tubos de succión 115 con una solución. Además, un operador del dispositivo 100 puede modificar la cantidad de succión aplicada a la ventosa 105 en función de la operación que se esté realizando. En algunas modalidades, un operador del dispositivo 100 puede modificar manualmente la cantidad de succión aplicada a la ventosa 105, por ejemplo, utilizando una válvula de vacío y/o un manómetro de vacío de la consola de control 130. Alternativamente, o adicionalmente, la consola de control 130 puede incluir parámetros de succión predeterminados determinados a través de experimentación, modelado y/o una combinación de los mismos que están cada uno asociados con un procedimiento. Además, utilizando la consola de control 130, se pueden proporcionar diferentes cantidades de succión a diferentes tubos de succión. A modo de ejemplo, se ha utilizado con éxito una presión de succión de 19 +/- 1 pulgada de Hg (64,3414 kPa +/- 3,38639 kPa) de vacío. Eso es presión manométrica, no presión

absoluta, por lo que el mismo diferencial de presión es establecido por el panel de control 130 a través de la pared de la ventosa, independientemente de la altitud a la que se utilice. Además, como se describe a continuación, la presión aplicada puede ser presión fluida.

5 La consola de control 130 entrega energía eléctrica al elemento de corte 110 a través de los conductores eléctricos 120A, 120B, uno o más conjuntos de conductores eléctricos 140A, 140B, y un conector eléctrico 145. Un primer conjunto de conductores eléctricos 140A puede estar configurado para proporcionar energía al elemento de corte 110. Un segundo conjunto de conductores eléctricos 140B puede ser para la medición de resistencia y puede estar conectado a un dispositivo de medición, como una sonda Kelvin (también conocida como el método de medición de resistencia de 4 hilos). En algunas modalidades, el primer conjunto de conductores eléctricos 140A y/o el segundo conjunto de conductores eléctricos 140B son cables de cobre, tales como (respectivamente) cables de cobre de 24 ga, cables de cobre de 30 ga, y similares. En otras modalidades, el primer conjunto de conductores eléctricos 140A y/o el segundo conjunto de conductores eléctricos 140B están compuestos de aluminio, oro, plata o similares. La energía eléctrica puede ser proporcionada al elemento de corte 110 como una o más formas de onda eléctricas. Una o más formas de onda eléctricas se descargan a través del elemento de corte 110 para hacer que el elemento de corte 110 se caliente durante un corto período de tiempo, como 0,0001 segundos a 0,05 segundos, dependiendo del voltaje y la corriente aplicados.

20 Usando la consola de control 130, la profundidad de corte puede ser controlada al controlar la cantidad de descarga eléctrica aplicada al elemento de corte 110. Por ejemplo, la profundidad de corte puede ser controlada modificando uno o más de: la energía de cada pulso, el número de pulsos en el tren de pulsos, los intervalos entre pulsos, y similares. Al igual que con la succión, estos parámetros pueden ser modificados manualmente por un operador del dispositivo 100 utilizando elementos de control de la consola de control 130. Alternativamente, o adicionalmente, la consola de control 130 puede incluir conjuntos de parámetros predeterminados que están cada uno asociados con diferentes profundidades de corte, diferentes tipos de pacientes, y similares. Estos conjuntos de parámetros pueden ser determinados a través de la experimentación, el modelado y/o una combinación de ambos. La consola de control 130 puede ser un controlador, un microprocesador, una lógica de hardware programable, etc.

30 En algunas modalidades, la consola de control 130 puede cambiar automáticamente los parámetros de operación del dispositivo 100. Por ejemplo, la consola de control 130 puede cambiar los parámetros de operación de acuerdo con un conjunto predeterminado de pasos de operación asociados con un procedimiento. Alternativamente, o adicionalmente, la consola de control 130 puede cambiar los parámetros de operación del dispositivo 100 basándose en la retroalimentación del propio dispositivo 100. Por ejemplo, la consola de control 35 130 puede cambiar los parámetros de operación del dispositivo 100 en respuesta a la detección de una resistencia del dispositivo, una presión, un cambio de presión, una temperatura, un cambio de temperatura, una profundidad de corte determinada, o similar, durante el uso.

40 En algunas modalidades, el dispositivo 100 puede incluir además un convertidor. El convertidor está acoplado a una interfaz que a su vez se acopla a una faco máquina. El convertidor detecta un pulso de aire de la faco máquina a través de la interfaz y convierte el pulso de aire en una señal eléctrica. La consola de control 130 que se acopla al convertidor recibe la señal eléctrica y entrega pulsos eléctricos al elemento de corte 110.

45 La Figura 1B ilustra una vista en sección transversal del dispositivo 100. En la modalidad mostrada, una altura del extremo proximal de la ventosa 105 es mayor que una altura del extremo distal de la ventosa 105, formando una cámara de succión circunferencial cónica 150 en la ventosa 105. La cámara de succión circunferencial cónica 150 ayuda a asegurar que se aplique una succión uniforme, en parte, porque la altura de la cámara disminuye a medida que se reduce el volumen a evacuar.

50 En algunas modalidades, una primera altura de la cámara de succión circunferencial cónica 150 puede tener una primera altura en un orificio de la ventosa 105 y una segunda altura en un punto antipodal de la ventosa. En estas modalidades, la primera altura puede ser mayor que la segunda altura. Por ejemplo, la altura de la ventosa 105 puede ser mayor en el extremo proximal y menor en el extremo distal. En algunas modalidades, las alturas relativas del extremo proximal de la ventosa 105 y del extremo distal de la ventosa 105 pueden basarse en una serie de factores, incluyendo, pero no limitándose a: la cantidad de volumen total a evacuar, la cantidad de succión que se está aplicando, el tipo de procedimiento que se está realizando, el tipo de tejido que se está extirpando, la cantidad de energía eléctrica que se está aplicando, características incluidas en la parte inferior de la ventosa 105 (por ejemplo, separadores y/o guías visuales), o similares. Por ejemplo, la cámara de succión circunferencial cónica 150 puede inclinarse en un ángulo de manera que el volumen a ser removido de la ventosa sea proporcional al volumen de la cámara de succión circunferencial cónica 150 a lo largo de un eje horizontal de la ventosa 105. Ejemplos del ángulo de inclinación incluyen, pero no se limitan a, 0 grados, 1 grado, 2 grados, 3 grados, 4 grados, 5 grados, 6 grados, 7 grados, 8 grados, 9 grados, 10 grados, 11 grados, 12 grados, 13 grados, 14 grados, o 15 grados.

65 Además, la geometría y las especificaciones de la ventosa 105 pueden ser modificadas para prevenir el colapso de la ventosa 105 cuando se aplica succión. Por ejemplo, la parte superior de la cámara de succión

circunferencial cónica 150 puede estar arqueada para evitar el colapso, como se muestra en la Figura 3A. El aumento y la extensión de la porción arqueada pueden variar según factores que incluyen, pero no se limitan a, la cantidad de succión que se aplica, el tipo de procedimiento que se está realizando, o similares.

5 Además, el grosor de la ventosa 105 puede ser modificado para evitar colapsos cuando se aplica succión. En algunas modalidades, el grosor de toda la ventosa 105 es un grosor uniforme que previene el colapso de la totalidad de la ventosa (por ejemplo, 200 micrones o más, 175 micrones o más, 150 micrones o más, 125 micrones o más, 100 micrones o más, 75 micrones o más, 25 micrones o más, etc.). En otras modalidades, porciones de la ventosa pueden tener varios grosores. Por ejemplo, las porciones que no deberían colapsar durante el uso, como una porción arqueada de la ventosa 105, pueden ser relativamente más gruesas que otras porciones de la ventosa 105 que son colapsables durante el uso. En estas modalidades, las porciones que tienen un grosor aumentado pueden tener un grosor de alrededor de 200 micrones o más. Otras porciones de la ventosa pueden tener grosores de alrededor de 200 micrones o menos, tales como 175 micrones o menos, 150 micrones o menos, 125 micrones o menos, 100 micrones o menos, 75 micrones o menos, 50 micrones o menos, 25 micrones o menos, o similares. Al limitar las porciones de la ventosa 105 que tienen un grosor aumentado, se reduce la cantidad total de silicona necesaria para fabricar la ventosa 105 y se previene el colapso de la ventosa 105. Además, al reducir la cantidad de silicio, se reduce la fuerza necesaria para insertar la ventosa 105 a través de una incisión.

20 El vástago 125 está acoplado al extremo proximal de la ventosa 105 a través de una abertura en un lado cónico de la ventosa 105. Un cuello 155 del vástago 125 permite el flujo de fluido hacia y desde el vástago 125 hacia la ventosa 105 en una dirección sustancialmente perpendicular a la dirección de la fuerza de succión que se aplica contra el tejido. Por ejemplo, el ángulo entre el flujo de fluido hacia y desde el vástago 125 y la dirección de la fuerza de succión que se aplica contra el tejido puede estar entre 85 grados y 95 grados, entre 80 grados y 100 grados, y similares. El flujo sustancialmente perpendicular ayuda a garantizar una distribución uniforme de la succión. En modalidades alternativas, el cuello 155 del vástago 125 puede estar configurado para proporcionar un flujo sustancialmente vertical. En estas modalidades, un mecanismo adicional puede estar acoplado al cuello 155 del vástago 125 para facilitar el flujo horizontal de succión y/o fluido hacia la ventosa 105 desde el vástago 125.

30 Como se discutió previamente, el dispositivo 100 puede incluir un extensible rígido (no mostrado) que se utiliza para extender el elemento de corte 110 para la inserción del dispositivo 100 a través de una incisión, como una incisión corneal. El extremo del extensor rígido puede incluir uno o más dientes a los que se acopla el elemento de corte 110. Los uno o más dientes pueden prevenir el desacoplamiento sustancial del extensor rígido y el elemento de corte 110 durante el transporte. Sin embargo, la longitud de uno o más dientes puede requerir un bolsillo de contención 160 que impida que uno o más dientes perforen la ventosa 105.

35 Un principio básico del moldeo por inyección en la fabricación de dispositivos es que la pieza moldeada prevista no debe tener características que generen subrasgos significativos y que impidan la separación de las dos mitades del molde y la recuperación de la pieza moldeada. En ciertos casos, el uso de pasadores laterales puede crear las características moldeadas deseadas, pero puede implicar un mayor costo y puede impartir menos precisión. Un bolsillo de contención horizontal puede representar un deslizamiento significativo y puede que no sea posible fabricarlo utilizando técnicas de moldeo estándar con dos mitades de molde que se separan en una dirección vertical.

45 Para eliminar la presencia de un deslizamiento creado por un bolsillo de contención horizontal, el bolsillo de contención 160 puede ser colapsable entre una posición vertical y una posición horizontal. En algunas modalidades, el bolsillo de contención 160 puede ser colapsable entre posiciones horizontales y verticales debido a la flexibilidad del material del bolsillo de contención 160. En modalidades alternativas, el bolsillo de contención 160 puede ser colapsable debido a una o más juntas, o cualquier otro mecanismo de colapso adecuado. Para facilitar la fabricación, el bolsillo de contención 160 puede ser moldeado en la posición vertical. La posición vertical del bolsillo de contención 160 ayuda a asegurar que el bolsillo de contención se libere fácilmente a medida que las dos mitades del molde se tiran en una dirección vertical para separarse. Cuando el bolsillo de contención 160 se colapsa en la posición horizontal, puede aceptar el extremo del extensor rígido. En algunas modalidades, el bolsillo de contención 160 está restringido para mantenerse horizontal durante el transporte. Puede permanecer horizontal ya que la ventosa 105 y el elemento de corte 110 están alargados mediante un extensor rígido. A medida que el extensor rígido se retrae, el bolsillo de contención 160 regresa a su forma vertical moldeada debido a la elasticidad de la silicona.

60 La Figura 1C ilustra una vista adicional en sección transversal del dispositivo 100. Como se discutió con referencia a la Figura 1B, la ventosa 105 puede formar una cámara de succión circunferencial cónica 150 que se inclina hacia abajo en dirección desde el extremo proximal hasta el extremo distal de la ventosa 105. Además, una porción central 165 de la ventosa 105 puede tener una altura más corta que la cámara de succión circunferencial cónica 150 de la ventosa 105. La altura reducida de la porción central 165 puede reducir la cantidad de material que necesita ser evacuado del espacio encerrado por la ventosa 105, lo que facilita una distribución más uniforme de la succión. En algunas modalidades, la totalidad de la porción central 165 puede

tener una altura uniforme. En modalidades alternativas, la porción central 165 puede inclinarse al mismo ángulo que la cámara de succión circunferencial cónica 150 o a un ángulo diferente al de la cámara de succión circunferencial cónica 150. Además, la(s) altura(s) de la porción central 165 pueden variar en función de la cantidad de volumen total que se va a evacuar, la cantidad de succión que se está aplicando, el tipo de procedimiento que se está realizando, el tipo de tejido que se está excisando, la cantidad de energía eléctrica que se está aplicando, las características incluidas en la parte inferior de la ventosa 105 (por ejemplo, separadores y/o guías visuales), o similares.

Como se ilustra en la Figura 1C, la ventosa 105 incluye un contacto de sellado 170 y un borde cónico 175 a lo largo de la falda 180 de la ventosa 105. La falda flexible 180 permite que el contacto de sellado 170 permanezca en la membrana capsular incluso si un mango del dispositivo 100 es rotado o trasladado por un operador del dispositivo 100. El borde cónico 175 puede facilitar la colocación de la falda flexible 180 debajo del iris, por ejemplo, para procedimientos que implican pupilas pequeñas. En algunas modalidades, el borde cónico 175 es donde se encuentra la línea de separación del molde. La distancia entre el borde cónico 175 y el contacto de sellado 170 puede ser tal que el flash del proceso de moldeo no sea lo suficientemente largo como para alcanzar el contacto de sellado 170. Por ejemplo, un destello de hasta 0,25 mm de longitud no se meterá entre el sello y la cápsula y causará una fuga.

Como se ilustra además en la Figura 1C, la proximidad del elemento de corte 110 a la ventosa 105 puede ayudar a asegurar que solo el borde interior inferior 181 del elemento de corte 110 esté en contacto físico con el tejido que se está excisando (por ejemplo, una membrana capsular). Por ejemplo, el elemento de corte puede estar acoplado a una superficie de la ventosa de manera que solo el borde inferior interno 181 del elemento de corte esté en contacto con el tejido que se está extirpando. En estas modalidades, al aplicar succión a la ventosa 105, el diámetro exterior del elemento de corte 110 no está en contacto físico con el tejido que se está excisando. En estas modalidades, el diámetro exterior del elemento de corte 110 afecta la excisión de tejidos de forma remota a través de la conducción. Por ejemplo, el diámetro exterior del elemento de corte 110 puede estar ubicado a una distancia suficiente de la membrana capsular para afectar remotamente la membrana capsular mediante un cambio de temperatura. El cambio de temperatura puede ayudar en la creación de un borde enrollado consistente, que se describe a continuación con referencia a las Figuras. 3A-3F. En otras modalidades, el acoplamiento del elemento de corte 110 y la ventosa 105 puede estar configurado de tal manera que el borde inferior externo 183 del elemento de corte excise el tejido, tanto el borde inferior interno 181 como el borde inferior externo 183 excisen el tejido, o cualquier otra porción adecuada del elemento de corte 110 excise el tejido.

