

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 969 814**

51 Int. Cl.:

**A61M 5/14** (2006.01)

**A61M 5/142** (2006.01)

**A61M 5/168** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2017** **PCT/US2017/015382**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.08.2017** **WO17132532**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2017** **E 17704621 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2023** **EP 3407936**

54 Título: **Aparato para monitorizar, regular o controlar el flujo de fluido**

30 Prioridad:

**28.01.2016 US 201662288132 P**

**25.05.2016 US 201662341396 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.05.2024**

73 Titular/es:

**DEKA PRODUCTS LIMITED PARTNERSHIP**  
**(100.0%)**

**340 Commercial Street**  
**Manchester, NH 03101-1129, US**

72 Inventor/es:

**DALE, JAMES, D.;**  
**FICHERA, STEPHEN, L.;**  
**GRAY, LARRY;**  
**KAMEN, DEAN;**  
**LANIGAN, MATTHEW;**  
**MORGAN, FREDERICK;**  
**VAN DER MERWE, DIRK, A. y**  
**YOO, BRIAN, H.**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 969 814 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

Aparato para monitorizar, regular o controlar el flujo de fluido

La presente solicitud es una solicitud no provisional que reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional de EE. UU. con n.º de serie 62/288.132, presentada el 28 de enero de 2016 y titulada **Sistema, método y aparato para monitorizar, regular o controlar flujo de fluido** (Expediente de apoderado n.º R06) y de la solicitud de patente provisional de EE. UU. n.º de serie 62/341.396, presentada el 25 de mayo de 2016 y titulada **Sistema, método y aparato para monitorizar, regular o controlar flujo de fluido** (Expediente de apoderado n.º R68).

## ANTECEDENTES

### Campo relevante

La presente divulgación se refiere a monitorizar, regular o controlar el flujo de fluido. Más particularmente, la presente divulgación se refiere a un sistema, método y aparato para monitorizar, regular o controlar el flujo de fluido, por ejemplo, para su uso en aplicaciones médicas tales como terapia de infusión intravenosa, diálisis, terapia de transfusión, terapia de infusión peritoneal, administración de bolo, terapia de nutrición enteral, terapia de nutrición parenteral, terapia de hemoperfusión, terapia de reanimación con fluidos o administración de insulina, entre otros.

Descripción de la técnica relacionada

En muchos entornos médicos, un modo común de tratamiento médico implica administrar fluidos a un paciente, tal como un ser humano, animal o mascota. Puede surgir la necesidad de infundir rápidamente fluido en el paciente, infundir con precisión el fluido en el paciente y/o infundir lentamente el fluido en el paciente. Las soluciones de Ringer salinas y de lactato son ejemplos de fluidos comúnmente usados. Dichos fluidos pueden usarse para mantener o elevar la presión sanguínea y promover una perfusión adecuada. En el entorno de choque-trauma o en choque séptico, la reanimación con líquidos es a menudo una terapia de primera línea para mantener o mejorar la presión arterial.

El suministro de fluido al paciente puede facilitarse mediante el uso de una línea (o tubo) alimentada por gravedad insertada en el paciente. Normalmente, un depósito de fluido (por ejemplo, una bolsa de infusión intravenosa) se cuelga en un poste y se conecta al tubo de fluido. El tubo de fluido a veces está acoplado a una cámara cuentagotas para atrapar aire y estimar el flujo de fluido. Debajo del tubo de fluido puede haber una válvula accionada manualmente que se usa para ajustar el flujo de fluido. Por ejemplo, contando el número de gotas formadas en la cámara cuentagotas dentro de una cierta cantidad de tiempo, un cuidador puede calcular la tasa de fluido que fluye a través de la cámara cuentagotas y ajustar la válvula (si es necesario) para lograr una caudal deseada.

Ciertos tratamientos requieren que el sistema de suministro de fluido se adhiera estrictamente al caudal establecido por el cuidador. Normalmente, tales aplicaciones usan una bomba de infusión, pero tales bombas pueden no usarse en todas las situaciones o entornos.

## SUMARIO

La invención se define en las reivindicaciones independientes adjuntas a las que se debería hacer referencia a continuación. Además, las características opcionales se pueden encontrar en las reivindicaciones secundarias adjuntas a estas.

De acuerdo con un aspecto, se describe un aparato para infundir fluido en un paciente. El aparato comprende: un alojamiento que tiene una abertura en un lado frontal del alojamiento, en donde la abertura está dimensionada para recibir una cámara cuentagotas que tiene un tubo de entrada y un tubo de salida; un elemento de contacto de tubo configurado para contactar uno del tubo de entrada y el tubo de salida de la cámara cuentagotas cuando uno del tubo de entrada y el tubo de salida de la cámara cuentagotas se inserta en la abertura, en donde el elemento de contacto de tubo está configurado para rotar en respuesta al contacto entre el tubo de entrada y el tubo de salida; un resorte de torsión; un brazo rotatorio dividido que comprende una porción de brazo y una porción de acoplamiento de tubo, en donde la porción de acoplamiento de tubo incluye el elemento de contacto de tubo, en donde la porción de brazo comprende un retén y en donde el resorte de torsión está configurado para desviar rotacionalmente el elemento de contacto de tubo contra la porción de brazo de tal manera que la porción de brazo rota a lo largo de un eje en respuesta a la rotación del elemento de contacto de tubo; un árbol acoplado a un cojinete; un carro acoplado al árbol, comprendiendo el carro un pasador de carro configurado para encajarse con el retén; una corredera; y una cubierta de retención de tubo acoplada a un pasador adicional. El pasador de carro está configurado para encajarse con el retén tras la rotación de la porción de brazo de tal manera que el carro y la corredera se accionan lejos del cojinete. El accionamiento de la corredera lejos del cojinete hace que la corredera coopere con el pasador adicional para cerrar de manera pivotante la cubierta de retención de tubo.

El aparato puede incluir un ojo de cerradura de abrazadera deslizante de modo que cuando la cámara cuentagotas se carga inicialmente, el brazo rotatorio rota en una primera dirección.

Se puede colocar una retroiluminación detrás de la cámara cuentagotas para dirigir una luz hacia una abertura de la cámara cuentagotas. La retroiluminación puede hacer brillar la luz a través de la cámara cuentagotas y fuera de la abertura del alojamiento.

Se puede disponer un patrón de fondo en una pared interior dentro de la abertura del alojamiento y se puede configurar una luz de fondo para iluminar el patrón de fondo. Se puede colocar una retroiluminación detrás de la cámara cuentagotas para dirigir una luz hacia una abertura de la cámara cuentagotas. Un circuito de modulación puede configurarse para modular la luz de fondo y la retroiluminación. La luz de fondo y la retroiluminación pueden modularse de manera desfasada entre sí.

Se puede colocar una retroiluminación detrás de la cámara cuentagotas para dirigir una luz hacia una abertura de la cámara cuentagotas. La retroiluminación hace brillar la luz a través de la cámara cuentagotas y fuera de la abertura del alojamiento.

Se puede disponer un patrón de fondo en una pared interior dentro de la abertura del alojamiento y se puede configurar una luz de fondo para iluminar el patrón de fondo. Se puede colocar una retroiluminación detrás de la cámara cuentagotas para dirigir una luz hacia una abertura de la cámara cuentagotas. Un circuito de modulación puede configurarse para modular la luz de fondo y la retroiluminación. La luz de fondo y la retroiluminación pueden modularse de manera desfasada entre sí.

Estos y otros aspectos se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las diversas realizaciones de la presente divulgación con referencia a los dibujos en los que:

la figura 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema para regular el flujo de fluido de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 2 muestra un diagrama de flujo de un método para exponer un sensor de imagen de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 3 muestra un diagrama de temporización que ilustra un ejemplo del método de la figura 2 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
las figuras 4A-4B muestran ilustraciones de datos de imagen (es decir, imágenes) capturadas por un caudalímetro de una cámara cuentagotas para ilustrar un ejemplo del método para exponer un sensor de imagen de la figura 2 de acuerdo con el diagrama de temporización de la figura 3 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 5 muestra un diagrama de un caudalímetro y una válvula que están integrados entre sí para acoplarse a una cámara cuentagotas y una bolsa de infusión intravenosa de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 6 es un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes de un caudalímetro para formar imágenes de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 7 es una ilustración gráfica de una imagen capturada por el sensor de imagen del sistema de la figura 6 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 8 es un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes de un caudalímetro para formar imágenes de una cámara cuentagotas que utiliza un patrón de fondo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 9 es una ilustración gráfica de una imagen capturada por un sensor de imagen de un caudalímetro divulgado en el presente documento cuando existe una condición de flujo libre de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 10 es una ilustración gráfica de una imagen capturada por un sensor de imagen de un caudalímetro para su uso como imagen de fondo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 11 es una ilustración gráfica de una imagen capturada por un sensor de imagen cuando se están formando gotas dentro de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 12 es una ilustración gráfica de una imagen capturada por un sensor de imagen para su uso como imagen de fondo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 13 es una ilustración gráfica de una diferencia entre las imágenes de las figuras 11 y 12 con procesamiento adicional de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 14 es una representación gráfica de algunos de los procesamientos de imágenes realizados usando las figuras 11-13 para determinar si existe una condición de flujo libre de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 15 es una ilustración gráfica de una imagen capturada por el sensor de imagen cuando existe una condición de flujo libre de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 16 es una ilustración gráfica de una imagen capturada por el sensor de imagen para su uso como imagen de fondo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 17 es una ilustración gráfica de una diferencia entre las imágenes de las figuras 15 y 16 con algún procesamiento adicional para su uso en la detección de una condición de flujo libre de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 18 es una representación gráfica de algunos de los procesamientos de imágenes realizados usando las

figuras 15-17 para determinar si existe una condición de flujo libre de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 19 ilustra una plantilla para la coincidencia de patrones para determinar si existe una condición de flujo libre de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 20 es una ilustración gráfica de una diferencia entre una imagen de referencia y una imagen que contiene una corriente procesada con detección de bordes y detección de líneas para su uso en la detección de una condición de flujo libre de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 21 es una ilustración gráfica de una imagen de una cámara cuentagotas capturada por un sensor de imagen cuando existe una condición de flujo libre de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 22 es un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes para su uso con un caudalímetro que tiene un patrón de fondo con rayas y una fuente de luz que brilla sobre las rayas desde una ubicación adyacente a un sensor de imagen de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 23 es un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes para su uso con un caudalímetro que tiene un patrón de fondo con rayas y una fuente de luz que brilla sobre las rayas desde detrás del patrón de fondo en relación con un extremo opuesto de un sensor de imagen de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 24 ilustra una imagen de un sensor de imagen cuando una gota distorsiona el patrón de fondo de la figura 23 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 25 es un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes para su uso con un caudalímetro que tiene un patrón de fondo con un patrón de tablero de ajedrez y una fuente de luz que brilla sobre las rayas desde detrás del patrón de fondo en relación con un extremo opuesto de un sensor de imagen de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 26 muestra una imagen del sensor de imagen de la figura 25 cuando una gota distorsiona el patrón de fondo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

las figuras 27-28 muestran una ilustración de diagrama de flujo de un método para estimar un volumen de una gota dentro de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

las figuras 29-31 ilustran imágenes usadas o generadas por un caudalímetro para estimar un volumen de una gota dentro de una cámara cuentagotas usando el método ilustrado por las figuras 27-28 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 32 muestra un pseudo código para identificar una pluralidad de píxeles de interés de acuerdo con el método de las figuras 27-28 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

las figuras 33-36 ilustran imágenes adicionales usadas por un caudalímetro para estimar un volumen de una gota dentro de una cámara cuentagotas usando el método ilustrado por las figuras 27-28 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 37 muestra un pseudo código para determinar un subconjunto de píxeles dentro de la pluralidad de píxeles de interés que corresponde a una gota de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 38 muestra un diagrama de rayos que ilustra el diámetro de un círculo de desenfoque para ilustrar aspectos de un sensor de imagen de un sistema de formación de imágenes divulgado en el presente documento de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 39 es un gráfico que ilustra un círculo de desenfoque calculado para una variedad de separaciones de lente a plano focal y separaciones de lente a imagen para un sensor de imagen de un sistema de formación de imágenes divulgado en el presente documento de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 40 es un gráfico que ilustra un círculo de desenfoque dividido por un tamaño de píxel cuando se usa una lente de longitud focal de 20 milímetros de un sensor de imagen de un sistema de formación de imágenes divulgado en el presente documento de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 41 es un gráfico que ilustra un círculo de desenfoque dividido por un tamaño de píxel cuando se usa una lente de longitud focal de 40 milímetros de un sensor de imagen de un sistema de formación de imágenes divulgado en el presente documento de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 42 muestra una tabla que ilustra los campos de visión correspondientes alrededor del eje óptico para las esquinas de dos configuraciones de un sistema de formación de imágenes divulgado en el presente documento de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 43 muestra un caudalímetro acoplado a una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 44 muestra el caudalímetro y la cámara cuentagotas de la figura 43 con la puerta abierta de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 45 muestra un caudalímetro acoplado a una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 46 muestra un caudalímetro y una válvula de pellizco acoplada al cuerpo del caudalímetro para controlar el flujo de fluido en un paciente de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 47 muestra una vista en primer plano de la válvula de pellizco que está acoplada al cuerpo del caudalímetro de la figura 46 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 48 muestra un caudalímetro y una válvula de pellizco en donde el caudalímetro incluye dos sensores de imagen de acuerdo con otro ejemplo que no representa la invención;

la figura 49 muestra un caudalímetro y una válvula que incluye dos elementos de soporte alargados curvos para controlar el flujo de fluido en un paciente de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

las figuras 50A-50B muestran vistas en primer plano de la válvula de la figura 49 de acuerdo con un ejemplo que

no representa la invención;  
 las figuras 51A-51D muestran varias vistas de un caudalímetro con un cliente de monitorización, una válvula, una cámara cuentagotas, una bolsa de infusión intravenosa y un tubo de fluido en donde el caudalímetro incluye una porción de recepción para recibir la válvula de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 5 las figuras 52A-52D muestran varias vistas de otro caudalímetro con una válvula, una cámara cuentagotas y un tubo en donde el caudalímetro tiene una porción de recepción para recibir la válvula de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 la figura 53A muestra otra vista de la válvula de las figuras 51A-51D y 52A-52D de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 10 las figuras 53B-53C muestran dos vistas en despiece ordenado de la válvula de la figura 53A de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 la figura 54 muestra la válvula de la figura 53 en uso manual de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 la figura 55 muestra una válvula que incluye dos elementos flexibles de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 15 las figuras 56A-56C muestran varias vistas de una válvula que tiene dos, elementos de soporte alargados curvos teniendo uno de los elementos de soporte alargados una pluralidad de salientes adaptados para encajarse en un tubo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 las figuras 57A-57C muestran varias vistas de una válvula que tiene un trinquete que se encaja en un elemento de conexión de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 20 las figuras 57D-57E muestran dos vistas en despiece ordenado de la válvula de las figuras 57A-57C de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 las figuras 58A-58D muestran varias vistas de una válvula que tiene dos elementos de soporte alargados, un elemento de conexión y un actuador de tipo tornillo de acuerdo con otro ejemplo que no representa la invención;  
 25 las figuras 59A-59C muestran varias vistas de un cuerpo de una válvula de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 las figuras 59D-59G muestran varias vistas de un mando giratorio para su uso con el cuerpo mostrado en las figuras 59A-59C de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 la figura 59H muestra la válvula ensamblada que incluye el cuerpo mostrado en las figuras 59A-59C acoplado al mando giratorio de las figuras 59D-59G de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 30 la figura 60 muestra una válvula que tiene una protuberancia de guía de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 la figura 61 muestra un motor y una estructura de fijación de válvula para acoplarse a la válvula de la figura 60 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 35 la figura 62 muestra la válvula de la figura 60 fijada al motor y la estructura de fijación de válvula de la figura 61 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 la figura 63 muestra otro motor y una estructura de fijación de válvula para acoplarse a la válvula de la figura 60 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 la figura 64A muestra una válvula que tiene un collar y varios dedos para regular el flujo de fluido a través de una línea de fluido de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 40 la figura 64B muestra una vista en sección transversal de la válvula de la figura 64A de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 la figura 65 muestra una vista en sección transversal de una válvula que tiene dos superficies curvas para colocar un tubo de fluido entre ellas para regular el flujo de fluido a través del tubo de fluido de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 45 las figuras 66A-66G muestran varias vistas de una válvula que tiene un mando giratorio para mover un elemento de conexión que se bloquea en su posición después del movimiento del mando giratorio de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 la figura 67 muestra un gráfico que ilustra el accionamiento frente a caudales para una válvula de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 50 la figura 68A muestra un caudalímetro que usa óptica binaria de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 la figura 68B muestra el circuito para su uso con la figura 68A de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 55 las figuras 69A-69I muestran varias vistas de una válvula de seguridad que puede usarse con un caudalímetro de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 la figura 70 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método para estimar el crecimiento de gotas y/o el flujo dentro de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 las figuras 71A-71E muestran imágenes tomadas por un caudalímetro con una plantilla superpuesta en el mismo para ilustrar el método de la figura 70 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 60 la figura 72 muestra un conjunto de retroiluminación modulable de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 las figuras 73A-73C muestran varias vistas de un aparato de restauración de tubos de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
 65 la figura 74 muestra un sistema para regular el flujo de fluido usando una válvula que tiene dos tiras flexibles de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 75 muestra la válvula de la figura 74 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 76A muestra una válvula que utiliza una vejiga basada en fluido de acuerdo con un ejemplo que no  
representa la invención;  
5 la figura 76B muestra una vista en sección transversal de la válvula ensamblada de la figura 76A con dos rellenos  
elastoméricos de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 77 muestra un sistema para regular el flujo de fluido usando una válvula que tiene dos tiras flexibles  
accionables por un actuador lineal de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 78 muestra el sistema de la figura 77 con la válvula accionada de acuerdo con un ejemplo que no  
representa la invención;  
10 la figura 79 muestra una vista en primer plano de la válvula de las figuras 77-78 de acuerdo con un ejemplo que  
no representa la invención;  
la figura 80 muestra una vista en primer plano de la válvula accionada en la figura 78 de acuerdo con un ejemplo  
que no representa la invención;  
15 La figura 81 muestra varias imágenes para su uso para ilustrar un método de estimación del crecimiento de gotas  
y/o flujo de fluido ilustrado en las figuras 82A-82B de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención; y  
las figuras 82A-82B muestran un diagrama de flujo que ilustra un método de estimación del crecimiento de gotas  
y/o flujo de fluido de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 83 muestra un diagrama de flujo de un método para reducir el ruido de la condensación de acuerdo con  
un ejemplo que no representa la invención;  
20 la figura 84 muestra otra válvula para su uso con un caudalímetro de acuerdo con un ejemplo que no representa  
la invención;  
la figura 85A muestra una vista en perspectiva de otra válvula en una posición abierta de acuerdo con un ejemplo  
que no representa la invención;  
la figura 85B muestra una vista en perspectiva de la válvula de la figura 85A en una posición cerrada de acuerdo  
25 con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 85C muestra una vista de la válvula de la figura 85A con el alojamiento de válvula y la guía de émbolo  
retirados de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 86 muestra una vista en sección transversal del alojamiento de válvula de las figuras 85A-85C y relleno  
cuando está en una posición cerrada de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
30 la figura 87A muestra una vista frontal de un aparato con la puerta cerrada, el aparato se usa para controlar el flujo  
de fluido a través de una cámara cuentagotas conectada a un tubo de acuerdo con un ejemplo que no representa  
la invención;  
la figura 87B muestra una vista en perspectiva del aparato de la figura 87A con la puerta abierta, destacando la  
válvula de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
35 la figura 87C muestra una vista en perspectiva del aparato de la figura 87A con la puerta abierta, destacando el  
mecanismo de corte de seguridad de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 87D muestra una vista inferior del aparato de la figura 87A de acuerdo con un ejemplo que no representa  
la invención;  
la figura 88A muestra una vista en perspectiva de otro aparato utilizado para controlar el flujo de fluido a través de  
40 una cámara cuentagotas conectada a un tubo, en donde el aparato tiene la puerta abierta, de acuerdo con un  
ejemplo que no representa la invención;  
la figura 88B muestra una vista en perspectiva de únicamente la válvula de la figura 88A de acuerdo con un ejemplo  
que no representa la invención;  
la figura 88C muestra el funcionamiento interno de la válvula de la figura 88B de acuerdo con un ejemplo que no  
45 representa la invención;  
la figura 88D muestra un diagrama simplificado que ilustra el funcionamiento del mecanismo de corte de válvula  
en una posición de puerta cerrada de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 88E muestra un diagrama simplificado para ilustrar el mecanismo de corte de válvula en la posición de  
puerta abierta de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
50 las figuras 89A-89B muestran un diagrama de flujo de un método para controlar el flujo de fluido a través de una  
cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 90 muestra un diagrama de un sistema para controlar el flujo de fluido a través de una cámara cuentagotas  
de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 91 muestra un aparato configurado para controlar el flujo de fluido a través de una cámara cuentagotas  
55 conectada a un tubo y comunicarse con un interrogador de RFID de acuerdo con un ejemplo que no representa la  
invención;  
la figura 92 muestra una cámara cuentagotas obstruida que puede dificultar la obtención de una imagen precisa  
de la cámara cuentagotas por un sensor de imagen de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 93 muestra un diagrama de flujo de un método para obtener una imagen de una cámara cuentagotas de  
60 acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;  
la figura 94 muestra una representación gráfica de gotas, como se ve por un sensor de imagen, a medida que cada  
gota crece dentro de una cámara cuentagotas y posteriormente cae de acuerdo con un ejemplo que no representa  
la invención;  
la figura 95 muestra una representación gráfica de un sistema para transmitir el estado de un dispositivo de acuerdo  
65 con un ejemplo que no representa la invención;  
las figuras 96A-96X muestran varias vistas de un aparato para controlar el flujo de fluido de acuerdo con un ejemplo