Las Figuras Las Figuras 1D-1F ilustran vistas adicionales del dispositivo 100. Como se muestra en la Figura 1D, el elemento de corte 110 y los conductores eléctricos 120A, 120B están instalados. En algunas modalidades, los conductores eléctricos son cables de plata eléctricamente aislados (por ejemplo, una capa de poliamida de 6 micrones de grosor). En algunas modalidades, los conductores eléctricos 120A, 120B se empujan hacia atrás cerca de la parte superior de la cámara de flujo interior para estar fuera del camino del borde de corte (por ejemplo, el borde inferior interior 181) del elemento de corte 110.

La ventosa 105 mostrada incluye una o más características. Las características mostradas pueden incluir separadores huecos, como el separador hueco 185, y guías de puntería, como la guía de puntería 190. En la modalidad mostrada, los separadores huecos se colocan en una superficie interna de la ventosa 105. Los separadores huecos evitan que la porción central 165 de la ventosa 105 se selle completamente contra la superficie de la membrana capsular, creando canales para el flujo de material y una distribución uniforme de succión. Además, los separadores huecos pueden proporcionar una indicación visual del nivel de succión dentro de la ventosa 105. A medida que se desarrolla la succión, la burbuja de aire atrapada se elimina del interior del separador hueco. El escape de la burbuja de aire puede ser utilizado como una señal visual de que se ha desarrollado una succión adecuada. Las dimensiones de los separadores y las guías de puntería pueden variar para seleccionar una que atrape burbujas de aire y permita su escape solo cuando se ha aplicado el nivel de succión deseado. En algunas modalidades, las dimensiones de los separadores pueden variar de manera que proporcionen una indicación visual de diferentes niveles de succión.

En la modalidad mostrada, la ventosa 105 incluye diez separadores. En modalidades alternativas, la ventosa 105 puede incluir cualquier número adecuado de separadores, como un separador, cinco separadores, o similares. En algunas modalidades, los separadores tienen trampas de aire de alta relación de aspecto (por ejemplo, 0,2 mm de diámetro y 0,3 mm de altura). En modalidades alternativas, los separadores tienen trampas de aire de baja relación de aspecto, trampas de aire de relación de aspecto intermedia, y similares. Además, se puede modificar la relación de aspecto para asegurar que el aire siempre quede atrapado. Debido a que la goma de silicona es elástica, la abertura de separación puede tener un diámetro más pequeño que la cavidad de la trampa y aún ser moldeable. El diámetro reducido en la abertura del soporte puede ayudar a garantizar que el aire quede atrapado hasta que la succión alcance la presión necesaria para una capsulotomía exitosa. Sin embargo, el diámetro de la cavidad puede incluir dimensiones más pequeñas y/o iguales que la abertura de separación.

En algunas modalidades, los separadores incluyen una ranura, por ejemplo, la ranura 195. Las ranuras están orientadas alejadas del vástago 125 y/o de los tubos de succión 115. En modalidades alternativas, las ranuras pueden estar orientadas hacia el vástago y/o los tubos de succión 115, cada ranura puede estar orientada en una dirección diferente, o similar. Las ranuras pueden ser modificadas para permitir que el aire salga a diferentes niveles de succión.

La colocación de la capsulotomía en una ubicación precisa en la superficie del lente es crítica, ya que las capsulotomías descentradas pueden proporcionar menos estabilidad del IOL y un rendimiento óptico del IOL inferior. El operador puede utilizar una serie de diferentes puntos de referencia quirúrgicos para centrar la capsulotomía. Estos incluyen las posiciones de ciertas imágenes de Purkinje o reflejos de luz que pueden ser utilizados para indicar la posición del eje visual del paciente. Un dispositivo automatizado de capsulotomía, como el dispositivo 100, debería permitir una fácil centrado del elemento de corte 110 alineado con tales imágenes de Purkinje. En el dispositivo 100 mostrado, la alineación del centro de la ventosa 105 con un hito quirúrgico deseado, como una reflexión de luz de Purkinje, es asistida por la colocación de guías de puntería, como la guía de puntería 190, cerca del centro de la ventosa 105. Las guías de puntería pueden tener varias formas geométricas y ayudar en el reconocimiento visual por parte del operador de la ubicación del centro de la ventosa 105 y / o del elemento de corte 110. Se pueden fabricar guías de apuntado en la ventosa 105 utilizando técnicas de micro-moldeado de silicona que son bien conocidas en la técnica.

Una vez que se ha identificado la alineación deseada de la ventosa 105, la iniciación de la succión no debe causar un desplazamiento sustancial en la posición del elemento de corte 110, lo que podría resultar en una capsulotomía descentrada. El movimiento indeseable del elemento de corte 110 puede ocurrir si el elemento de corte 110 se inserta simplemente en los agujeros de la ventosa 105 que no restringen completamente los movimientos del elemento de corte 110 a medida que la ventosa 105 reduce su volumen interno bajo succión. Para prevenir movimientos indeseables, el elemento de corte 110 puede estar unido físicamente a la ventosa 105, como se muestra en la Figura 1E.

El elemento de corte 110 consiste en un metal conductor y la ventosa 105 puede consistir en silicona y, por lo tanto, están hechos como dos partes separadas. Se disponen bolsillos huecos, como el bolsillo 197, en la ventosa 105 para aceptar una o más lengüetas que sobresalen del elemento de corte 110. Durante la fabricación, las lengüetas se colocan dentro de los bolsillos huecos correspondientes y se deposita silicona en los bolsillos huecos para asegurar las lengüetas de sujeción en su lugar. En algunas modalidades, la silicona se coloca desde la parte superior de la ventosa 105. En modalidades alternativas, la silicona se introduce desde el lado inferior de la ventosa 105. Por ejemplo, durante el envasado por el fondo, se puede dispensar silicona líquida en cada bolsillo. El elemento de corte 110 se lleva entonces a la ventosa 105, los conductores eléctricos 120A, 120B se introducen a través del lumen del vástago 125, y las pestañas de sujeción se sumergen en la silicona líquida en los bolsillos de encapsulado. El conjunto puede ser calentado para curar la silicona. En algunas modalidades, los bolsillos incluyen una membrana delgada que evita que la silicona líquida llegue al elemento de corte 110. La membrana delgada puede ser perforada por las lengüetas de sujeción a medida que las lengüetas de sujeción se colocan en los bolsillos huecos.

La Figura 2 ilustra el camino del flujo de corriente eléctrica (i) dentro del elemento de corte 110. Al entrar en el elemento de corte 110 a través de un conductor eléctrico 120A, una porción de la corriente, como la mitad de la corriente ($i_{1/2}$), viaja a lo largo de una mitad del elemento de corte 110, mientras que otra porción de la corriente, como la otra mitad de la corriente ($i_{1/2}$), viaja a lo largo de la otra mitad del elemento de corte 110. La corriente sale entonces del elemento de corte 110 en el otro conductor eléctrico 120B. Debido a la resistencia eléctrica del elemento de corte 110, el flujo de corriente causa un aumento rápido en la temperatura del elemento de corte 110. Debido al rápido aumento de la temperatura, las moléculas de agua cercanas o adyacentes al elemento de corte 110 y al tejido que se está excisando se vaporizan rápidamente y fracturan mecánicamente el tejido a lo largo del camino dictado por la porción de tejido que se está excisando.

Las Figuras 3A-3F ilustran los pasos para usar el dispositivo 100 mostrado en la Figura 1A, de acuerdo con una modalidad. Figura 3A, una sección transversal del dispositivo 100 en estrecha proximidad a la membrana capsular 305 que encierra la cápsula del lente 310. En la sección transversal mostrada, la ventosa 105 tiene un canal de flujo donde la silicona está arqueada y es lo suficientemente gruesa como para prevenir el colapso cuando se aplica la succión, por ejemplo, a lo largo de la cámara de succión circunferencial cónica 150 de la ventosa 105. Los separadores, como el separador 185, mantienen el camino de flujo debajo del centro de la membrana abierto durante la succión. El cuerpo del elemento de corte 110 ilustrado tiene una sección transversal rectangular. En modalidades alternativas, el elemento de corte 110 puede tener cualquier forma adecuada, como cónica, elíptica, y similares.

El contacto de sellado 170 de la falda 180 de la ventosa 105 se aproxima estrechamente a la membrana capsular 305 que encierra la lente 310. Un operador del dispositivo centra el dispositivo 100 en el eje visual del paciente. Una vez centrado, el extensor rígido ha sido retraído de su posición extendida de tal manera que el extremo del extensor rígido está en el cuello 155 del dispositivo 100. La rigidez del extensor rígido permite al

operador posicionar la ventosa 105 en el eje visual a lo largo de un amplio rango de profundidad de cámara anterior, ACD, (por ejemplo, ACD de 1,9 mm a 4,0 mm).

5 La Figura 3B ilustra la deformación de la lente 310 y de la ventosa 105 que ocurre cuando se aplica succión a la ventosa 105. Las fuerzas de succión tiran de la membrana capsular 305 dentro de la ventosa 105 y establecen una fuerza de contacto contra el borde inferior interno 181 del elemento de corte 110. Al mismo tiempo, una superficie de la ventosa 105 se presiona contra la superficie exterior del elemento de corte 110. La falda 180 de la ventosa 105 evita el contacto entre la membrana capsular y el borde inferior externo 183 del elemento de corte 110 para limitar el corte al borde inferior interno 181 del elemento de corte 110. En
10 modalidades alternativas, el corte puede ocurrir en el borde inferior exterior 183 del elemento de corte 110, en el borde inferior interior 181 y el borde inferior exterior 183 del elemento de corte 110, o similar.

Se crea un pequeño volumen 315 de manera que el líquido queda atrapado entre la membrana capsular 305, el elemento de corte 110 y la ventosa 105. La fuerza de estiramiento por succión provoca que la membrana capsular 305 desarrolle una tensión significativa. Hay una concentración de tensión de tracción donde la membrana capsular 305 está en contacto con el borde inferior interno 181 del elemento de corte 110. Dado que esta tensión de tracción se acumula antes de la descarga eléctrica que realiza el corte, ya está presente esperando actuar en el instante en que ocurre la descarga, y se añade un breve destello de calor. En algunas modalidades, el pequeño volumen 315 que separa el diámetro exterior del elemento de corte 110 y la membrana capsular 305 es lo suficientemente pequeño como para permitir que el elemento de corte 110 cause de forma remota un cambio de temperatura en la membrana capsular 305 desde una distancia para ayudar en el enrollado capsular después de que el procedimiento de corte esté completo.

La Figura 3C ilustra la condición en donde se produce la descarga eléctrica a través del elemento de corte 110. Dentro de los primeros microsegundos del evento de corte, el elemento de corte 110 se calienta a una temperatura más alta que la temperatura crítica del agua. Como resultado, las moléculas de agua ubicadas a unos pocos micrones del elemento de corte 110 se vaporizarán. El vástago dentro del pequeño volumen atrapado 315 no puede escapar durante este corto tiempo, por lo que la presión en el pequeño volumen atrapado 315 aumenta. El aumento de presión resulta en el cambio de curvatura que aparece en la membrana capsular 305. Esto también puede causar un cambio en el volumen del pequeño volumen 315.

Al mismo tiempo, el calor fluye desde el elemento de corte 110 hacia la membrana capsular 305 en el punto de contacto con el elemento de corte 110 (por ejemplo, el borde inferior interno 181 del elemento de corte 110). A medida que el calor fluye hacia el colágeno en el punto de contacto entre la membrana capsular 305 y el elemento de corte 110, la membrana capsular 305 se debilita. Debido a la simetría del dispositivo 100, se ejercen fuerzas y temperaturas iguales a lo largo de la circunferencia del elemento de corte 110 en contacto con la membrana capsular 305. Cuando la resistencia de la membrana capsular 305 es menor que las fuerzas que actúan para desgarrarla, la membrana capsular 305 se rompe. Las fuerzas que actúan para desgarrar la membrana capsular 305 pueden surgir de 1) el estrés tensional de la succión que se está aplicando, y/o 2) la presión creciente en el pequeño volumen 315 como resultado del calentamiento del vástago.

Debido a que el evento de corte ocurre en la escala de tiempo de milisegundos (por ejemplo, de 1 milisegundo a 10 milisegundos), es la inercia de la masa de material circundante la que confina el vástago. Se necesitaría una gran fuerza para acelerar la masa de material circundante durante este breve intervalo de tiempo. Durante el intervalo de tiempo de milisegundos, la presión del vástago aumenta, el material comenzará a moverse, pero la capsulotomía ya se habrá realizado. Por ejemplo, la descarga eléctrica puede consistir en 12 pulsos, 66 microsegundos encendido, 305 microsegundos apagado, para un tiempo total de 4 milisegundos. Esto puede no ser suficiente tiempo para que la masa de material se acelere y se mueva. Ten en cuenta que el corte de cápsulas de diferentes grosores u otros tejidos puede realizarse alterando el número de pulsos, la duración de cada pulso, el intervalo entre pulsos y la energía por pulso. Además, el ancho de la parte inferior del anillo de corte puede ajustarse para cambiar la extensión espacial de los efectos térmicos remotos, como el enrollado.

La Figura 3D ilustra el retroceso 325 de la membrana capsular estirada 305 desde el borde inferior interno 181 del elemento de corte 110, que ocurre después de que se ha completado la descarga eléctrica. En algunas modalidades, hay poca masa inercial involucrada en este movimiento.

La Figura 3E ilustra los bordes de la membrana capsular 305 enrollándose a medida que los bordes se enfrían. Los bordes de la membrana capsular 305 se enrollan porque el método de calentamiento empleado por el dispositivo 100 crea un gradiente de temperatura a través del grosor de la membrana capsular 305. Como se discutió con respecto a la Figura 3B, la superficie exterior de la membrana capsular 305 recibirá calor del elemento de corte 110 a través del vástago que la contacta, como el vástago confinado dentro del pequeño volumen 315. El calor hace que el colágeno se contraiga. El colágeno se contrae más en la superficie exterior 305A de la membrana capsular 305 que en la superficie interior 305B de la membrana capsular 305 porque el evento de corte es demasiado breve para que el calor significativo llegue a través de la capa de vástago y contraiga la superficie interior 305B de la membrana capsular 305 tanto como la superficie exterior 305A. Esto crea un gradiente de tensión en la membrana capsular 305 a medida que se enfría. La contracción del colágeno

en la capa superior tira del borde hacia adentro, por lo que se enrolla. El borde de la bolsa capsular solo puede enrollarse hasta que contacta con el fondo del elemento de corte 110 y/o la ventosa 105.