que no representa la invención;

las figuras 97A-97AC muestran varias vistas de un aparato para controlar el flujo de fluido de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 98 muestra una vista en perspectiva superior de una cámara cuentagotas de ajuste a presión que puede usarse por el aparato de las figuras 97A-97G de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 99 muestra una vista superior de la cámara cuentagotas de la figura 98 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 100 muestra una vista en sección superior de la cámara cuentagotas de la figura 99 que se inserta en el aparato de las figuras 97A-97G de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 101 muestra una vista en sección superior de la cámara cuentagotas de la figura 99 fijada dentro del aparato de las figuras 97A-97G de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 102 muestra una vista en primer plano de la tapa superior de la cámara cuentagotas de la figura 98 que se inserta en una abertura del aparato de las figuras 97A-97G de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 103 muestra una vista en sección transversal del aparato de las figuras 97A-97G con la tapa superior de la cámara cuentagotas fijada en la misma de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

las figuras 104-105 muestran una vista en sección transversal del aparato de las figuras 97A-97G con la tapa superior de la cámara cuentagotas para ilustrar la liberación de la cámara cuentagotas del aparato de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 106 muestra un ejemplo que no representa la invención de la cámara cuentagotas que usa resonancia mecánica para la detección de gotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 107 muestra un ejemplo que no representa la invención de la cámara cuentagotas que usa una fuente de luz óptica y una viga en voladizo para la detección de gotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 108A muestra una cámara cuentagotas con un manguito interior que tiene alambres paralelos como un elemento antipinzamiento de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 108B muestra una vista en sección transversal del elemento antipinzamiento de la figura 108A de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 109A muestra una cámara cuentagotas con un manguito exterior que tiene alambres paralelos como un elemento antipinzamiento de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 109B muestra una vista en sección transversal del elemento antipinzamiento de la figura 109A de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 110A muestra una cámara cuentagotas con un manguito exterior que tiene un alambre en espiral como elemento antipinzamiento de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 110B muestra una vista en sección transversal del elemento antipinzamiento de la figura 110A de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 111A muestra una cámara cuentagotas con un manguito interior que tiene un alambre en espiral como elemento antipinzamiento de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 111B muestra una vista en sección transversal del elemento antipinzamiento de la figura 111A de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 112 muestra una cámara cuentagotas con una sección de tubería que es un elemento antipinzamiento de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

las figuras 113-116 muestran varias vistas en sección transversal de varios ejemplos que no representan la invención de la sección de tubería que es un elemento antipinzamiento de la figura 112 de acuerdo con varios ejemplos que no incorporan la invención de la presente divulgación;

las figuras 117-120 muestran varias vistas de una cámara cuentagotas de ajuste a presión de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

las figuras 121-122 muestran la cámara cuentagotas de ajuste a presión de las figuras 117-120 fijada dentro de un caudalímetro de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 123 muestra una cámara cuentagotas que tiene una marca de referencia para un sensor de imagen para determinar la ubicación de la cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 124 muestra una vista en primer plano de la abertura de la cámara cuentagotas de la figura 123 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 125 muestra una cámara cuentagotas que tiene alas, cada una de las cuales incluye una marca de referencia de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

las figuras 126-127 muestran una cámara cuentagotas que tiene elementos de iluminación configurados para iluminar internamente las paredes de la cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 128 muestra una cámara cuentagotas con una franja sólida de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 129 muestra una cámara cuentagotas con un ala que tiene un código de barras 2-D incrustado en la misma de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

las figuras 130-131 muestran una cámara cuentagotas que está enchavetada e incluye un patrón de fondo que se ilumina mediante luz que brilla a través de un borde del patrón de fondo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 132 muestra una cámara cuentagotas que tiene una punta arponada de acuerdo con un ejemplo que no

representa la invención;

la figura 133 muestra una cámara cuentagotas que tiene una cámara de forma cilíndrica con elementos de iluminación para iluminar un patrón de fondo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 134 muestra una cámara cuentagotas que tiene una cámara de forma rectangular con elementos de iluminación para iluminar un patrón de fondo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

las figuras 135A-135C muestran una tapa superior con un mecanismo de bombeo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 136 muestra una cámara cuentagotas que tiene una pluralidad de elementos de iluminación de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 137 muestra una cámara cuentagotas que tiene una pluralidad de salientes internos para facilitar el flujo de líquido de condensación en la pared interna de la cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 138 muestra un caudalímetro acoplado a una bolsa a través de un resorte de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 139 muestra una sección transversal de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 140 muestra un caudalímetro acoplado a una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

las figuras 141A-141B muestran una cámara cuentagotas que tiene una marca de referencia en un ala y dentro de la cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 142A muestra una cámara cuentagotas con un código de barras de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 142B muestra varios códigos de barras ilustrativos que pueden usarse en la cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 143 muestra una cámara cuentagotas con una etiqueta de RFID de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 144 muestra un dibujo esquemático de una bomba de lanzadera que usa válvulas de retención de pico de pato de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 145 muestra un dibujo esquemático de una bomba de lanzadera de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención;

la figura 146 muestra un dibujo esquemático de una bomba de lanzadera que usa una leva excéntrica acoplada a un motor de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención; y

La figura 147 muestra una cámara cuentagotas que usa una bomba de pistón y válvulas de retención de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema 1 para regular el flujo de fluido de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Por ejemplo, el sistema 1 puede regular, monitorizar y/o controlar el flujo de fluido en un paciente 3. El sistema 1 incluye un depósito de fluido 2 para infundir el fluido contenido en el mismo en el paciente 3. El depósito de fluido 2 se alimenta por gravedad a una cámara cuentagotas 4 a través de un tubo de fluido 5. El depósito de fluido 2, la cámara cuentagotas 4 y el paciente 3 pueden considerarse como parte del sistema 1 o pueden considerarse como piezas de trabajo separadas u opcionales para el sistema 1 (por ejemplo, cualquier depósito de fluido 2 y cámara cuentagotas 4 puede usarse para tratar a cualquier paciente 3).

Un caudalímetro 7 monitoriza la cámara cuentagotas 4 para estimar un caudal de líquido que fluye a través de la cámara cuentagotas 4. El fluido de la cámara cuentagotas 4 se alimenta por gravedad a una válvula 6. La válvula 6 regula (es decir, varía) el flujo de fluido desde el depósito de fluido 2 al paciente 3 regulando el flujo de fluido desde la cámara cuentagotas 4 al paciente 3. La válvula 6 puede ser cualquier válvula como se describe en el presente documento, que incluye una válvula que tiene dos elementos de forma curva, una válvula que tiene dos láminas flexibles, una válvula que pellizca (o comprime uniformemente) el tubo a lo largo de una longitud significativa del tubo, o similar. La válvula 6 puede ser una válvula de tubo de Bourdon inverso que funciona de manera opuesta a un tubo de Bourdon en el sentido de que una deformación de la trayectoria de fluido provoca cambios en el flujo de fluido en lugar de que el flujo de fluido provoque la deformación de la trayectoria de fluido.

En ejemplos alternativos que no representan la invención, el sistema 1 incluye opcionalmente una bomba de infusión 414 (por ejemplo, una bomba peristáltica, una bomba de dedo, una bomba peristáltica lineal, una bomba peristáltica rotatoria, una bomba basada en casete, una bomba de membrana, otra bomba, etc.) acoplado al tubo de fluido 5. El recuadro delineado designado como 414 representa la naturaleza opcional de la bomba de infusión 414, por ejemplo, la bomba de infusión puede no usarse en algunos ejemplos que no representan la invención. La bomba de infusión 414 puede usar el caudalímetro 7 como retroalimentación para controlar el flujo de fluido a través del tubo de fluido 5. La bomba de infusión 414 puede estar en comunicación inalámbrica con el caudalímetro 7 para recibir el caudal del mismo. La bomba de infusión 414 puede usar un algoritmo de control de retroalimentación (por ejemplo, el componente de control 14 de la figura 1) para ajustar el flujo de fluido, tal como un control proporcional-integral-derivado ("PID"), todo-nada, red neuronal y/o sistema de control de lógica difusa. En este ejemplo específico que no representa la invención (es decir, un ejemplo que tiene la bomba de infusión 414), la válvula 6 es opcional. Sin embargo, en otros

ejemplos que no representan la invención, la válvula 6 puede usarse o no, y/o es opcional. La bomba de infusión 414 puede ajustar la rotación de una leva y/o un motor de acuerdo con las mediciones del caudalímetro 7, tales como el caudal, volumen infundido, volumen total infundido, etc. Además, o alternativamente, la bomba de infusión 414 puede detener el flujo de fluido (por ejemplo, deteniendo la acción de bombeo) cuando el caudalímetro 7 comunica a la bomba de infusión 414 que existe una condición de flujo libre. En otros ejemplos adicionales que no representan la invención, el cliente de monitorización 8 controla el funcionamiento de la bomba de infusión 414 (por ejemplo, a través de una conexión inalámbrica) y recibe retroalimentación del caudalímetro 7.

En algunos ejemplos que no representan la invención, el depósito de fluido 2 está presurizado para facilitar el flujo de fluido desde el depósito de fluido 2 hacia el paciente 3, por ejemplo, en el caso en el que el depósito de fluido 2 (por ejemplo, una bolsa de infusión intravenosa) está debajo del paciente 3; La presurización proporciona suficiente energía mecánica para hacer que el fluido fluya hacia el paciente 3. Una variedad de fuentes de presión, como la presión física, se puede aplicar presión mecánica y presión neumática al interior o al exterior del depósito de fluido 2. En un ejemplo de este tipo que no representa la invención, la presurización puede proporcionarse mediante una banda de goma envuelta alrededor de una bolsa de infusión intravenosa.