La Figura 3F ilustra la dirección de flujo 330 de la liberación de fluido que se realiza para desenganchar la succión y levantar la ventosa 105 del lente 310. Debido a que el borde de la bolsa capsular está enrollado contra la parte inferior del elemento de corte 110 y la ventosa 105, el flujo en ese lugar va entre la membrana capsular 305 y el lente 310. Esto realiza una hidrodisección para separar la membrana capsular 305 del lente 310.

A medida que avanza la liberación del fluido, el borde de la bolsa capsular todavía está enrollado contra la parte inferior de la ventosa 105, por lo que el fluido aún se dirige entre la membrana capsular 305 y la lente 310 para completar la hidrodisección. En algunas modalidades, la liberación del fluido se realiza rápidamente (por ejemplo, en 0,5 segundos o menos). Si el flujo de liberación es lo suficientemente rápido, la inercia del fluido circundante sobre la ventosa 105 puede retrasar su ascenso el tiempo suficiente para que el flujo de liberación siga el camino de la hidrodisección en lugar de simplemente despegar de la ventosa 105. Una vez que el borde de la bolsa capsular ya no está sujeto por la ventosa 105, la bolsa capsular es libre de enrollarse bajo la influencia del estrés superficial inducido por el destello de calor que recibió durante el evento de corte.

Interfaz faco máquina para dispositivo quirúrgico

La Figura 4 ilustra un sistema de ejemplo 400 para realizar una capsulotomía. Como se muestra en la Figura 4, el sistema 400 opera en cooperación con una faco máquina 430. El sistema 400 incluye un dispositivo microquirúrgico 100, un convertidor 410 y una interfaz 420. En algunas modalidades, el sistema 400 puede incluir componentes diferentes y/o adicionales. La funcionalidad descrita en conjunto con uno o más de los componentes mostrados en la Figura 4 puede ser distribuida entre los componentes de manera diferente a la descrita en conjunto con la Figura 4 en algunas modalidades. Por ejemplo, el convertidor 410 puede ser un dispositivo separado del dispositivo microquirúrgico 100; alternativamente, alguna o toda la funcionalidad del convertidor 410 puede estar integrada con el dispositivo microquirúrgico 100. En otro ejemplo, tanto el convertidor 410 como la interfaz 420 pueden estar integrados con el dispositivo microquirúrgico 100.

El dispositivo microquirúrgico 100 está configurado para cortar tejido para realizar una capsulotomía. El dispositivo microquirúrgico 100 puede incluir todos o parte de los componentes en el dispositivo 100 mostrados en las Figuras. 1-3. En algunas modalidades, el dispositivo microquirúrgico 100 incluye al menos un elemento de corte 110, un vástago 125 y una consola de control 130. El elemento de corte 110 puede ser un anillo elástico acoplado al vástago 125. El elemento de corte 110 incluye una superficie conductora en la parte inferior del elemento de corte 110, que está configurada para cortar tejido a través de la aplicación de corriente eléctrica a medida que se aplica presión hacia abajo en el anillo elástico a través de la ventosa. La consola de control 130 está configurada para generar una serie de pulsos eléctricos a través de la superficie conductora del anillo elástico.

El convertidor 410 está acoplado eléctricamente al dispositivo microquirúrgico 100. En algunos ejemplos, el convertidor 410 puede estar acoplado a la consola de control 130 del dispositivo microquirúrgico 100. El convertidor 410 también está acoplado a la interfaz 420, que a su vez está conectada a la faco máquina 430. De esta manera, el convertidor 410 detecta un pulso de aire de la faco máquina 430 a través de la interfaz 420 y produce una señal eléctrica basada en el pulso de aire detectado. La señal eléctrica producida se envía entonces a la consola de control 130 para activar los pulsos eléctricos del elemento de corte 110 para realizar una operación de corte de tejido. El convertidor 410 puede detectar el número de pulsos de aire, la duración de cada pulso de aire, el intervalo de tiempo entre los pulsos de aire y/o la magnitud de cada pulso de aire, y producir señales eléctricas en consecuencia.

En algunas modalidades, el convertidor 410 puede incluir un sensor de aire para detectar el pulso de aire de la faco máquina 430. El sensor de aire puede detectar la presión de aire, o un cambio de presión de aire aplicado por el pulso de aire. En algunas modalidades, el convertidor 410 puede incluir un transductor para convertir la presión de aire detectada (o el cambio de presión de aire) en señales eléctricas como salida. Uno o más pulsos de aire pueden ser detectados por el sensor de aire y utilizados por el transductor para producir señales eléctricas que activan la entrega de los pulsos eléctricos de capsulotomía para realizar la capsulotomía del lente. Todas las partes del convertidor 410 pueden estar ubicadas fuera de la consola de control 130. Alternativamente, algunos de los componentes (por ejemplo, transductor) pueden ser componentes integrales de y estar ubicados dentro de la consola de control 130. En algunos ejemplos, el convertidor 410 y la interfaz 420 están integrados con el dispositivo microquirúrgico 100, el sensor de aire y/o el transductor pueden estar ubicados en cualquier lugar desde la interfaz 420 hasta la consola de control 130.

La interfaz 420 se conecta entre la faco máquina 430 y el convertidor 410. La interfaz 420 puede incluir un conector que se conecta al puerto de aire de la faco máquina 430. La interfaz 420 está configurada para acoplarse a un puerto de aire (por ejemplo, puerto de pulso de aire de vitrectomía) de la faco máquina 430 para entregar los pulsos de aire recibidos de la faco máquina 430 al convertidor 410. En algunas modalidades, la

interfaz 420 puede incluir líneas de aire, líneas de fluido y/o conectores que se conectan a otros puertos de la faco máquina 430, como succión, irrigación, etc. En algunas modalidades, la interfaz 420 puede estar integrada con el convertidor 410, y/o además integrada con la consola de control 130 del dispositivo microquirúrgico 100. La interfaz 420 puede permitir que el sistema de capsulotomía 400 se adhiera al lado de la faco máquina 430, sin ningún cambio en la huella del suelo.

En algunas modalidades, la interfaz 420 puede incluir además componentes electrónicos, interfaz de usuario, etc. para que la interfaz 420 integre funcionalmente el sistema de capsulotomía 400 y la faco máquina 430. El sistema de capsulotomía 400 puede ser controlado por la faco máquina 430, y las operaciones en la faco máquina 430 pueden ser entregadas al sistema de capsulotomía 400. Por ejemplo, una o más funciones de la faco máquina 430 a menudo son realizadas y controladas por un operador que opera un pedal de pie multifuncional de la faco máquina 435. Las operaciones del sistema de capsulotomía 400 a través de la faco máquina 430 también pueden lograrse mediante el uso del pedal de pie 435. Por ejemplo, pulsar el pedal de pie 435 a un nivel preestablecido inicia una función de succión del dispositivo microquirúrgico 100. Presionar un interruptor lateral en el pedal de pie 435 o presionar el pedal de pie 435 hasta un segundo nivel preestablecido puede activar el pulso de aire para enviar las señales eléctricas para realizar el corte de capsulotomía. Cuando se libera el pedal de pie 435, se puede realizar una función de ventilación de succión, p. ej., para liberar la ventosa 105 de una cápsula de un ojo, lo que puede ser facilitado por la entrega de fluido en la ventosa. El pedal de pie puede ser utilizado para controlar la entrega de pulsos de aire desde el puerto del vitrector de la faco máquina, incluyendo el número de pulsos de aire, la duración de cada pulso de aire, el intervalo de tiempo entre los pulsos de aire y/o la magnitud de cada pulso de aire.

En algunas modalidades, con la interfaz 420, un operador puede controlar todos los aspectos de un procedimiento de capsulotomía utilizando el pedal de pie 435, incluyendo succión, irrigación, aspiración, corte de tejido, etc. El operador inicia la succión al presionar el pedal de pie 435 en la posición adecuada. El operador puede interrumpir rápidamente la succión y/o abortar el procedimiento levantando el pie del pedal de pie 435. El operador puede realizar una operación de corte de tejido (es decir, entregar energía) al presionar un pedal de pie con un pedal lateral o un pedal de pie preprogramado. En algunos ejemplos, el operador puede suministrar riego a través de una punta del dispositivo microquirúrgico 100 para abrir una incisión y ayudar en la inserción del dispositivo microquirúrgico 100 al presionar el pedal de pie 435. El operador puede liberar la ventosa 105 de la cápsula, si es necesario, activando el reflujo de fluido de la faco máquina con el interruptor lateral en el pedal de pie 435.

En algunas modalidades, el sistema de capsulotomía 400 puede incluir además un casete que se puede insertar en la consola de control 130 para aumentar la eficiencia y la seguridad de la tubería de succión y las conexiones eléctricas. Las operaciones adicionales también pueden implicar el uso del casete insertado en la consola de control 130 para facilitar varios aspectos de succión, ventilación de la succión, irrigación intraocular quirúrgica, irrigación para elevar la incisión corneal para facilitar la entrada de la punta de capsulotomía, retracción del vástago, entrega de pulso de energía durante la capsulotomía mientras se asegura el aislamiento fluido, etc.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método 500 para utilizar un sistema de capsulotomía para realizar una capsulotomía. El sistema de capsulotomía puede ser el sistema 400 mostrado en la Figura 4; alternativamente, el sistema de capsulotomía puede ser un sistema integrado que incluye el dispositivo microquirúrgico 100, el convertidor 410 y la interfaz 420 mostrados en la Figura 4. Los pasos mostrados en la Figura 5 pueden realizarse en cooperación con una faco máquina. Otras entidades pueden realizar algunos o todos los pasos en la Figura 5. Los métodos ilustrativos pueden incluir diferentes y/o pasos adicionales, o realizar los pasos en diferentes órdenes.

Un operador coloca en 510 una ventosa en una posición objetivo del ojo de un paciente. El dispositivo microquirúrgico incluye una ventosa que está configurado para proporcionar un sellado hermético entre los bordes de la succión y el tejido que se está excisando. La posición objetivo del ojo puede ser el tejido que se va a extirpar, por ejemplo, la cápsula del lente, el tejido corneal, el tejido conectivo, etc.

El operador opera para formar un sello de succión 520 al evacuar el material bajo la ventosa, causando así una ventosa parcialmente colapsada. El dispositivo microquirúrgico incluye uno o más tubos de succión conectados a la ventosa y configurados para proporcionar succión a la ventosa al evacuar el material debajo de la ventosa, causando así una ventosa parcialmente colapsada y un sello de succión. En algunas modalidades, los tubos de succión pueden estar conectados a una consola de control del sistema de capsulotomía con un conector de succión, y la consola de control proporciona la potencia de succión a la ventosa a través de los tubos de succión. Alternativamente, los tubos de succión y el conector de tubo pueden conectarse a la faco máquina que proporciona la potencia de succión a la ventosa. El operador puede operar la consola de control y/o la faco máquina para formar el sello de succión. Además, el sistema de capsulotomía incluye una pantalla de interfaz que permite al usuario monitorear y controlar el proceso de succión.

El operador procede a enviar 530 un pulso de aire desde la faco máquina para iniciar una operación de corte de tejido. Las operaciones de la faco máquina pueden lograrse mediante el uso de un pedal de pie. Al presionar

un interruptor lateral en el pedal de pie o al presionar el pedal de pie hasta un segundo nivel preestablecido, el operador puede generar el pulso de aire. Los pulsos de aire también se pueden entregar mediante la faco máquina a través de la operación de la pantalla táctil u otros métodos, como un control remoto.

5 El convertidor del sistema de capsulotomía detecta 540 el pulso de aire de la faco máquina a través de la interfaz del sistema de capsulotomía. La interfaz está acoplada a un puerto de aire de la faco máquina, y el pulso de aire se envía a través de una línea de aire a un convertidor del sistema de capsulotomía. El convertidor puede detectar el número de pulsos de aire, la duración de cada pulso de aire, el intervalo de tiempo entre los pulsos de aire y/o la magnitud de cada pulso de aire.

10 El convertidor produce una señal eléctrica de 550 basada en el pulso de aire detectado. El convertidor puede producir señales eléctricas correspondientes al número detectado de pulsos de aire, la duración de cada pulso de aire, el intervalo de tiempo entre los pulsos de aire y/o la magnitud de cada pulso de aire. En algunas modalidades, el convertidor puede incluir un sensor de aire para detectar y convertir la presión de aire detectada en señales eléctricas como salida a la consola de control.

15 En respuesta a la señal eléctrica recibida, la consola de control del sistema de capsulotomía genera 560 una serie de pulsos eléctricos basados en la señal eléctrica. En algunas modalidades, el sistema de capsulotomía puede generar la serie de pulsos eléctricos correspondientes a la señal eléctrica de modo que la serie de pulsos eléctricos esté asociada con el número de pulsos de aire, la duración de cada pulso de aire, el intervalo de tiempo entre los pulsos de aire y/o la magnitud de cada pulso de aire. La consola de control impulsa las energías eléctricas a través de una superficie conductora del elemento de corte (por ejemplo, un anillo elástico) del sistema de capsulotomía para realizar una operación de corte de tejido (por ejemplo, capsulotomía).

20 Con la interfaz y el convertidor del sistema de capsulotomía, el operador puede lograr un control total de todos los aspectos del procedimiento de capsulotomía utilizando el pedal de pie de la faco máquina. El sistema de capsulotomía y la faco máquina se pueden programar a discreción del operador para automatizar ciertos aspectos del procedimiento de capsulotomía, mejorando así la eficiencia ergonómica en el quirófano y la facilidad de operación para mejorar el resultado clínico y la seguridad del paciente.

30 La Figura 6 ilustra otro sistema 600 para realizar una capsulotomía. Como se muestra en la Figura 6, el sistema 600 opera en cooperación con una faco máquina 610. El sistema 600 es similar al dispositivo microquirúrgico 100 según se describe en secciones anteriores y como se muestra en las Figuras 1-3. El sistema 600 puede ser un dispositivo microquirúrgico modificado 100 que está configurado para proporcionar funciones de irrigación y/o aspiración en una capsulotomía. Similar al dispositivo microquirúrgico 100, el sistema 600 puede incluir todos o parte de los componentes del dispositivo 100 mostrados en las Figuras 1-3. Como se muestra en la Figura 6, el sistema 600 incluye al menos un elemento de corte 110, una ventosa 105, un vástago 625, una consola de control 130, una interfaz de tubo 615 y uno o más conectores de tubo 635. La funcionalidad descrita en conjunto con uno o más de los componentes mostrados en la Figura 6 puede ser distribuida entre los componentes de manera diferente a la descrita en conjunto con la Figura 6 en algunas modalidades. En algunas modalidades, el sistema 600 puede incluir componentes diferentes y/o adicionales. Por ejemplo, el sistema 600 puede incluir además el convertidor 410 y la interfaz 420 como se muestra en la Figura 4 para integrar el control del sistema 600 y la faco máquina 610.