El caudalímetro 7 y la válvula 6 pueden formar un sistema de circuito cerrado para regular el flujo de fluido al paciente 3. Por ejemplo, el caudalímetro 7 puede recibir un caudal objetivo de un cliente de monitorización 8 mediante comunicación usando los transceptores 9, 10. Es decir, los transceptores 9, 10 pueden usarse para la comunicación entre el caudalímetro 7 y el cliente de monitorización 8. Los transceptores 9, 10 pueden comunicarse entre sí usando una señal modulada para codificar diversos tipos de información tales como datos digitales o una señal analógica. Algunas técnicas de modulación utilizadas pueden incluir el uso de frecuencia portadora con modulación de FM, usando modulación AM, usando modulación digital, usando modulación analógica o similares.

El caudalímetro 7 estima el caudal a través de la cámara cuentagotas 4 y ajusta la válvula 6 para lograr el caudal objetivo recibido del cliente de monitorización 8. La válvula 6 puede controlarse por el caudalímetro 7 directamente desde líneas de comunicación acopladas a un actuador de la válvula 6 o a través de un enlace inalámbrico desde el caudalímetro 7 a la circuitería a bordo de la válvula 6. La electrónica a bordo de la válvula 6 puede usarse para controlar el accionamiento de la válvula 6 a través de un actuador acoplado a la misma. Este ejemplo de bucle cerrado que no representa la invención del caudalímetro 7 y la válvula 6 puede utilizar cualquier algoritmo de control que incluya un algoritmo de control PID, un algoritmo de control de red neuronal, un algoritmo de control de lógica difusa, similares, o alguna combinación de los mismos.

El caudalímetro 7 está acoplado a un elemento de soporte 17 que está acoplado a la cámara cuentagotas 4 a través de un acoplador 16. El elemento de soporte 17 también soporta una retroiluminación 18. La retroiluminación 18 incluye una matriz de ledes 20 que proporciona iluminación al caudalímetro 7. En algunos ejemplos específicos que no representan la invención, la retroiluminación 18 incluye un patrón de fondo 19. En otros ejemplos que no representan la invención, la retroiluminación 18 no incluye el patrón de fondo 19. En algunos ejemplos que no representan la invención, el patrón de fondo 19 está presente solo en la parte inferior de la retroiluminación 18 y no hay ningún patrón de fondo 19 en la parte superior (por ejemplo, lejos del suelo) de la retroiluminación 18.

El caudalímetro 7 incluye un sensor de imagen 11, un componente detector de flujo libre 12, un componente estimador de caudal 13, un componente de control 14, un componente de exposición 29, un procesador 15 y un transceptor 9. El caudalímetro 7 puede funcionar con batería, puede alimentarse por una toma de CA, puede incluir supercondensadores y puede incluir circuitería de fuente de alimentación, a bordo (no mostrada explícitamente).

El sensor de imagen 11 puede ser un sensor CCD, un sensor CMOS u otro sensor de imagen. El sensor de imagen 11 captura imágenes de la cámara cuentagotas 4 y comunica datos de imagen correspondientes a las imágenes capturadas al procesador 15.

El procesador 15 también está acoplado al componente detector de flujo libre 12, el componente estimador de caudal 13, el componente de control 14 y el componente de exposición 29. El componente detector de flujo libre 12, el componente estimador de caudal 13, el componente de control 14 y el componente de exposición 29 pueden implementarse como instrucciones ejecutables por procesador que son ejecutables por el procesador 15 y pueden almacenarse en memoria, tal como una memoria no transitoria, legible por procesador, ROM, RAM, EEPROM, un disco duro, una unidad de disco duro, una unidad flash y similares.

El procesador 15 puede ejecutar las instrucciones del componente detector de flujo libre 12 para determinar si existe una condición de flujo libre dentro de la cámara cuentagotas 4 analizando los datos de imagen del sensor de imagen 11. A continuación se describen diversos ejemplos que no representan la invención del componente detector de flujo libre 12 para detectar una condición de flujo libre. En respuesta a una condición de flujo libre detectada, el procesador 15 puede realizar una llamada de función al componente de control 14 para enviar una señal a la válvula 6 para detener completamente el flujo de fluido al paciente 3. Es decir, si el componente detector de flujo libre 12 determina que existe una condición de flujo libre, el caudalímetro 7 puede ordenar a la válvula 6 que detenga el flujo de fluido, puede dar instrucciones al cliente de monitorización 8 para que detenga el flujo de fluido (que puede comunicarse con la válvula 6 o la bomba 414), y/o puede dar instrucciones a la bomba 414 para que detenga el bombeo u ocluya el flujo de fluido

usando un oclisor de seguridad interno.

El componente estimador de caudal 13 estima el caudal de fluido que fluye a través de la cámara cuentagotas 4 usando los datos de imagen del sensor de imagen 11. El procesador 15 comunica el caudal estimado al componente de control 14 (por ejemplo, a través de una llamada de función). A continuación se describen diversos ejemplos que no representan la invención de estimación del caudal. Si el componente estimador de caudal 13 determina que el caudal es mayor que un umbral predeterminado o está fuera de un rango predeterminado, el caudalímetro 7 puede dar instrucciones a la válvula 6 para que detenga el flujo de fluido (que puede comunicarse con la válvula 6 o la bomba 414), puede dar instrucciones al cliente de monitorización 8 para que detenga el flujo de fluido (que puede comunicarse con la válvula 6 o la bomba 414), y/o puede dar instrucciones a la bomba 414 para que detenga el bombeo u ocluya el flujo de fluido usando un oclisor de seguridad interno.

El procesador 15 controla la matriz de ledes 20 para proporcionar suficiente luz para el sensor de imagen 11. Por ejemplo, el componente de exposición 29 puede usarse por el procesador 15 o en conjunto con el mismo para controlar la matriz de ledes 20 de tal manera que el sensor de imagen 11 capture datos de imagen suficientes para su uso por el componente detector de flujo libre 12 y el componente estimador de caudal 13. El procesador 15 puede implementar un algoritmo de exposición almacenado por el componente de exposición 29 (véase la figura 2) para controlar las condiciones de iluminación y/o la exposición del sensor de imagen 11 cuando se generan los datos de imagen. Adicionalmente o como alternativa, el componente de exposición 29 puede implementarse como un circuito, un circuito integrado, un CPLD, un PAL, un PLD, una implementación basada en lenguaje de descripción de hardware y/o un sistema de software.

El componente de control 14 calcula los ajustes a realizar en la válvula 6 de acuerdo con el caudal estimado a partir del componente estimador de caudal 13. Por ejemplo y como se ha descrito anteriormente, el componente de control 14 puede implementar un algoritmo de control PID para ajustar la válvula 6 para lograr el caudal objetivo.

El cliente de monitorización 8, en algunos ejemplos que no representan la invención, monitoriza el funcionamiento del sistema 1. Por ejemplo, cuando se detecta una condición de flujo libre por el componente detector de flujo libre 12, el cliente de monitorización 8 puede comunicar de forma inalámbrica una señal a la válvula 6 para interrumpir el flujo de fluido al paciente 3.

El caudalímetro 7 puede incluir adicionalmente varios dispositivos de entrada/salida para facilitar la seguridad del paciente, tales como diversos escáneres, y puede utilizar el transceptor 9 para comunicarse con registros médicos electrónicos, sistemas de reducción de errores de medicamentos y/o servicios de instalaciones, tales como sistemas de control de inventario.

En un ejemplo específico que no representa la invención, el caudalímetro 7 tiene un escáner, tal como un interrogador de RFID que interroga una etiqueta de RFID unida al depósito de fluido 2 o un escáner de código de barras que escanea un código de barras del depósito de fluido 2. El escáner puede usarse para determinar si el fluido correcto está dentro del depósito de fluido 2, es el depósito de fluido correcto 2, el tratamiento programado en el caudalímetro 7 corresponde al fluido dentro del depósito de fluido 2 y/o el depósito de fluido 2 y el caudalímetro 7 son correctos para el paciente particular (por ejemplo, según se determina a partir del código de barras de un paciente, la etiqueta RFID de un paciente u otra identificación del paciente).

Por ejemplo, el caudalímetro 7 puede escanear la etiqueta de RFID del depósito de fluido 2 para determinar si un número de serie o tipo de fluido codificado dentro de la etiqueta de RFID es el mismo que el indicado por el tratamiento programado almacenado dentro del caudalímetro 7. Adicionalmente o como alternativa, el caudalímetro 7 puede interrogar la etiqueta de RFID del depósito de fluido 2 para un número de serie y la etiqueta de RFID del paciente 3 para un número de serie de paciente, y también interrogar los registros médicos electrónicos usando el transceptor 9 para determinar si el número de serie del depósito de fluido 2 dentro de la etiqueta de RFID unida al depósito de fluido 2 coincide con el número de serie del paciente dentro de la etiqueta de RFID unida al paciente 3 como se indica por los registros médicos electrónicos.

Adicionalmente o como alternativa, el cliente de monitorización 8 puede escanear la etiqueta de RFID del depósito de fluido 2 y la etiqueta de RFID del paciente 3 para determinar que es el fluido correcto dentro del depósito de fluido 2, es el depósito de fluido correcto 2, el tratamiento programado en el caudalímetro 7 corresponde al fluido dentro del depósito de fluido 2, y/o el depósito de fluido 2 es correcto para el paciente particular (por ejemplo, según se determina a partir del código de barras de un paciente, una etiqueta RFID, registros médicos electrónicos u otra identificación o información del paciente). Adicionalmente o como alternativa, el cliente de monitorización 8 o el caudalímetro 7 pueden interrogar a la base de datos de registros médicos electrónicos y/o a la farmacia para verificar la prescripción o para descargar la prescripción, por ejemplo, usando el número de serie del código de barras en el depósito de fluido 2 o la etiqueta RFID unida al depósito de fluido 2.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo de un método 21 para exponer un sensor de imagen, por ejemplo, el sensor de imagen 11 de la figura 1, de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El método 21 incluye los actos 22, 23, 24 y 25. El método 21 puede implementarse por el procesador 15 de la figura 1 (por ejemplo, como el

componente de exposición 29) y puede implementarse como un método implementado por procesador, como un conjunto de instrucciones configuradas para su ejecución por uno o más procesadores, en hardware, en software, similares, o alguna combinación de los mismos.

5 El acto 22 selecciona una región de interés. Por ejemplo, haciendo referencia de nuevo a la figura 1, el sensor de imagen 11 incluye un campo de visión que incluye la cámara cuentagotas 4. Sin embargo, la cámara cuentagotas 4 puede no ocupar todo el campo de visión del sensor de imagen 11. El acto 22 selecciona solo los píxeles del sensor de imagen 11 que muestran, por ejemplo, la cámara cuentagotas 4.