45 El elemento de corte 110 puede ser un anillo elástico acoplado al vástago 625. El elemento de corte 110 incluye una superficie conductora en la parte inferior del elemento de corte 110, que está configurada para cortar tejido mediante la aplicación de corriente eléctrica a medida que se aplica presión hacia abajo sobre el anillo elástico mientras los contenidos de la ventosa son evacuados por succión. La ventosa 105 está configurada para proporcionar un sello estanco entre los bordes de la ventosa y el tejido que se está extirpando. La ventosa 105 y el elemento de corte 110 se encuentran en un extremo distal del vástago 625.

50 La interfaz de tubo 615 está configurada para acoplarse a una línea de fluido de la faco máquina 610 para recibir un fluido de irrigación de la faco máquina 610. Un extremo de la interfaz de tubo 615 puede conectarse con uno o más puertos de la faco máquina 610 mediante uno o más conectores de tubo 635; y el otro extremo de la interfaz de tubo 615 puede acoplarse al vástago 625.

55 El sistema de capsulotomía 600 está configurado para entregar el fluido de irrigación recibido en un espacio entre la ventosa 105 y una superficie del ojo, de modo que proporciona la función de irrigación. Por ejemplo, los canales de fluido en el vástago 625 pueden entregar el fluido en un espacio, es decir, una cámara anterior del ojo para mantener la presión dentro de la cámara anterior. En otro ejemplo, los canales de fluido en el vástago 625 pueden entregar el fluido a un espacio entre la superficie superior de la ventosa 105 y la superficie interior de un ojo. El sistema de capsulotomía 600 puede estar configurado para eliminar una porción del material o fluido debajo de la ventosa 105 con potencia de aspiración para llevar a cabo una operación de succión. De esta manera, la presión entre la ventosa 105 y la superficie del ojo disminuye, y se forma un sello de succión entre la ventosa 105 y la superficie del ojo. Entonces, la consola de control 130 puede enviar una serie de pulsos eléctricos a través de la superficie conductora del anillo elástico para realizar una operación de

5 corte de tejido según sea necesario. En algunas modalidades, después de que se forme el sello de succión, el usuario puede romper el sello de succión al introducir un fluido de irrigación adicional en la ventosa 105 y la superficie del ojo. De esta manera, la ventosa 105 puede ser móvil en relación con el ojo, y un nuevo sello de succión puede formarse en una ubicación deseada. Con la función de irrigación y aspiración, el operador puede utilizar el sistema de capsulotomía 600 para eliminar o diluir el OVD viscoso presente debajo de la ventosa 105, levantar la ventosa 105 de la cápsula con succión inversa, o reubicar la capsulotomía en una ubicación diferente en la cápsula. En algunos ejemplos, las funciones de irrigación y aspiración pueden ayudar a eliminar las burbujas de aire atrapadas en un dispositivo microquirúrgico, una cámara anterior, un equipo quirúrgico antes o durante el proceso de capsulotomía. En algunas modalidades, la consola de control 130 del sistema 600 puede estar integrada con la faco máquina 610 de manera similar a la mostrada en la Figura 4. De esta manera, todos los aspectos de un procedimiento de capsulotomía, como la succión, irrigación, aspiración, corte de tejido, etc., pueden ser controlados utilizando la faco máquina 610 y su pedal de pie 620.

15 Refiriéndose de nuevo a la interfaz de tubo 615, la interfaz de tubo 615 puede estar configurada de manera diferente según las funciones que incluye. En un ejemplo, el sistema 600 incluye tubos de entrega de fluidos y de succión separados, así como conectores de entrega de fluidos y de succión (por ejemplo, el tubo de succión 115 y el conector de succión 135 que se muestran en la Figura 1A). El tubo fluido del tubo 615 está configurado para recibir el fluido de irrigación de la línea de fluido de la faco máquina 610. El tubo de fluido 615 y el tubo de succión pueden conectarse a un extremo proximal del vástago 625 en un mismo punto de conexión. Dentro del vástago 625, el tubo de succión y el tubo de fluido comparten el mismo canal que está acoplado a la ventosa 105. De esta manera, las funciones de irrigación y aspiración se controlan por separado y se utilizan alternativamente.

20 En otro ejemplo, el tubo de succión y el tubo de fluido en la interfaz de tubo 615 pueden conectarse al vástago 625 en diferentes puntos de conexión. Por ejemplo, el tubo de succión y el tubo de fluido pueden estar conectados a los extremos opuestos del vástago 625. Mientras que el tubo de succión se conecta a un extremo proximal del vástago 625, el tubo de fluido de la interfaz de tubo 615 puede conectarse a un extremo distal del vástago 625. El punto de conexión del tubo de fluido está más cerca de la ventosa 105 en comparación con el punto de conexión del tubo de succión en el vástago 625. El tubo de succión y el tubo de fluido aún comparten la misma abertura de entrada/salida en la ventosa 105.

25 En otro ejemplo, el fluido de irrigación entra en la ventosa 105 a través de su propia entrada (es decir, entrada de irrigación), y el fluido de succión/aspiración sale de la ventosa 105 a través de otra salida (es decir, salida de aspiración). La entrada de riego y la salida de aspiración no comparten la misma abertura. También pueden ser de cualquier forma o tamaño y estar ubicados en cualquier lugar de la ventosa que sea apropiado para el flujo de irrigación necesario y el flujo de aspiración durante la operación de la capsulotomía.

30 En algunas modalidades, la entrada de riego puede ser una abertura en forma de ranura dentro de la ventosa 105. Debido a su geometría de hendidura y a la dureza del silicón utilizado en el moldeado de la ventosa, la entrada de irrigación puede estar normalmente en un estado "cerrado". Durante la aplicación de succión, la abertura de irrigación se cierra aún más ya que la ventosa 105 puede tener una tendencia a colapsar bajo la presión de succión. Cuando se desea riego, la presión generada por el fluido de riego entrante que es impulsado hacia adelante por un mecanismo de generación de fuerza ubicado de forma remota, por ejemplo, en la faco máquina, provoca que la abertura de riego se abra y permita la entrada del fluido de riego. La aspiración puede o no funcionar al mismo tiempo. Si la aspiración/succión se activa al mismo tiempo que la función de irrigación, siempre que la entrada de líquido de irrigación sea mayor que el flujo de salida, habrá una entrada neta de líquido de irrigación bajo la ventosa 105. Con esta configuración, tanto las funciones de aspiración como de irrigación pueden operar al mismo tiempo. Dependiendo de cuál flujo sea mayor, se puede lograr una aspiración neta o una irrigación neta. Además, tras la desconexión de la ventosa 105 del post capsulotomía de la cápsula, cualquier OVD o residuo puede permanecer en la línea de aspiración y puede no ser empujado de nuevo a la cámara anterior cuando se aplica la irrigación. Los desechos permanecen en la línea de aspiración ya que se puede utilizar una entrada de irrigación dedicada en la ventosa 105 para usar un fluido de irrigación que ayude a levantar la ventosa 105 de la cápsula.

35 La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método 700 para utilizar un sistema de capsulotomía para realizar una capsulotomía. El sistema de capsulotomía puede ser el sistema 600 que se muestra en la Figura 6. Los pasos mostrados en la Figura 7 pueden realizarse en cooperación con una faco máquina. Otras entidades pueden realizar algunos o todos los pasos en la Figura 7. Los métodos ilustrativos pueden incluir pasos diferentes y/o adicionales, o realizar los pasos en diferentes órdenes.

40 Un operador coloca en 710 una ventosa en una posición objetivo del ojo de un paciente. El sistema de capsulotomía incluye una ventosa que está configurada para proporcionar un sello hermético entre los bordes de la succión y el tejido que está siendo extirpado. La ventosa está acoplada a un anillo elástico que comprende una superficie conductora para cortar tejido. La posición objetivo del ojo puede ser el tejido que se va a extirpar, por ejemplo, la cápsula del lente, el tejido corneal, el tejido conectivo, etc.

El sistema de capsulotomía recibe 720 fluidos de una línea de fluidos de una faco máquina. El sistema de capsulotomía incluye una interfaz que está acoplada a la línea de fluido de la faco máquina, de modo que el sistema de capsulotomía recibe el fluido de la faco máquina a través de la interfaz. El fluido puede ser utilizado para riego u otros propósitos.

5

El sistema de capsulotomía 730 entrega el fluido recibido en un espacio entre la ventosa y una superficie del ojo. El espacio puede ser una cámara anterior del ojo. Alternativamente, el espacio puede estar entre una superficie superior de la ventosa 105 y una superficie interior de un ojo. En algunas modalidades, el fluido se inyecta en la cámara anterior para mantener la presión dentro de la cámara anterior.

10

El sistema de capsulotomía forma 740 un sello de succión al retirar una porción del fluido o material de debajo de la ventosa. La función de aspiración de la faco máquina puede ser utilizada por el sistema de capsulotomía para eliminar una porción del fluido con una potencia de succión para realizar una operación de aspiración. La operación de aspiración provoca que la presión entre la ventosa y la superficie del ojo disminuya para formar el sello de succión.

15

En algunas modalidades, el sistema puede utilizar el fluido entregado como fluido de irrigación para remover o diluir el OVD viscoso presente bajo la ventosa. En algunas otras modalidades, el sistema puede entregar fluido para revertir la succión, levantar la ventosa de la cápsula y/o reubicar la capsulotomía en una ubicación diferente en la cápsula. Además, el sistema puede utilizar el fluido para eliminar las burbujas de aire atrapadas en el sistema de capsulotomía, en la cámara anterior, durante la preparación quirúrgica antes o durante el proceso de capsulotomía.

20

Después de que se forma el sello de succión, el sistema de capsulotomía impulsa 750 una serie de pulsos eléctricos a través del anillo elástico para realizar la capsulotomía. En algunas modalidades, el sistema de capsulotomía puede generar la serie de pulsos eléctricos correspondientes a la señal eléctrica de modo que la serie de pulsos eléctricos esté asociada con el número de pulsos de aire, la duración de cada pulso de aire, el intervalo de tiempo entre los pulsos de aire y/o la magnitud de cada pulso de aire. En algunas modalidades, la consola de control del sistema de capsulotomía puede estar integrada con el controlador (por ejemplo, un pedal de pie) de una faco máquina, y el control total de todos los aspectos del procedimiento de capsulotomía puede ser alcanzado por el operador utilizando el pedal de pie de la faco máquina.

25

30

Dependiendo de la configuración del sistema de capsulotomía, el método 700 para utilizar el sistema de capsulotomía puede incluir pasos diferentes y/o adicionales y/o repetir pasos. Por ejemplo, el usuario puede desear reposicionar la ventosa y crear la capsulotomía en una ubicación diferente en la superficie del ojo. En este caso, se realiza una succión inicial mediante aspiración seguida de la entrega de líquido para revertir la succión y empujar la ventosa fuera de la superficie del ojo. Esto será seguido por un reposicionamiento de la ventosa, seguido por una repetición de la succión utilizando la función de aspiración.

35

40

Información adicional de configuración

La descripción anterior de las modalidades de la descripción se ha presentado con el propósito de ilustración; no se pretende que sea exhaustiva ni limitar la descripción a las formas precisas divulgadas. Las personas versadas en la técnica pertinente pueden apreciar que muchas modificaciones y variaciones son posibles a la luz de la descripción anterior.

45

El lenguaje utilizado en la especificación ha sido principalmente seleccionado por su legibilidad y propósitos instructivos, y puede que no haya sido seleccionado para delinear o circunscribir el asunto inventivo. Por lo tanto, se pretende que el alcance de la descripción se limite no por esta descripción detallada, sino más bien por cualquier reivindicación que surja de una solicitud basada en la misma. En consecuencia, la descripción de las modalidades tiene la intención de ser ilustrativa, pero no limitativa, del alcance de la divulgación, que se establece en las siguientes reivindicaciones. Como se usa en el presente documento, cualquier referencia a "una modalidad" o "una encarnación" significa que un elemento, característica, estructura o característica particular descrita en conexión con la modalidad está incluida en al menos una modalidad. Las apariciones de la frase "en una modalidad" en varios lugares de la especificación no se refieren necesariamente todas a la misma modalidad.

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (400) para realizar una capsulotomía, que comprende:
- 5 un anillo elástico (110) para cortar tejido, el anillo elástico (110) que comprende una superficie conductora en la parte inferior del anillo elástico (110); una interfaz (420) configurada para acoplarse a un puerto de aire de una faco máquina (430); un convertidor (410) configurado para:
- 10 detectar un pulso de aire de la faco máquina (430) a través de la interfaz (420); y en respuesta a detectar el pulso de aire, producir una señal eléctrica; y
- una consola de control (130) configurada para: en respuesta a recibir la señal eléctrica, generar una serie de pulsos eléctricos a través de la superficie conductora del anillo elástico (110), haciendo que el anillo elástico (110) realice una operación de corte de tejido.
- 15
2. El sistema (400) de la reivindicación 1, en donde detectar el pulso de aire comprende detectar un cambio de presión de aire causado por el pulso de aire.
- 20
3. El sistema (400) de la reivindicación 1, en donde el convertidor (410) incluye un sensor de aire para detectar el pulso de aire.
4. El sistema (400) de la reivindicación 1, en donde el convertidor (410) está configurado para detectar uno o más de un número de pulsos de aire, una duración de cada pulso de aire, un intervalo de tiempo entre los pulsos de aire y una magnitud de cada pulso de aire.
- 25
5. El sistema (400) de la reivindicación 4, en donde el convertidor (410) está configurado para producir la señal eléctrica correspondiente a uno o más de la cantidad de pulsos de aire, la duración de cada pulso de aire, el intervalo de tiempo entre los pulsos de aire y la magnitud de cada pulso de aire.
- 30
6. El sistema (400) de la reivindicación 1, en donde la interfaz (420), el convertidor (410) y la consola de control (130) están integrados en un mismo dispositivo.
- 35
7. El sistema (400) de la reivindicación 1, en donde el convertidor (410) es un dispositivo separado de la consola de control (130).
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

100

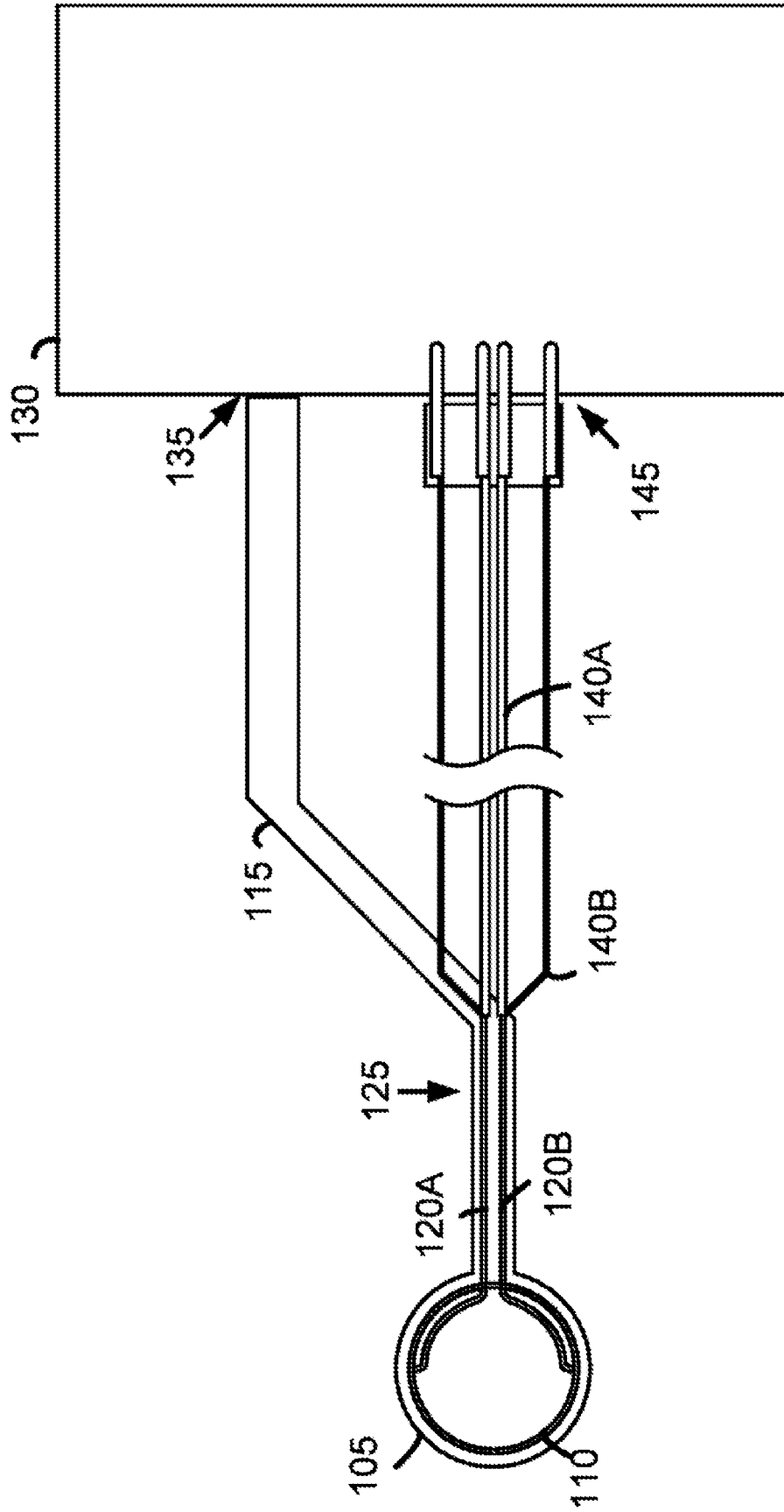


Figura 1A

100

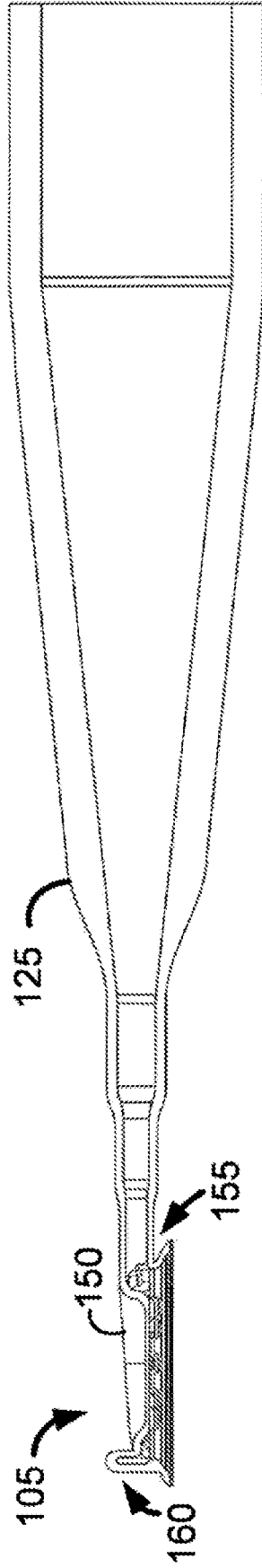


Figura 1B

100

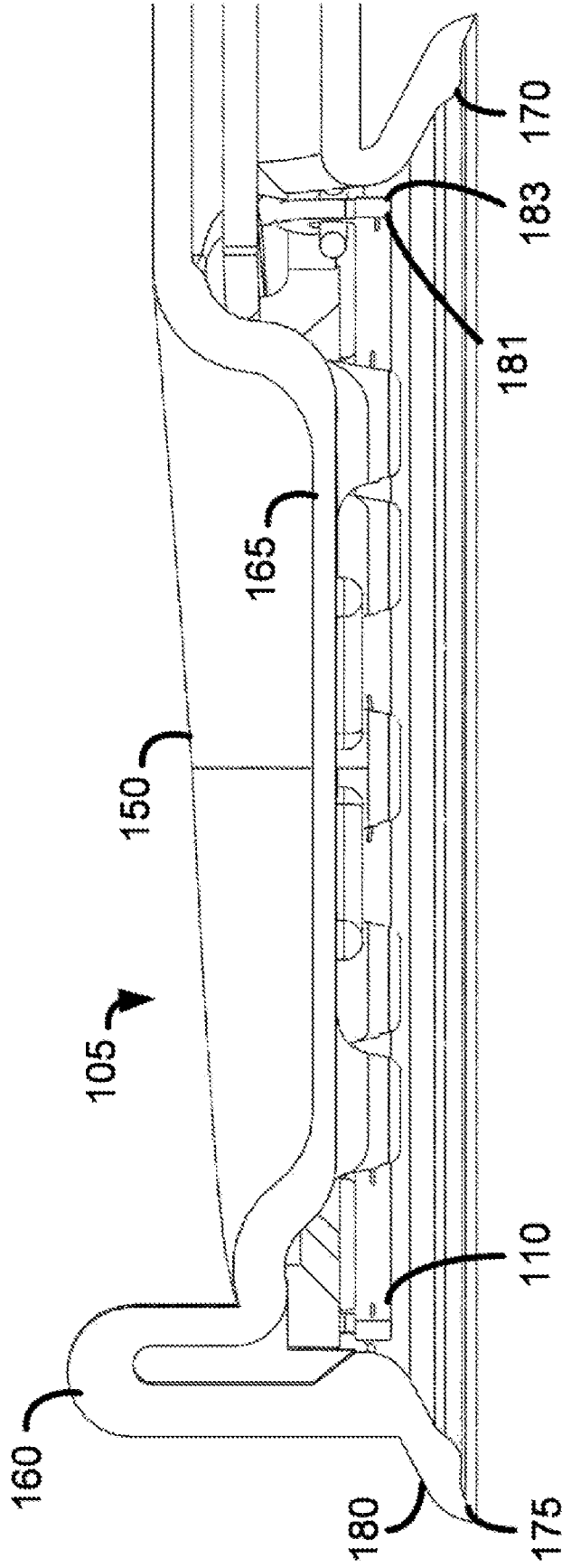


Figura 1C

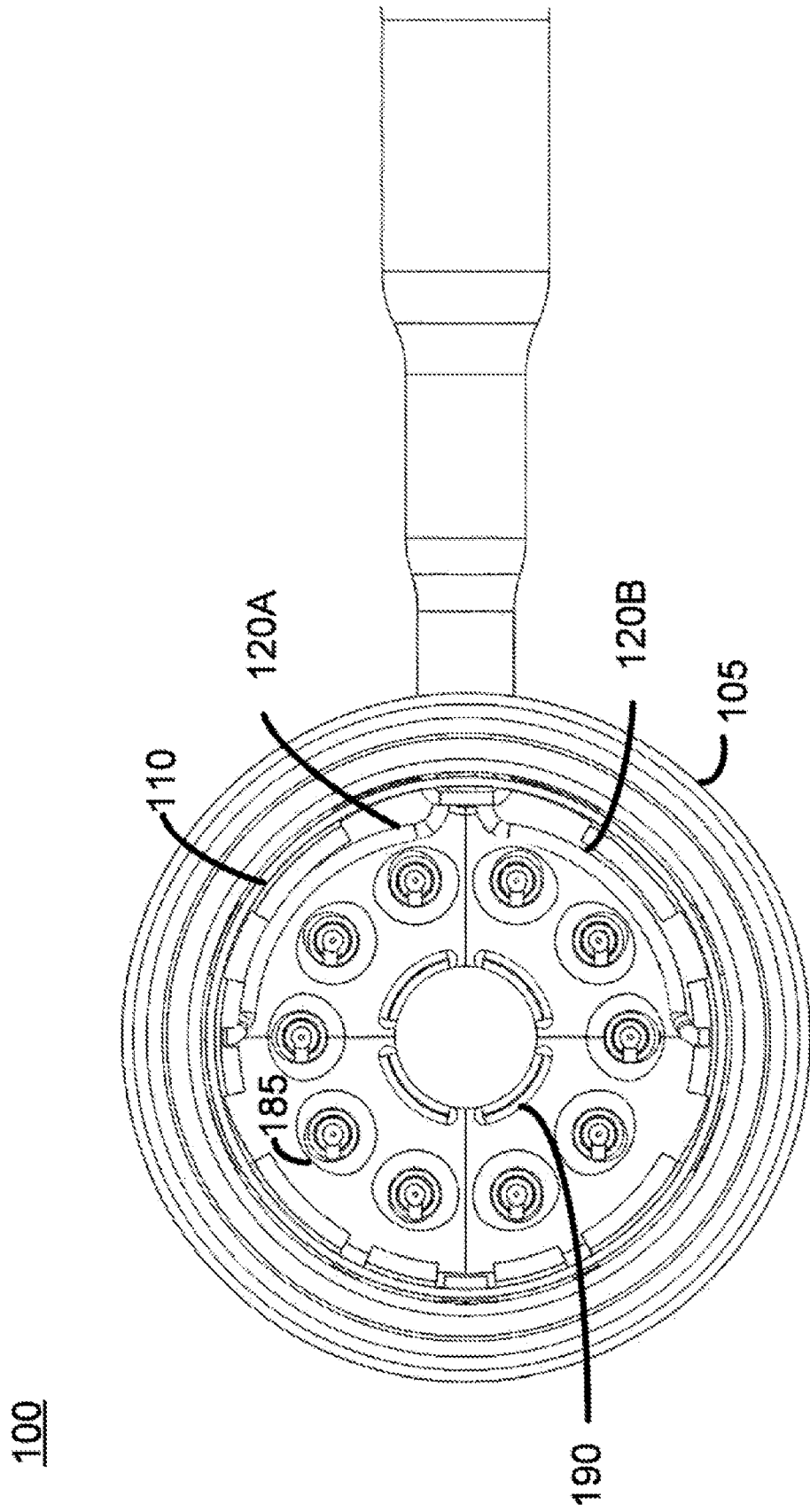


Figura 1D