10 El acto 23 determina si un píxel está dentro de la región de interés 23. Si el píxel del acto 23 es un píxel que reproduce, por ejemplo, la cámara cuentagotas 4, entonces el acto 23 determina que está dentro de la región de interés. De la misma forma, en este ejemplo, si el píxel del acto 23 es un píxel que no reproduce la cámara cuentagotas 4, el acto 23 determina que el píxel no está dentro de la región de interés.

15 El acto 24 activa una retroiluminación, por ejemplo, la retroiluminación 18 de la figura 1, si el píxel está dentro de la región de interés. Los píxeles de un sensor de imagen pueden exponerse durante diferentes tiempos. Por tanto, la retroiluminación 18 puede activarse solo cuando se exponen píxeles dentro de la región de interés. Por ejemplo, algunos sensores de imagen incluyen señales de sincronización vertical y horizontal. La retroiluminación puede sincronizarse con estas señales para encenderse cuando se está exponiendo un píxel de interés.

20 En algunos ejemplos que no representan la invención de la presente divulgación, un subconjunto de ledes de la retroiluminación (por ejemplo, un subconjunto de la matriz de ledes 20, que puede ser una matriz bidimensional) puede encenderse. El subconjunto puede ser un subconjunto suficiente para iluminar suficientemente el píxel que se expone si el píxel está dentro de la región de interés.

25 El acto 25 expone el píxel. Si en el acto 23 se determinó que el píxel está dentro de la región de interés, el píxel se expondrá con al menos una parte de la retroiluminación encendida en el acto 25. Adicionalmente, si en el acto 23 se determinó que el píxel no está dentro de la región de interés, el píxel se expondrá sin al menos una parte de la retroiluminación encendida en el acto 25.

30 La figura 3 muestra un diagrama de temporización 29 que ilustra un ejemplo del método de la figura 2 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El diagrama de temporización 29 incluye las trazas 26, 27 y 28. La traza 26 es una señal de sincronización vertical de un sensor de imagen y la traza 27 es una señal de sincronización horizontal del sensor de imagen (por ejemplo, sensor de imagen 11 de la figura 1). Un circuito o rutina de software (por ejemplo, el componente de exposición 29 que se encuentra en el caudalímetro 7 de la figura 1) puede usar las trazas de sincronización 26, 27 para generar una señal de habilitación de retroiluminación 28 que se usa para activar una retroiluminación o un subconjunto de la misma.

35 Las figuras 4A-4B muestran ilustraciones de datos de imagen de un caudalímetro 7 que ilustran un ejemplo del método de la figura 2 de acuerdo con el diagrama de temporización de la figura 3 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La figura 4A ilustra los datos de imagen tomados por un caudalímetro, tal como el caudalímetro 7 de la figura 1, sin el uso del algoritmo de exposición ilustrado en las figuras 2 y 3; La figura 4B ilustra los datos de imagen tomados por el caudalímetro con el uso del algoritmo de exposición ilustrado en las figuras 2 y 3. Se necesita menos potencia para proporcionar iluminación durante la captura de la imagen de la figura 4B que para proporcionar iluminación para la captura de la imagen de la figura 4A debido a un menor uso de la retroiluminación.

40 La figura 5 muestra un diagrama de un caudalímetro 67 y una válvula 71 que están integrados entre sí para acoplarse a una cámara cuentagotas 409 y una bolsa de infusión intravenosa 69 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El caudalímetro 67 incluye un contador de goteo óptico 68 que recibe fluido de la bolsa de infusión intravenosa 69. El contador de goteo óptico 68 puede ser un sensor de imagen, un par de sensores de imagen, un contador de goteo capacitivo y/o similares. El caudalímetro 67 está acoplado a un tubo 70 acoplado a una pinza de rueda 71 que está controlada por un motor 72. El motor 72 está acoplado a un mecanismo de tornillo de avance 73 para controlar una pinza de rueda 71 mediante la interacción con los elementos de interacción 74.

45 El motor 72 puede ser un servomotor y puede usarse para ajustar el caudal a través del tubo 70. Es decir, el caudalímetro 67 también puede funcionar como un caudalímetro y regulador. Por ejemplo, un procesador 75 dentro del caudalímetro 67 puede ajustar el motor 72 de tal manera que se logre un caudal deseado medido por el contador de goteo óptico 68. El procesador 75 puede implementar un algoritmo de control usando el contador de goteo óptico 68 como retroalimentación, por ejemplo, un bucle de control de PID con la salida suministrada al motor 72 y la retroalimentación recibida desde el contador de goteo óptico 68.

50 En ejemplos alternativos que no representan la invención, el motor 72, el mecanismo de tornillo de avance 73 y la pinza de rueda 71 pueden reemplazarse y/o complementarse con un actuador que aprieta el tubo 70 (por ejemplo, usando un mecanismo de leva o un enlace accionado por un motor) o pueden reemplazarse por cualquier rodillo suficiente, tornillo o deslizador accionado por un motor. Por ejemplo, en algunos ejemplos que no representan la invención de la presente divulgación, la pinza de rueda 71 puede reemplazarse por cualquier válvula como se describe

en el presente documento, que incluye una válvula que tiene dos elementos en forma de C, una válvula que tiene dos elementos de soporte curvados, una válvula que tiene dos láminas flexibles, una válvula que pellizca el tubo a lo largo de una longitud significativa del tubo, o similar.

- 5 El caudalímetro 67 también puede incluir opcionalmente una pantalla. La pantalla puede usarse para establecer el caudal objetivo, mostrar el caudal actual y/o proporcionar un botón, por ejemplo, un botón de pantalla táctil para detener el caudal.

10 La figura 6 es un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes 78 de un caudalímetro para formar imágenes de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El sistema de formación de imágenes 78 como se muestra en la figura 6 puede usarse dentro de cualquier caudalímetro descrito en el presente documento, incluyendo el caudalímetro 7 de la figura 1 y/o el caudalímetro 67 de la figura 5.

15 El sistema de formación de imágenes 78 de la figura 6 incluye un sensor de imagen 63, una retroiluminación uniforme 79 para hacer brillar la luz al menos parcialmente a través de la cámara cuentagotas 59, y un filtro de infrarrojos ("IR") 80 que recibe la luz de la retroiluminación uniforme 79.

20 El sistema 78 también incluye un procesador 90 que puede acoplarse operativamente al sensor de imagen 63 y/o a la retroiluminación uniforme 79. El procesador 90 implementa un algoritmo para determinar cuándo existe una condición de flujo libre y/o para estimar un caudal (por ejemplo, usando el componente detector de flujo libre 12 o el componente estimador de caudal 13 de la figura 1). El procesador 90 puede estar en comunicación operativa con una memoria legible por procesador 91 (por ejemplo, una memoria no transitoria, legible por procesador) para recibir una o más instrucciones para implementar el algoritmo para determinar si existe una condición de flujo libre y/o para estimar el caudal. La una o más instrucciones de la memoria legible por procesador 91 están configuradas para su ejecución por el procesador 90.

25 La retroiluminación uniforme 79 puede ser una matriz de diodos emisores de luz ("ledes") que tienen colores iguales o diferentes, una bombilla, una ventana para recibir luz ambiental, una luz incandescente y similares. En algunos ejemplos que no representan la invención, la retroiluminación uniforme 79 puede incluir una o más luces de fuente puntual.

30 El procesador 90 puede modular la retroiluminación uniforme 79 de acuerdo con el sensor de imagen 63. Por ejemplo, el procesador 90 puede activar la retroiluminación uniforme 79 durante una cantidad de tiempo predeterminada y enviar una señal al sensor de imagen 63 para capturar al menos una imagen y, a continuación, enviar una señal a la retroiluminación uniforme 79 para que se apague. La una o más imágenes del sensor de imagen 63 pueden procesarse por el procesador 90 para estimar el caudal y/o detectar condiciones de flujo libre. Por ejemplo, en un ejemplo que no representa la invención, el sistema 78 supervisa el tamaño de las gotas que se forman dentro de la cámara cuentagotas 59 y cuenta el número de gotas que fluyen a través de la cámara cuentagotas 59 dentro de una cantidad de tiempo predeterminada; el procesador 90 puede promediar el flujo periódico de las gotas individuales durante un período de tiempo para estimar el caudal. Por ejemplo, si las gotas X tienen cada una un flujo de volumen Y a través de la cámara cuentagotas en un tiempo Z, el caudal puede calcularse como  $(X*Y)/Z$ .

35 Adicionalmente o como alternativa, el sistema 78 puede determinar cuándo el fluido intravenoso fluye continuamente a través de la cámara cuentagotas 59 (es decir, durante una condición de flujo libre). La retroiluminación uniforme 79 hace brillar la luz a través de la cámara cuentagotas 59 para proporcionar suficiente iluminación para que el sensor de imagen 63 forme imágenes de la cámara cuentagotas 59. El sensor de imagen 63 puede capturar una o más imágenes de la cámara cuentagotas 59.

40 Se pueden usar otras orientaciones y configuraciones del sistema 78 para tener en cuenta la orientación y las características de salida de la retroiluminación uniforme 79, la sensibilidad y orientación del sensor de imagen 63 y las condiciones de luz ambiental. En algunos ejemplos que no representan la invención de la presente divulgación, el procesador 90 implementa un algoritmo que utiliza una uniformidad de las imágenes recopiladas por el sensor de imagen 63. La uniformidad puede facilitarse por la retroiluminación uniforme 79. Por ejemplo, el sensor de imagen 63 puede capturar imágenes uniformes consistentes cuando se utiliza una retroiluminación uniforme 79.

45 La iluminación ambiental puede provocar inconsistencias en las imágenes recibidas desde el sensor de imagen 63; por ejemplo, la iluminación solar directa proporciona una iluminación inconsistente porque el sol puede oscurecerse intermitentemente por las nubes y el brillo del sol y el ángulo de iluminación dependen de la hora del día. Por lo tanto, en algunos ejemplos que no representan la invención de la presente divulgación, se usa opcionalmente un filtro de IR 80 para filtrar parte de la luz ambiental para mitigar las variaciones en las imágenes capturadas por el sensor de imagen 63. El filtro IR 80 puede ser un filtro de luz infrarroja de banda estrecha colocado delante del sensor de imagen 63; y la retroiluminación uniforme 79 puede emitir luz que tiene aproximadamente la misma longitud de onda que la frecuencia central de la banda de paso del filtro 80. El filtro de IR 80 y la retroiluminación uniforme 79 pueden tener una frecuencia central de aproximadamente 850 nanómetros. En algunos ejemplos que no representan la invención, el sistema de formación de imágenes 78 puede estar rodeado por una envoltura visualmente translúcida, pero con bloqueo de IR. En ejemplos alternativos que no representan la invención, otras frecuencias ópticas, anchos de banda,

frecuencias centrales o tipos de filtro pueden utilizarse en el sistema 78.