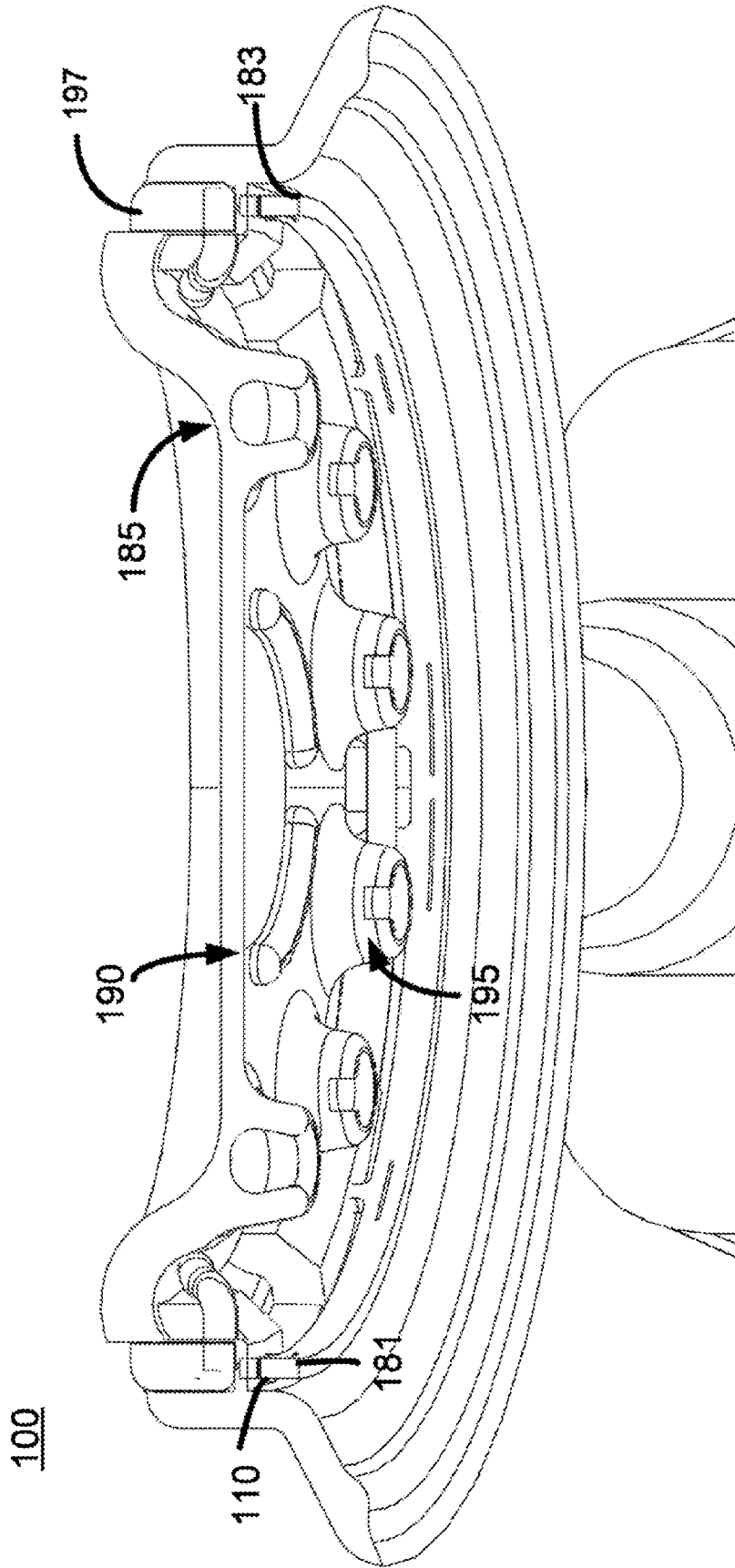


Figura 1E

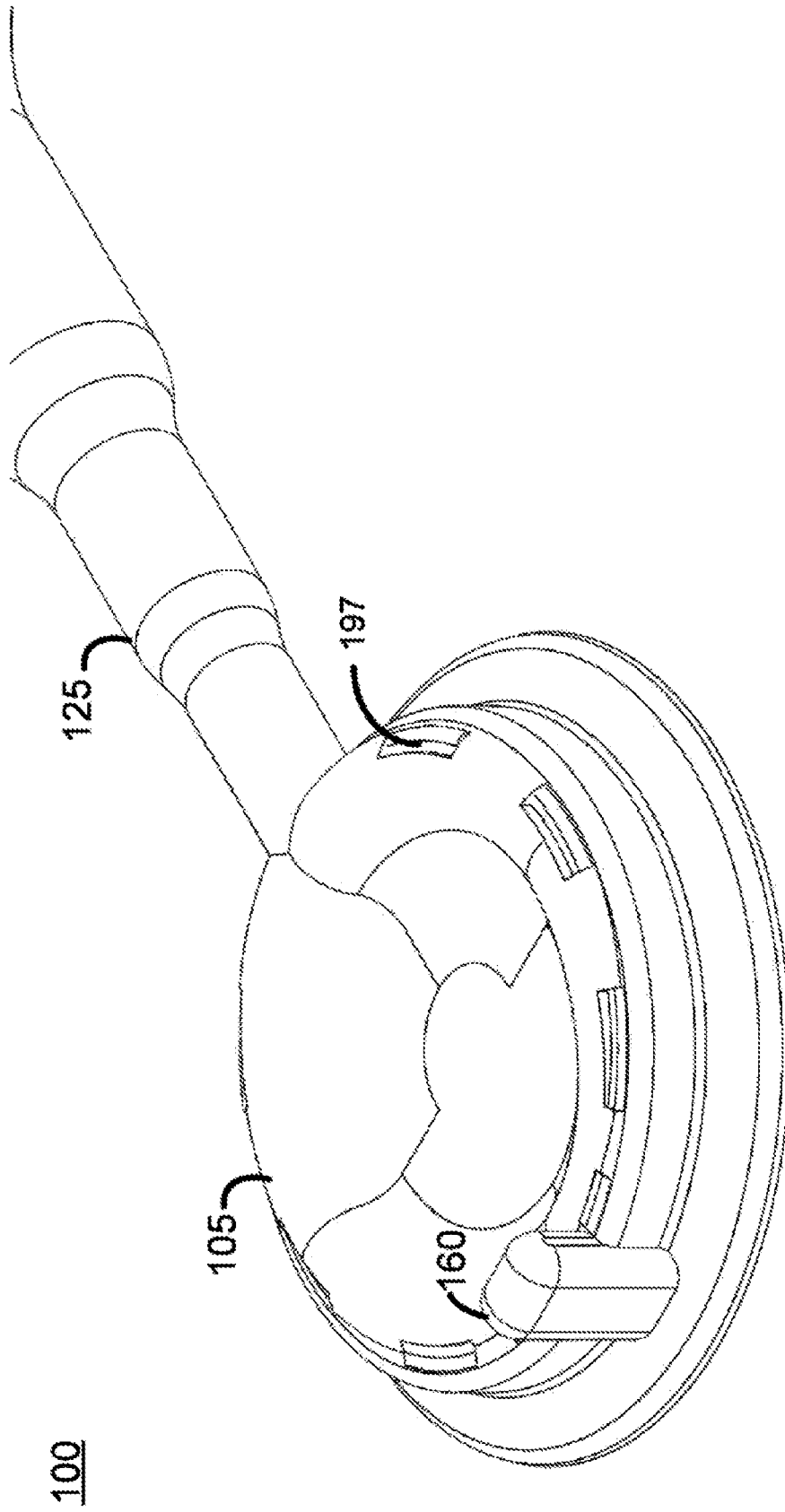


Figura 1F

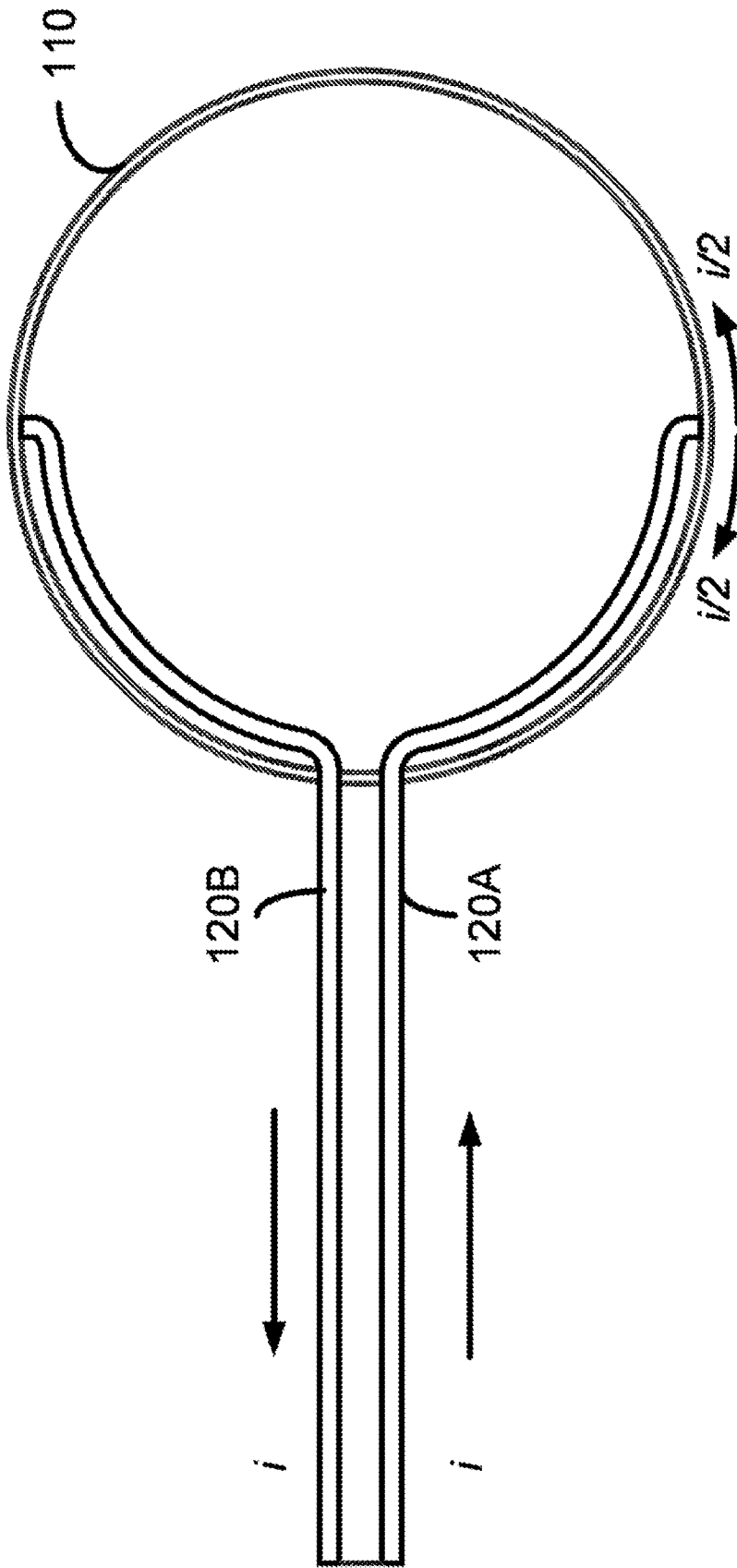


Figura 2

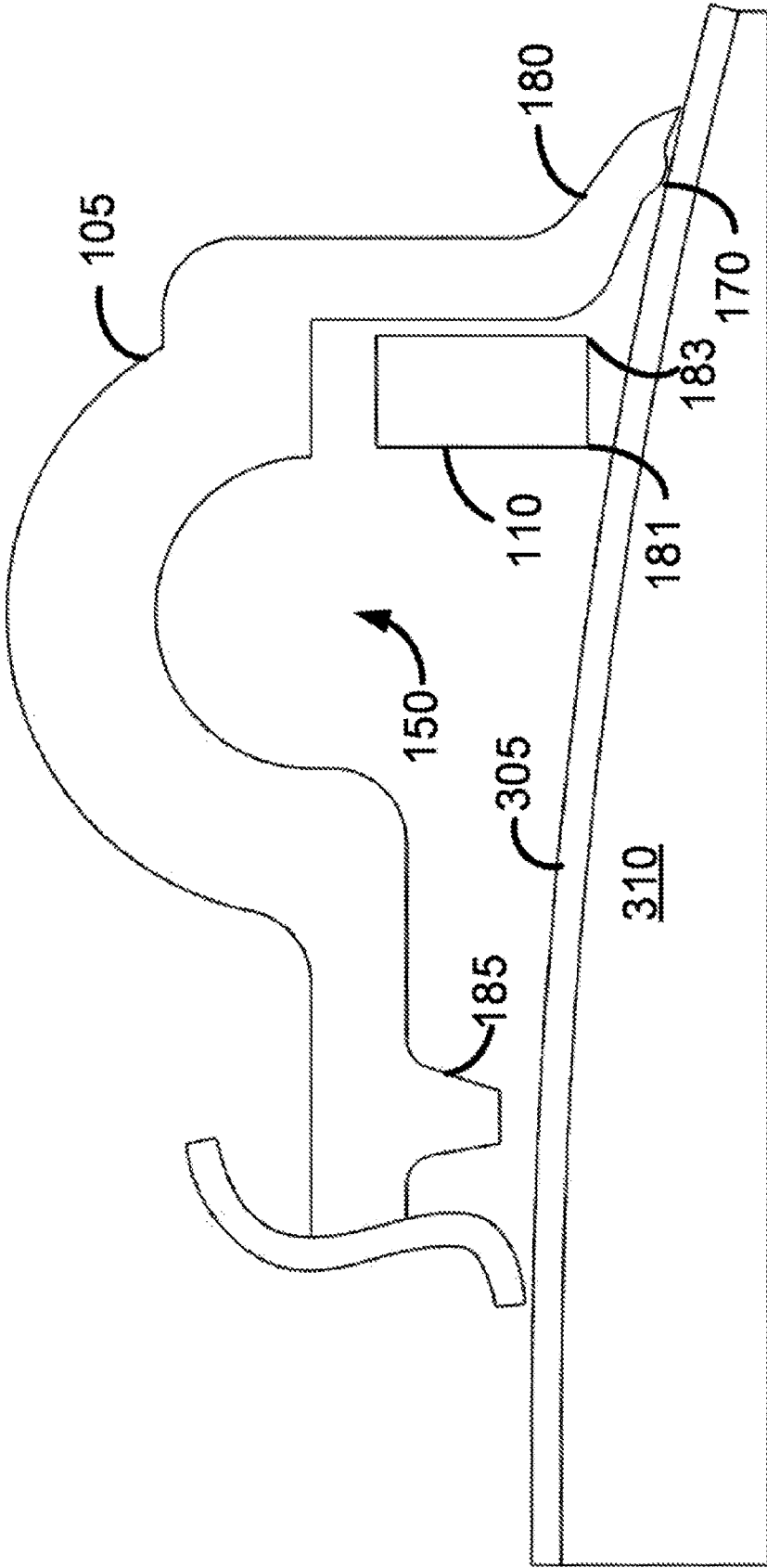


Figura 3A

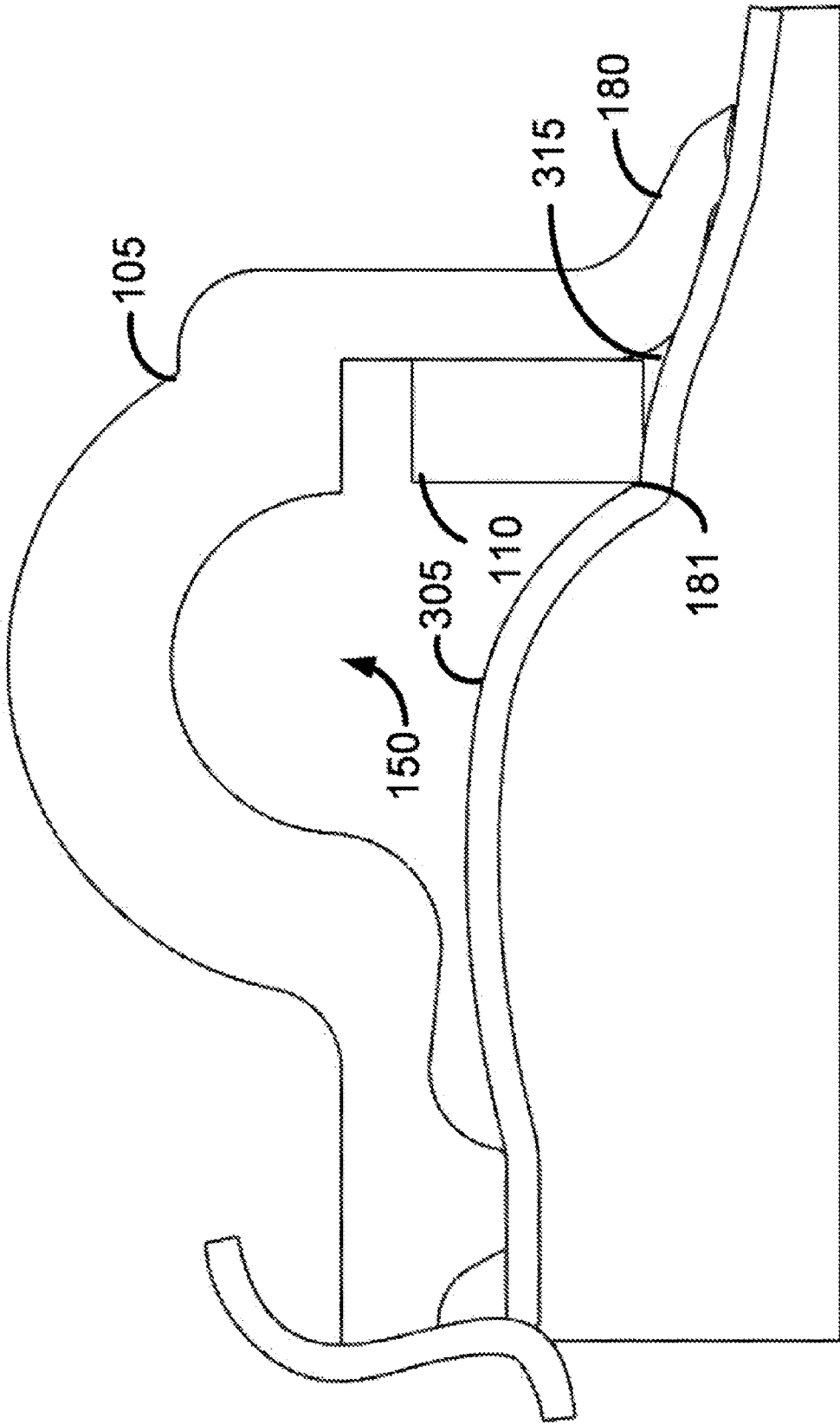