En algunos ejemplos que no representan la invención, el procesador 90 puede usar una plantilla para realizar una coincidencia de plantilla del charco de agua dentro de la cámara cuentagotas 59. Cualquier procesamiento previo puede realizarse antes de la operación de coincidencia de plantilla. Adicionalmente, si la cámara 63 está dispuesta más alta que una posición preferida, se puede usar un espejo para que la vista de la cámara 63 sea una vista preferible de la cámara cuentagotas 59. La posición de la coincidencia de plantilla de pico puede correlacionarse con la posición del charco y, por lo tanto, con el volumen del charco.

Si el charco es demasiado bajo, el aparato puede activar una válvula de seguridad (descrita a continuación) porque el agua sale del charco y se drena hacia el paciente a una velocidad insegura. La retroiluminación 79 puede estar encendida o apagada, dependiendo del ejemplo que no representa la invención. Las oscilaciones de la parte superior del charco pueden monitorizarse para determinar la frecuencia de resonancia del agua. La resonancia de la parte superior del charco cuando las gotas golpean el charco puede correlacionarse con el volumen del charco. En otros ejemplos que no representan la invención, el cambio repentino del charco puede correlacionarse con una gota que golpea el charco de tal manera que el procesador 90 puede contar el número de gotas por unidad de tiempo y estimar el flujo de fluido a través de las mismas.

En algunos ejemplos que no representan la invención, se puede usar el enfoque automático para encontrar la línea de agua. Es decir, se puede enfocar una línea focal para garantizar que se enfoca toda la imagen.

En algunos ejemplos que no representan la invención, el procesador 90 puede acoplarse a un cable grabado en una placa de PCB, lo que lo convierte en una radio de software. Esto permite que el procesador 90 comunique información a otro dispositivo capaz de operar a las frecuencias suficientes.

La figura 7 es una ilustración gráfica de una imagen 81 capturada por el sensor de imagen 63 del sistema 78 de la figura 6 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La imagen 81 es una imagen de una cámara cuentagotas 59 que tiene condensación 82 y una corriente 83 provocada por una condición de flujo libre en la misma. La detección de bordes puede usarse para determinar la posición de la corriente 83 y/o la condensación 82, en algunos ejemplos que no representan la invención. Adicionalmente o como alternativa, se puede usar una imagen o patrón de fondo.

La figura 8 es un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes 84 de un caudalímetro para formar imágenes de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El sistema de formación de imágenes 84 puede usarse con cualquier caudalímetro divulgado en el presente documento, incluyendo el caudalímetro 7 de la figura 1 y el caudalímetro 67 de la figura 5.

El sistema 84 incluye una matriz de líneas 85 que son opacas detrás de la cámara cuentagotas 59. El sistema 84 usa la matriz de líneas 85 para detectar una condición de flujo libre. El algoritmo de detección de flujo libre (por ejemplo, el componente detector de flujo libre 12 de la figura 1) puede usar la presencia o ausencia de gotas para determinar si existe o no una condición de flujo continuo (por ejemplo, existe una condición de flujo libre).

En algunos ejemplos específicos que no representan la invención, las líneas 85 solo están presentes en una fracción de la imagen (por ejemplo, el patrón de fondo solo ocupa una fracción de la retroiluminación 18 o la óptica binaria solo hace que el patrón aparezca en una fracción de la imagen, tal como la mitad inferior o superior). Por ejemplo, una fracción inferior de la imagen puede incluir un patrón de fondo de rayas.

A continuación, con referencia a la figura 9, se muestra una ilustración gráfica de una imagen 86 capturada por el sensor de imagen 63 de la figura 8 cuando existe una condición de flujo libre en la cámara cuentagotas 59 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La imagen 86 ilustra la condición en la que la cámara cuentagotas 59 experimenta una condición de flujo libre e ilustra el efecto de que la corriente de fluido 87 actúa como una lente cilíndrica positiva. Es decir, como se muestra en la figura 9, la matriz de líneas 85 capturada en una imagen por el sensor de imagen 63 se muestra como un patrón de línea invertido 88 de la matriz de líneas 85 en comparación con una condición de flujo no libre. La aparición del patrón de líneas invertidas 88 está provocada por cambios en la luz cuando la luz pasa a través de la corriente de fluido 87 a medida que la luz se acerca al sensor de imagen 63.

En algunos ejemplos que no representan la invención, se puede usar iluminación por luz que tiene una longitud de onda óptica de aproximadamente 850 nanómetros para crear la imagen 86. Algunos materiales pueden ser opacos en el espectro visible y transparentes en el espectro de IR cercano a aproximadamente 850 nanómetros y, por lo tanto, pueden usarse para crear la matriz de líneas 85. La matriz de líneas 85 puede crearse usando diversos plásticos de creación rápida de prototipos. Por ejemplo, la matriz de líneas 85 puede crearse usando una estructura de prototipo rápido impresa con una tinta infrarroja opaca o recubierta con un metal para hacer la matriz de líneas 85. Adicionalmente o como alternativa, en algunos ejemplos que no representan la invención, otro método para crear la matriz de líneas 85 es crear una placa de circuito con las líneas tendidas en cobre. En otro ejemplo que no representa la invención, la matriz de líneas 85 se crea colocando un trozo de cable plano sobre la retroiluminación uniforme 79; los alambres en el cable plano son opacos al espectro infrarrojo, pero el aislamiento es transparente de modo que el

espaciado de los alambres puede formar la línea para su uso durante la formación de imágenes por el sensor de imagen 63 (véase la figura 8). En otros ejemplos adicionales que no representan la invención, se puede utilizar un metal mecanizado por electroerosión delgado. El metal es opaco a la luz y los espacios entre los depósitos de material metálico pueden controlarse muy finamente durante la fabricación para permitir que la luz IR pase a través de los espacios.

El procesador 90 implementa un algoritmo para determinar cuándo existe una condición de flujo libre (por ejemplo, usando el componente detector de flujo libre 12 de la figura 1). El procesador 90 puede estar en comunicación operativa con una memoria legible por procesador 91 (por ejemplo, una memoria no transitoria, memoria legible por procesador) para recibir una o más instrucciones para implementar el algoritmo para determinar si existe una condición de flujo libre. La una o más instrucciones de la memoria legible por procesador 91 están configuradas para su ejecución por el procesador 90.

De nuevo, con referencia a la figura 8, el sistema 84 puede usar sangre. Por ejemplo, el sistema 84 puede determinar cuándo existe una condición de flujo libre de sangre cuando se utiliza el sensor de imagen 63, el filtro IR 80 y la retroiluminación uniforme 79 configurada, por ejemplo, para su uso usando luz óptica que tiene una longitud de onda de 850 nanómetros o 780 nanómetros, por ejemplo, cuando se usa sangre bovina. La sangre puede parecer opaca en comparación con las imágenes tomadas con agua.

El siguiente algoritmo implementado por el procesador 90 y recibido desde la memoria legible por procesador 91 puede usarse para determinar cuándo existe una condición de flujo libre: (1) establecer una imagen de fondo 89 (véase la figura 10); y (2) restar la imagen de fondo 89 de la imagen actual. Se puede realizar un procesamiento adicional en la imagen resultante.

En algunos ejemplos que no representan la invención, la imagen de fondo 89 de la figura 10 puede generarse dinámicamente por el procesador 90. La imagen de fondo dinámica puede usarse para tener en cuenta las condiciones cambiantes, por ejemplo condensación o salpicaduras 82 en la superficie de la cámara cuentagotas 59 (véase la figura 7). Por ejemplo, en un ejemplo específico que no representa la invención, para cada nueva imagen capturada por el sensor de imagen (por ejemplo, 63 de la figura 8), la imagen de fondo tiene cada píxel multiplicado por 0,96 y la imagen actual (por ejemplo, la imagen capturada más recientemente) tiene un píxel respectivo multiplicado por 0,04, después de lo cual los dos valores se suman para crear un nuevo valor para una nueva imagen de fondo para ese píxel respectivo; este proceso puede repetirse para todos los píxeles. En otro ejemplo más, en un ejemplo específico que no representa la invención, si un píxel de la nueva imagen está en una fila, x, y en una columna, y, la nueva imagen de fondo en la fila, x, y columna, y, es el valor de la imagen de fondo anterior en la fila, x, y columna, y, multiplicado por 0,96, que se suma al valor del píxel en la fila, x, y columna, y de la nueva imagen multiplicada por 0,04.

Cuando el sistema 84 no tiene agua que fluya a través de la cámara cuentagotas 59 (véase la figura 8), la sustracción resultante debería ser casi completamente inversa, es decir, magnitudes de píxel bajas, facilitando así que el algoritmo determine que la cámara cuentagotas 59 no tiene agua que fluya a través de la misma.

La figura 11 muestra una imagen 92 del sensor de imagen 63 cuando hay una gota dentro de la cámara cuentagotas 59 (véase la figura 8). La figura 12 muestra una imagen de fondo 93 usada por el sistema 84. Cuando el sistema 84 tiene una gota como se muestra en la imagen 92 de la figura 11, el sistema 84 de la figura 8 tiene unos pocos puntos de alto contraste donde la imagen de la matriz de líneas está deformada por la formación de lentes de la gotita como se ilustra por una imagen 94 de la figura 13. La imagen 94 de la figura 13 se genera tomando, para cada píxel respectivo, el valor absoluto de la resta de la imagen 92 de la figura 11 de la imagen 93 de la figura 12, y convirtiendo cada píxel respectivo en un píxel blanco si el valor está por encima de un umbral predeterminado o convirtiendo el píxel en un píxel negro cuando el valor está por debajo del umbral predeterminado. Cada píxel blanco dentro de la imagen 94 de la figura 13 es un resultado de que hay una diferencia para esa ubicación de píxel entre las imágenes 92 y 93 que es mayor que un umbral predeterminado.

Por ejemplo, considérense tres píxeles respectivos de las figuras 11, 12 y 13 que tienen una ubicación de fila x y columna y. Para determinar el píxel de la fila x y la columna y para la imagen 94 de la figura 13, el píxel en la fila x y la columna y de la imagen 92 de la figura 11 se resta del píxel en la fila x y la columna y de la imagen 93 de la figura 12, entonces se toma el valor absoluto del resultado de la resta; y si el valor absoluto del resultado está por encima de un umbral predeterminado (por ejemplo, por encima de un valor de escala de grises de 128, por ejemplo), el píxel en la ubicación de la fila x y la columna y de la imagen 94 de la figura 13 es blanco, de lo contrario, el píxel en la ubicación de la fila x y la columna y de la imagen 94 de la figura 13 es negro.

Cuando se determina que existen unos pocos puntos de alto contraste dentro de la imagen 94 de la figura 13, el procesador 90 del sistema 84 (véase la figura 8) determina que se están formando gotas dentro de la cámara cuentagotas 59 y no existe una condición de flujo libre. Las imágenes de las gotas pueden utilizarse para determinar el tamaño de las gotas para estimar un caudal como se describe en el presente documento.

La figura 14 es una representación gráfica de algunos de los procesamientos de imágenes que pueden realizarse usando las figuras 11-13 para determinar si existe una condición de flujo libre de acuerdo con un ejemplo que no

representa la invención. Con referencia a las figuras 14 y 13, todos los píxeles blancos para cada fila se suman juntos, y se ilustran en la figura 14 como resultados 183. El eje y representa el número de fila, y el eje x representa el número sumado de píxeles blancos para cada fila respectiva.

Haciendo referencia ahora únicamente a la figura 14, como se ha mencionado anteriormente, el número de píxeles blancos para cada fila se suma y se ilustra como resultados 183, que se utilizan para determinar si existe o cuándo existe una condición de flujo libre. En algunos ejemplos específicos que no representan la invención, el procesador 90 del sistema 84 (véase la figura 8) determina que existe una condición de flujo libre cuando existe un número predeterminado de valores contiguos de las filas sumadas de los resultados 183 por encima de un umbral 184. Por ejemplo, dentro de los resultados 183, un rango de una pluralidad de filas contiguas representadas generalmente por 185 tiene un valor total por encima del umbral 184. Cuando se determina que existe más de un número predeterminado de filas sumadas contiguas dentro de los resultados 183 por encima de un umbral predeterminado (por ejemplo, umbral 184), el procesador 90 de la figura 8 determina que existe una condición de flujo libre. Por ejemplo, como se muestra en la figura 14, el rango de la pluralidad de filas sumadas contiguas 185 está por debajo del número predeterminado de filas sumadas contiguas (es decir, el rango 185 no es lo suficientemente amplio) y, por lo tanto, se determina que no existe una condición de flujo libre.

La figura 15 muestra una imagen 95 que muestra una corriente capturada por el sensor de imagen 63 de la figura 8 cuando existe una condición de flujo libre. La figura 16 muestra una imagen de fondo 96. La figura 17 muestra una imagen 97 formada por el valor absoluto de la diferencia entre la imagen 96 de la figura 16 y la imagen 95 de la figura 15 cuando el valor absoluto se convierte en un píxel blanco (cuando el valor absoluto de la diferencia está por encima de un umbral) o a un píxel negro (cuando el valor absoluto de la diferencia está por debajo del umbral). Como se muestra en la figura 17, los puntos de alto contraste provocados por la orientación inversa de las líneas en el curso que se extienden de arriba a abajo son detectables por el procesador 90. El procesador 90 de la figura 8 puede usar la imagen 97 para determinar si existe una condición de flujo libre usando el algoritmo descrito anteriormente.

Es decir, como se muestra en la figura 18, los resultados 186 se muestran como que tienen un rango contiguo 187 de los resultados 186 que están por encima de un umbral 188. Debido a que el rango contiguo 187 de filas sumadas es mayor que un número umbral predeterminado de valores contiguos por encima del umbral 188, el procesador 90 determina que existe una condición de flujo libre (véase la figura 8). Es decir, el rango contiguo de los resultados 186 por encima del umbral 188 es mayor que un rango de umbral predeterminado de valores contiguos; por lo tanto, el procesador 90 determina que existe una condición de flujo libre cuando se usan los resultados 186 de la figura 18.

En otro ejemplo adicional que no representa la invención, la intensidad, la intensidad al cuadrado u otra función puede usarse para producir los resultados 183 de la figura 14 y/o los resultados 186 de la figura 18. En otro ejemplo adicional que no representa la invención, se pueden usar una o más funciones de suavizado de datos para suavizar los resultados 183 y/o 186, tal como una función *spline*, una función *spline* cúbica, una función *B-spline*, una función *spline* de Bézier, una interpolación polinómica, un promedio móvil u otra función de suavizado de datos.

Por ejemplo, una imagen del sensor de imagen 63 de la figura 8, por ejemplo, la imagen 95 de la figura 15, puede sustraerse de una imagen de fondo, por ejemplo, la imagen 96 de la figura 16, para obtener valores de intensidad. Es decir, un píxel de la fila x y la columna y de la figura 15 puede restarse de un píxel de la fila x y la columna y de la imagen 96 de la figura 16 para crear un valor de intensidad en la fila x y la columna y; esto puede repetirse para todas las ubicaciones de píxeles para obtener todos los valores de intensidad. Los valores de intensidad de cada fila pueden sumarse para obtener los resultados 183 y/o 186 (véanse las figuras 14 y 18, respectivamente), de manera que el procesador 90 puede determinar que existe una condición de flujo libre cuando las filas sumadas de los valores de intensidad tienen un rango contiguo de filas sumadas por encima de un umbral. En algunos ejemplos que no representan la invención, los valores de intensidad se convierten en valores absolutos de los valores de intensidad, y las filas sumadas de los valores absolutos de los valores de intensidad se usan para determinar si un rango contiguo de filas sumadas de los valores absolutos está por encima de un rango umbral de valores contiguos. Adicionalmente o como alternativa, la intensidad puede elevarse al cuadrado y, a continuación, el procesador 90 puede sumar las filas de intensidad al cuadrado y determinar si existe un rango contiguo de filas sumadas de los valores de intensidad al cuadrado más allá de un rango umbral de valores contiguos para determinar si existe una condición de flujo libre.

En algunos ejemplos que no representan la invención, un rango predeterminado de valores contiguos por encima de un umbral (por ejemplo, rangos mínimo y máximo) de las filas sumadas de valores de intensidad o valores de intensidad al cuadrado pueden usarse por el procesador 90 para determinar si una gota de líquido está dentro de la imagen. Por ejemplo, cada fila de las filas de los valores de intensidad (o los valores de intensidad al cuadrado) pueden sumarse juntos y un rango de los valores sumados puede estar por encima de un número umbral; si el rango de valores contiguos está entre un rango mínimo y un rango máximo, el procesador 90 puede determinar que el rango de valores contiguos por encima de un umbral predeterminado es desde una gota dentro del campo de visión del sensor de imagen 63 (véase la figura 8). En algunos ejemplos que no representan la invención, las filas sumadas de valores de intensidad o valores de intensidad al cuadrado pueden normalizarse, por ejemplo, normalizarse para tener un valor entre 0 y 1.

Lo siguiente describe una función de suavizado similar a la *spline* cúbica (es decir, la función de tipo *spline* cúbica)

que puede usarse en las filas sumadas, las filas sumadas de valores de intensidad, o las filas sumadas de los valores de intensidad elevados al cuadrado antes de la determinación por el procesador 90 para determinar si existe una condición de flujo libre. En algunos ejemplos específicos que no representan la invención, la función de tipo *spline* cúbica puede usarse para identificar bloques, como se describe abajo, lo que puede facilitar la identificación del procesador 90 de las condiciones de flujo libre.

La función de tipo *spline* cúbica es análoga a la *spline* cúbica, pero suaviza un conjunto de datos en lugar de imitar fielmente una función dada. Tener datos muestreados en el rango de [0,1] (por ejemplo, la suma a lo largo de una fila de intensidad al cuadrado o intensidad que está normalizada) el procesador 90 (véanse las figuras 6 u 8) puede encontrar el conjunto de funciones cúbicas de mejor ajuste en los rangos  $[x_0, x_1], [x_1, x_2], \dots, [x_{N-1}, x_N]$  con  $x_0 = 0$  y  $x_N = 1$  donde la función total es continua con derivadas continuas y curvatura continua.

La definición de *spline* cúbica estándar se ilustra en la ecuación (1) como sigue: [00260]

$$\chi(x) = A_i(x)y_i + B_i(x)y_{i+1} + C_i(x)y_i'' + D_i(x)y_{i+1}'' \quad x_i \leq x \leq x_{i+1} \quad (1),$$

con las funciones  $A_i, B_i, C_i, D_i$  definidas como en el conjunto de ecuaciones (2):

$$\begin{aligned} A_i(x) &= \frac{x_{i+1} - x}{x_{i+1} - x_i} = \frac{x_{i+1} - x}{\Delta_i}, & B_i &= \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} = \frac{x - x_i}{\Delta_i} \\ C_i(x) &= \frac{\Delta_i^2}{6} (A_i^3(x) - A_i(x)), & D_i &= \frac{\Delta_i^2}{6} (B_i^3(x) - B_i(x)) \end{aligned} \quad (2).$$

Las Ecuaciones (1) y (2) garantizan continuidad y continuidad de curvatura. Los únicos valores que pueden elegirse libremente son  $y_i$

$$y_0''$$

y

$$y_N''$$

. Obsérvese que la ecuación (3) se elige de la siguiente manera:

$$y_0'' = y_1'' = 0 \quad (3),$$

es decir, la función es plana en 0 y 1. El resto

$$y_i''$$

debe satisfacer el siguiente conjunto de ecuaciones (4):

$$\begin{aligned} \frac{y_1 - y_0}{\Delta_0} + \frac{y_1'' \Delta_0}{3} &= \frac{y_2 - y_1}{\Delta_1} - \frac{y_1'' \Delta_1}{3} - \frac{y_2'' \Delta_1}{6} \\ \frac{y_2 - y_1}{\Delta_1} + \frac{y_1'' \Delta_1}{6} + \frac{y_2'' \Delta_1}{3} &= \frac{y_3 - y_2}{\Delta_2} - \frac{y_2'' \Delta_2}{3} - \frac{y_3'' \Delta_2}{6} \\ \frac{y_3 - y_2}{\Delta_2} + \frac{y_2'' \Delta_2}{6} + \frac{y_3'' \Delta_2}{3} &= \frac{y_4 - y_3}{\Delta_3} - \frac{y_3'' \Delta_3}{3} - \frac{y_4'' \Delta_3}{6} \\ &\vdots \\ \frac{y_{N-2} - y_{N-3}}{\Delta_{N-3}} + \frac{y_{N-3}'' \Delta_{N-3}}{6} + \frac{y_{N-2}'' \Delta_{N-3}}{3} &= \frac{y_{N-1} - y_{N-2}}{\Delta_{N-2}} - \frac{y_{N-2}'' \Delta_{N-2}}{3} - \frac{y_{N-1}'' \Delta_{N-2}}{6} \\ \frac{y_{N-1} - y_{N-2}}{\Delta_{N-2}} + \frac{y_{N-2}'' \Delta_{N-2}}{6} + \frac{y_{N-1}'' \Delta_{N-2}}{3} &= \frac{y_N - y_{N-1}}{\Delta_{N-1}} - \frac{y_{N-1}'' \Delta_{N-1}}{3} \end{aligned}$$

(4).