Figura 3B

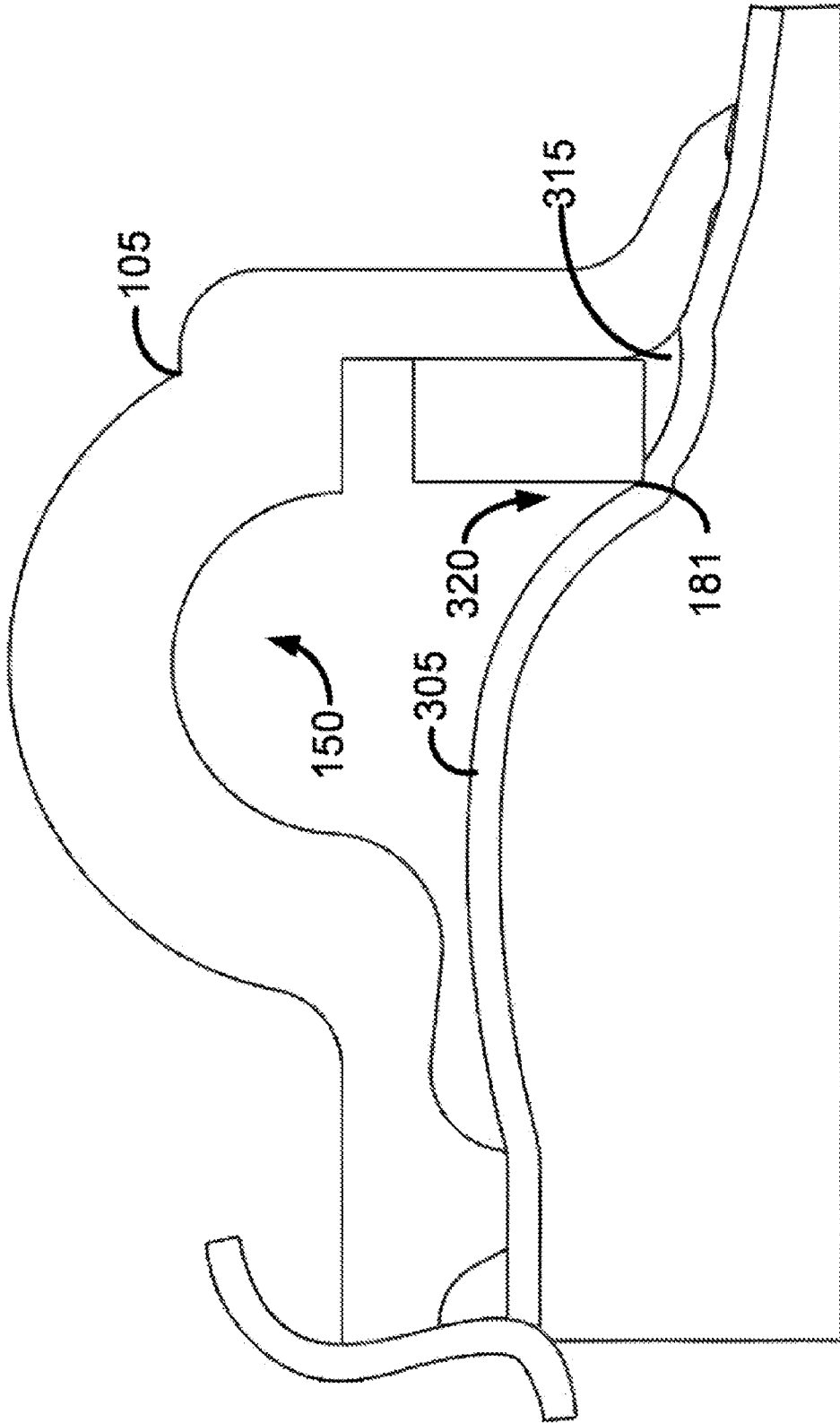


Figura 3C

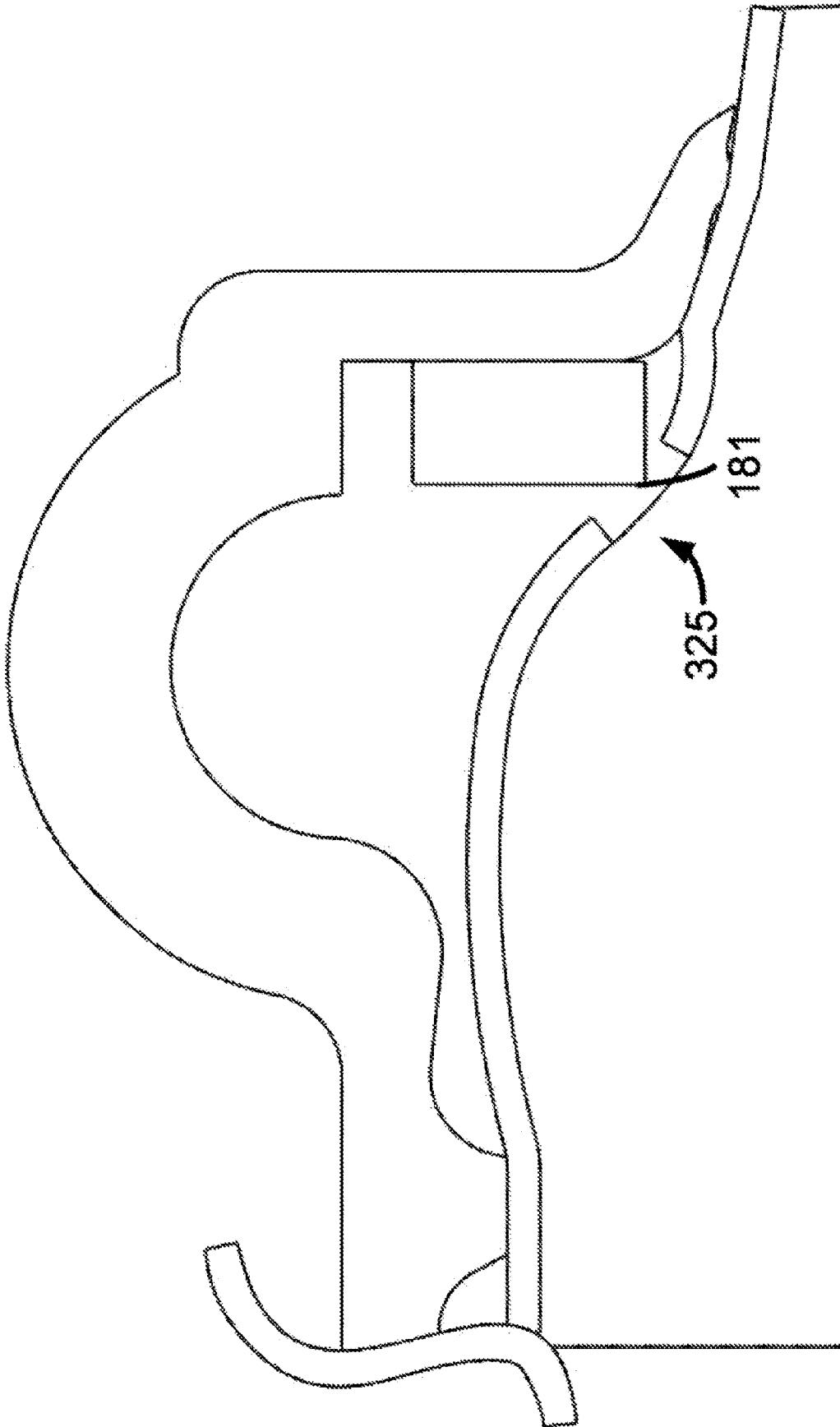


Figura 3D

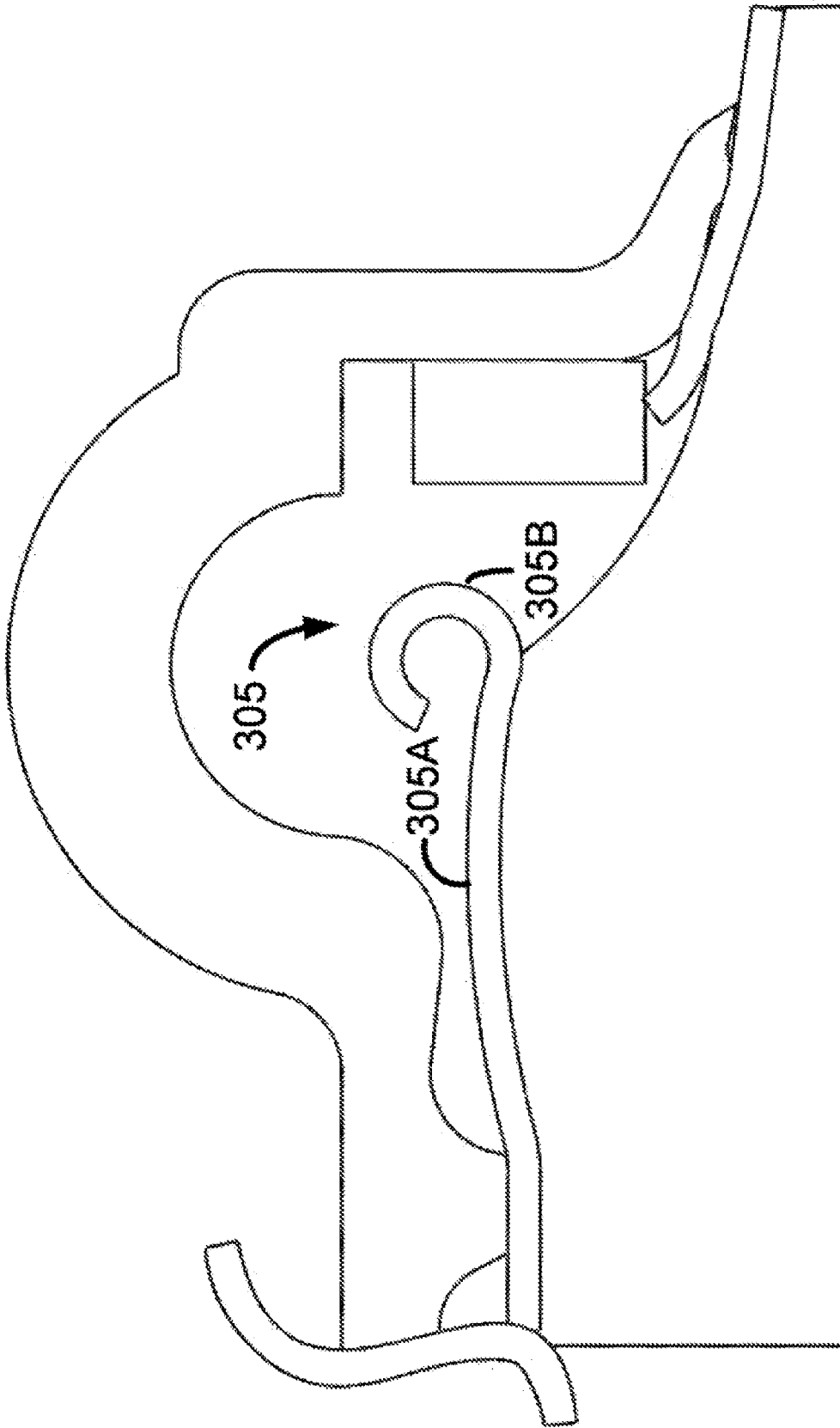


Figura 3E

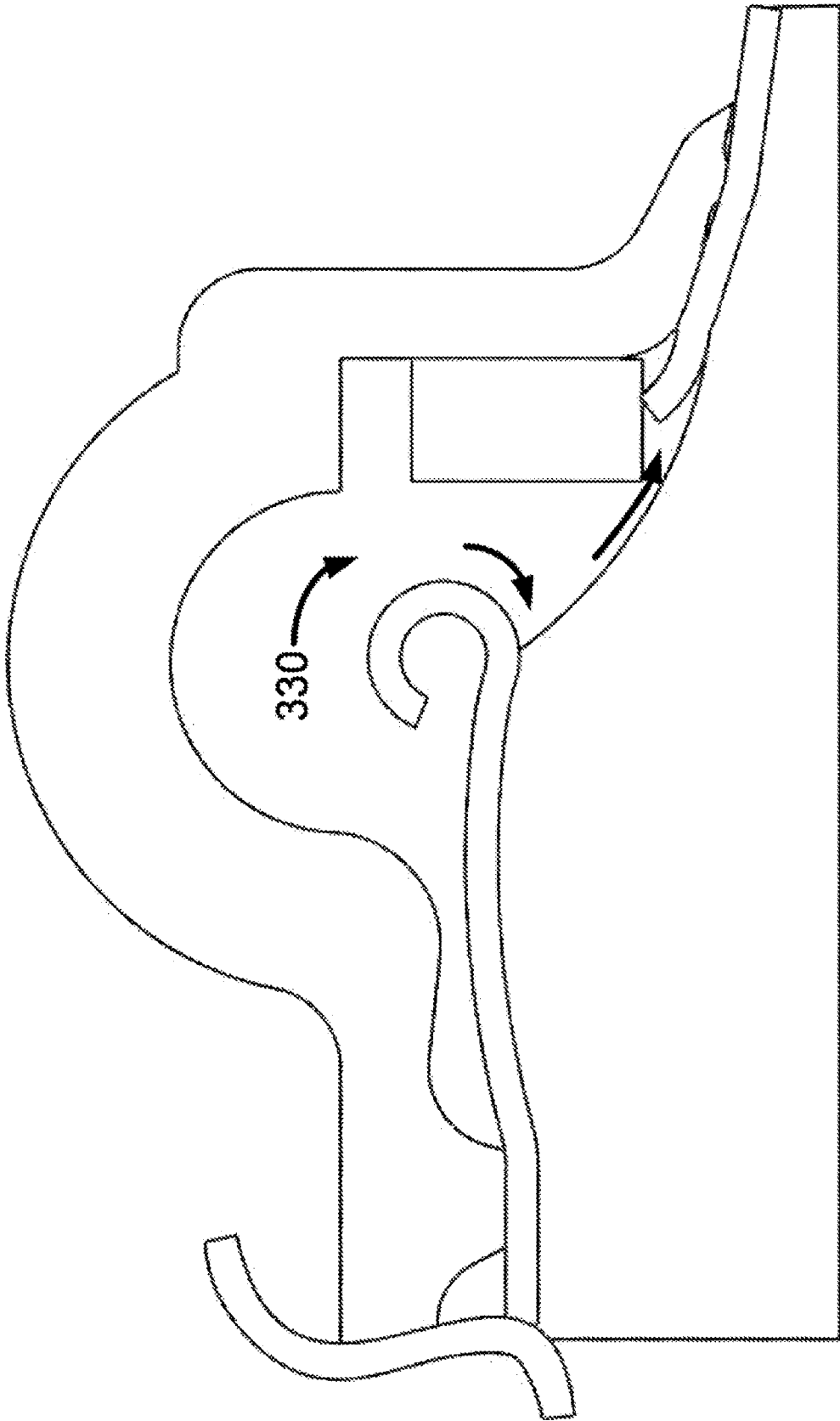


Figura 3F

400

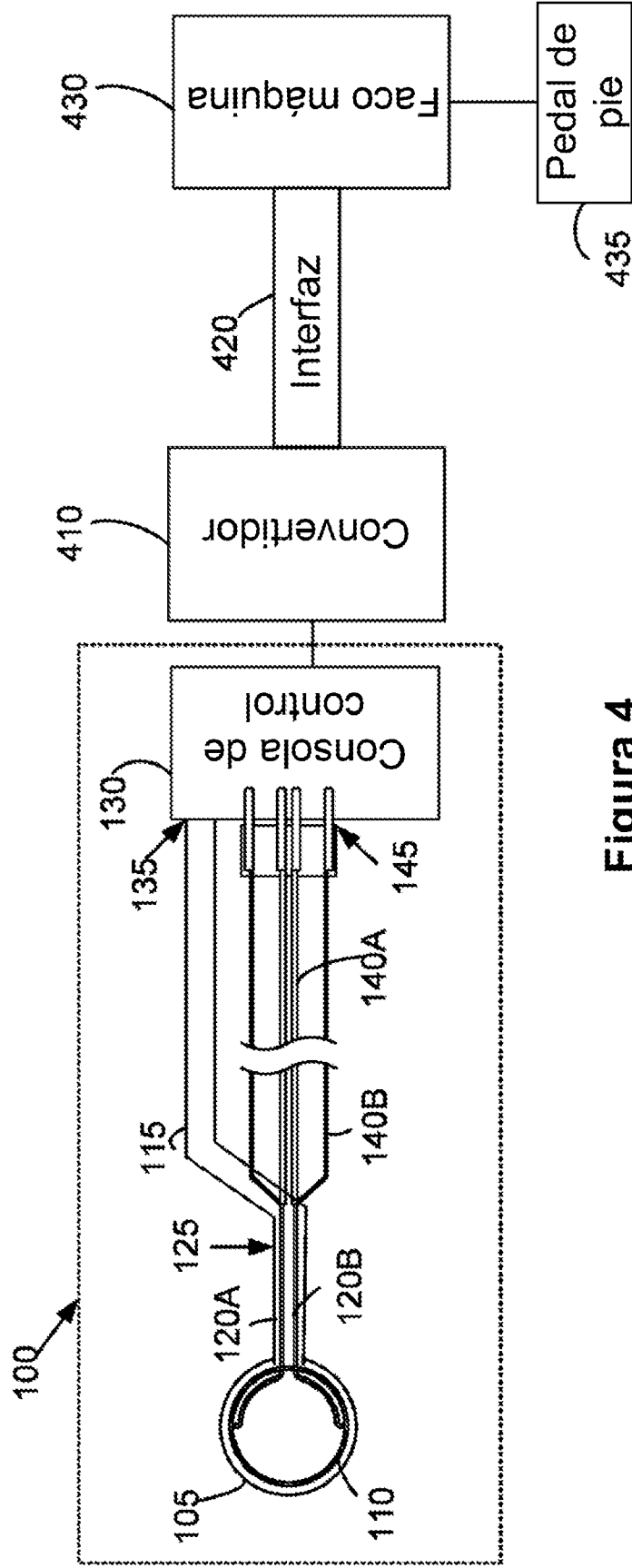


Figura 4

500

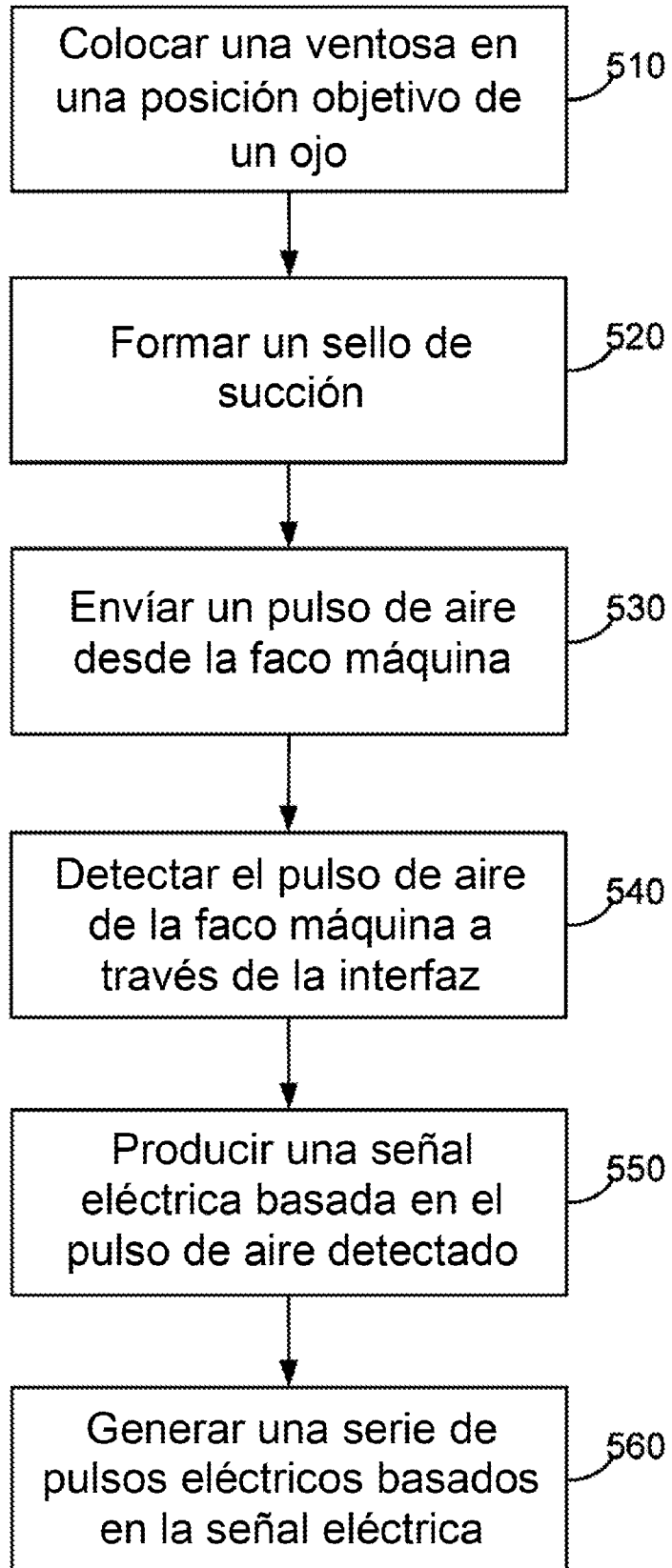


Figura 5

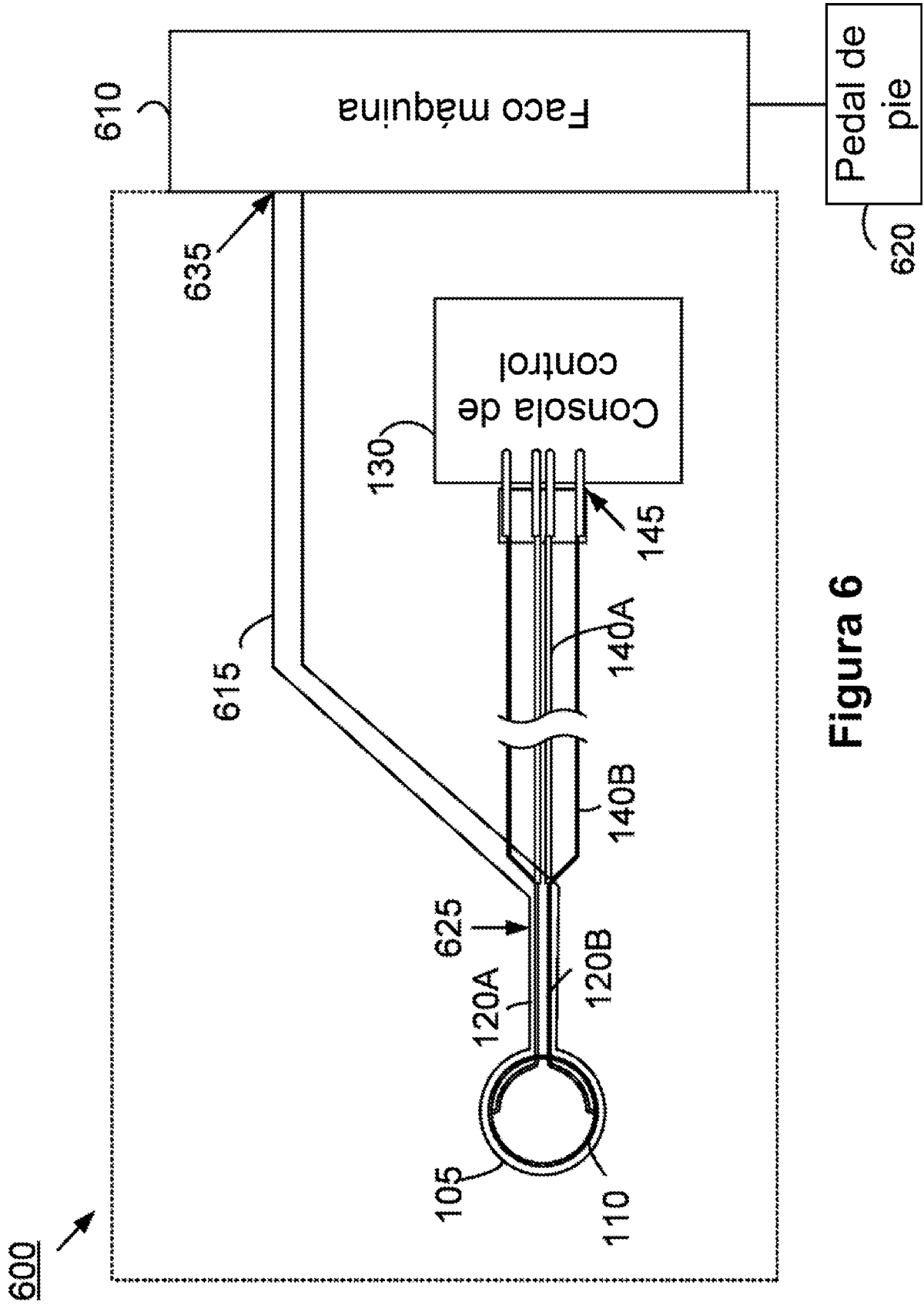


Figura 6

700

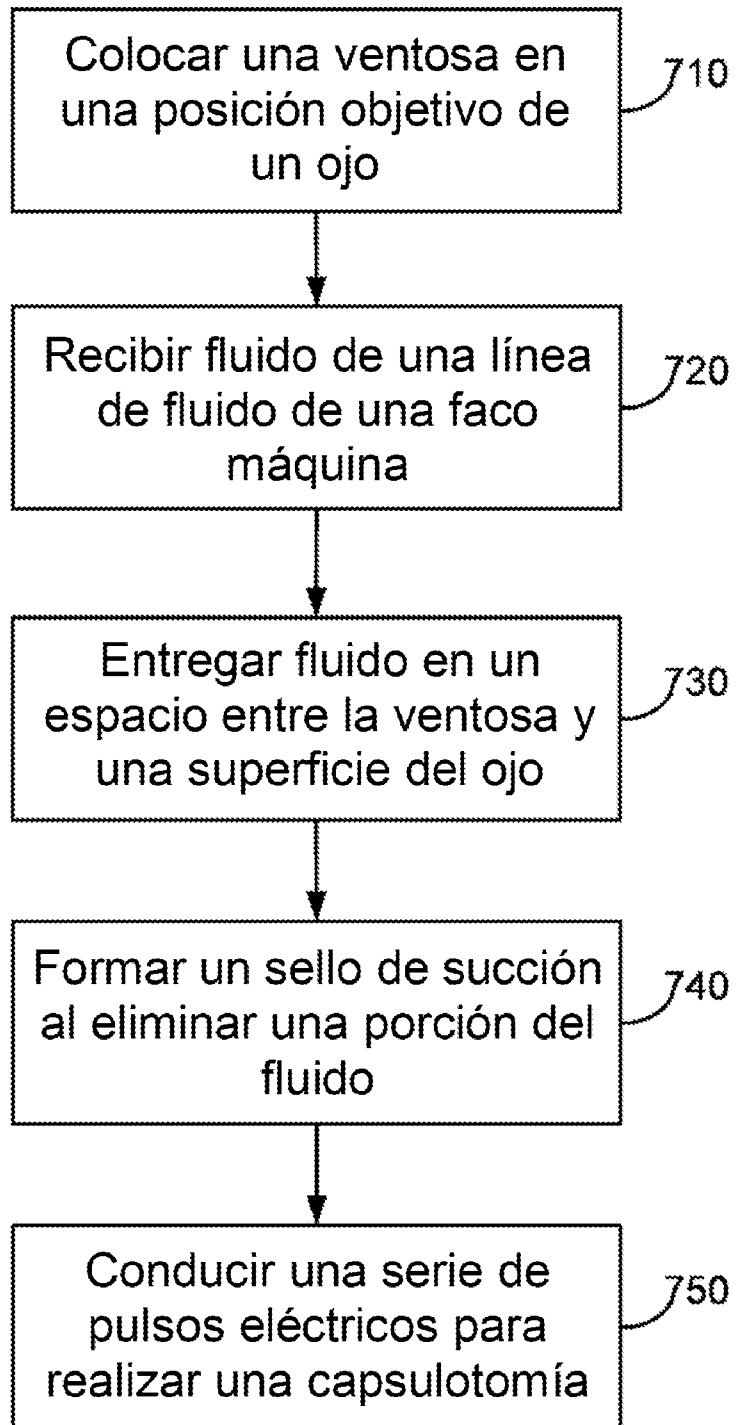


Figura 7