El conjunto de ecuaciones (4) puede reescribirse como el conjunto de ecuaciones (5) de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta_0 + \Delta_1}{3} y_1'' + \frac{\Delta_1}{6} y_2'' &= \frac{y_0}{\Delta_0} - \left[ \frac{1}{\Delta_0} + \frac{1}{\Delta_1} \right] y_1 + \frac{y_2}{\Delta_1} \\
 \frac{\Delta_1}{6} y_1'' + \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{3} y_2'' + \frac{\Delta_2}{6} y_3'' &= \frac{y_1}{\Delta_1} - \left[ \frac{1}{\Delta_1} + \frac{1}{\Delta_2} \right] y_2 + \frac{y_3}{\Delta_2} \\
 \frac{\Delta_2}{6} y_2'' + \frac{\Delta_2 + \Delta_3}{3} y_3'' + \frac{\Delta_3}{6} y_4'' &= \frac{y_2}{\Delta_2} - \left[ \frac{1}{\Delta_2} + \frac{1}{\Delta_3} \right] y_3 + \frac{y_4}{\Delta_3} \\
 &\vdots \\
 \frac{\Delta_{N-4}}{6} y_{N-3}'' + \frac{\Delta_{N-3} + \Delta_{N-2}}{3} y_{N-2}'' + \frac{\Delta_{N-2}}{6} y_{N-1}'' &= \frac{y_{N-3}}{\Delta_{N-3}} - \left[ \frac{1}{\Delta_{N-3}} + \frac{1}{\Delta_{N-2}} \right] y_{N-2} + \frac{y_{N-1}}{\Delta_{N-2}} \\
 \frac{\Delta_{N-1}}{6} y_{N-2}'' + \frac{\Delta_{N-2} + \Delta_{N-1}}{3} y_{N-1}'' &= \frac{y_{N-2}}{\Delta_{N-2}} - \left[ \frac{1}{\Delta_{N-2}} + \frac{1}{\Delta_{N-1}} \right] y_{N-1} + \frac{y_N}{\Delta_{N-1}}
 \end{aligned}$$

(5).

5

A su vez, esto se convierte en la ecuación matricial (6):

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta_0 + \Delta_1}{3} & \frac{\Delta_1}{6} & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\Delta_1}{6} & \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{3} & \frac{\Delta_2}{6} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\Delta_2}{6} & \frac{\Delta_2 + \Delta_3}{3} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{\Delta_{N-4} + \Delta_{N-3}}{3} & \frac{\Delta_{N-3}}{6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{\Delta_{N-3}}{6} & \frac{\Delta_{N-3} + \Delta_{N-2}}{3} & \frac{\Delta_{N-2}}{6} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \frac{\Delta_{N-2}}{6} & \frac{\Delta_{N-2} + \Delta_{N-1}}{3} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} y_1'' \\ y_2'' \\ y_3'' \\ \vdots \\ y_{N-3}'' \\ y_{N-2}'' \\ y_{N-1}'' \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\Delta_0} & -\frac{1}{\Delta_0} - \frac{1}{\Delta_1} & \frac{1}{\Delta_1} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\Delta_1} & -\frac{1}{\Delta_1} - \frac{1}{\Delta_2} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\Delta_2} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{1}{\Delta_{N-3}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -\frac{1}{\Delta_{N-3}} - \frac{1}{\Delta_{N-2}} & \frac{1}{\Delta_{N-2}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{1}{\Delta_{N-2}} & -\frac{1}{\Delta_{N-2}} - \frac{1}{\Delta_{N-1}} & \frac{1}{\Delta_{N-1}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_{N-3} \\ y_{N-2} \\ y_{N-1} \\ y_N \end{Bmatrix} \quad (6)$$

10 La ecuación matricial (6) puede reescribirse como el conjunto de ecuaciones (7) como sigue:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{F} \mathbf{y}_{dd} &= \mathbf{G} \mathbf{y} \\
 \mathbf{y}_{dd} &= \mathbf{F}^{-1} \mathbf{G} \mathbf{y} = \mathbf{H} \mathbf{y} \quad (7).
 \end{aligned}$$

15 La elección de los valores en el vector y usando un criterio de mínimos cuadrados en los datos recopilados se muestra en la ecuación (8) como sigue:

$$E = \sum \left[ \psi_k - A_{i_k}(\xi_k) y_{i_k} - B_{i_k}(\xi_k) y_{i_k-1} - C_{i_k}(\xi_k) y_{i_k}'' - D_{i_k}(\xi_k) y_{i_k}'' \right]^2$$

(8).

La ecuación (8) es la desviación mínima entre los datos y la *spline*, es decir, La ecuación (8) es una función de error.

Los valores de  $y$  se eligen para minimizar el error como se define en la ecuación (8). El vector de valores predichos se puede escribir como se ilustra en la ecuación (9) como sigue:

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{y}} &= \left( \mathbf{A}_{\{k\}} + \mathbf{B}_{\{k\}} \right) \mathbf{y} + \left( \mathbf{C}_{\{k\}} + \mathbf{D}_{\{k\}} \right) \mathbf{y}_{dd} \\ &= \left( \mathbf{A}_{\{k\}} + \mathbf{B}_{\{k\}} \right) \mathbf{y} + \left( \mathbf{C}_{\{k\}} + \mathbf{D}_{\{k\}} \right) \mathbf{H} \mathbf{y} \\ &= \left[ \mathbf{A}_{\{k\}} + \mathbf{B}_{\{k\}} + \mathbf{C}_{\{k\}} \mathbf{H} + \mathbf{D}_{\{k\}} \mathbf{H} \right] \mathbf{y} \\ &= \mathbf{A} \mathbf{y}\end{aligned}\quad (9).$$

los elementos de la matriz entre paréntesis de la ecuación (9) dependen del valor  $x$  correspondiente a cada punto de datos (pero esta es una matriz fija). Por tanto, la ecuación final se puede determinar usando la pseudoinversa. A su vez, la pseudoinversa solo depende de las ubicaciones  $x$  del conjunto de datos y las ubicaciones donde se establecen las rupturas en la *spline* cúbica. La implicación de esto es que una vez que se seleccionan la geometría de la *spline* y el tamaño de la imagen, la mejor elección para  $y$  dado un conjunto de valores medidos  $y_m$  se ilustra en la ecuación (10) como sigue:

$$\mathbf{y} = \left( \mathbf{A}^T \mathbf{A} \right)^{-1} \mathbf{A} \cdot \mathbf{y}_m \quad (10).$$

La *spline* cúbica a través de la función de suma de intensidad al cuadrado de la imagen se dará a continuación por la ecuación (11) como sigue:

$$\mathbf{y}_{cs} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{y} \quad (11).$$

Debido a que los valores máximos de la *spline* cúbica son de interés, la derivada de la *spline* cúbica se determina y utiliza para determinar los valores máximos de la *spline* cúbica. La derivada *spline* cúbica viene dada por la ecuación (12) como sigue:

$$\begin{aligned}\chi'(x_k) &= A'_k(x_k) y_{i_k} + B'_k(x_k) y_{i_k+1} + C'_k(x_k) y''_{i_k} + D'_k(x_k) y''_{i_k+1} \\ &= -\frac{y_{i_k}}{\Delta_{i_k}} + \frac{y_{i_k+1}}{\Delta_{i_k}} - \frac{\Delta_{i_k} y''_{i_k}}{6} (3A_k^2(x_k) - 1) + \frac{\Delta_{i_k} y''_{i_k+1}}{6} (3B_k^2(x_k) - 1)\end{aligned}\quad (12).$$

La ecuación (12) se puede escribir como la ecuación (13) como sigue:

$$\begin{aligned}\mathbf{y}'_{cs} &= \left( \mathbf{A}'_{\{k\}} + \mathbf{B}'_{\{k\}} \right) \mathbf{y} + \left( \mathbf{C}'_{\{k\}} + \mathbf{D}'_{\{k\}} \right) \mathbf{y}_{dd} \\ &= \left[ \mathbf{A}'_{\{k\}} + \mathbf{B}'_{\{k\}} + \mathbf{C}'_{\{k\}} \mathbf{H} + \mathbf{D}'_{\{k\}} \mathbf{H} \right] \mathbf{y} \\ &= \mathbf{A}' \mathbf{y}\end{aligned}\quad (13).$$

Una vez que se encuentran los valores actuales de  $y$ , la *spline* cúbica,  $y_{cs}$ , y su derivada,  $y'_{cs}$ , se puede calcular. Los datos de *spline* cúbica pueden incluir "bloques" de datos que incluyen valores por encima de un umbral predeterminado. Se forma un bloque de tubería por el líquido que fluye fuera del tubo hacia la cámara cuentagotas 59 y se forma un bloque de charco a medida que el líquido se acumula en el extremo de gravedad de la cámara cuentagotas 59 (véase la figura 8).

El siguiente algoritmo puede aplicarse a los datos de *spline* cúbica: (1) determinar los máximos locales de los datos de *spline* cúbica usando la información derivada; (2) determinar el bloque que rodea cada máximo local incluyendo todos los puntos donde el valor de *spline* cúbica está por encima de un valor umbral; (3) fusionar todos los bloques que se intersecan; (4) calcular información sobre el bloque de datos que incluye el centro de masa (intensidad), el segundo momento de la masa (intensidad), el valor  $x$  inferior del bloque, el valor  $x$  superior del bloque, el valor medio

de la suma original de los datos de intensidad al cuadrado en el bloque, la desviación estándar de la suma original de datos de intensidad al cuadrado en el bloque, y la intensidad media de un conjunto de imágenes filtradas de paso alto en el bloque; y (5) interpretar los datos recopilados para obtener información acerca de cuándo se producen las gotas y cuándo el sistema está en transmisión.

La intensidad media de un conjunto de imágenes filtradas de paso alto en el bloque se usa para determinar si el bloque creado por cada rango contiguo de datos de *spline* es el resultado de un artefacto de alta frecuencia (por ejemplo, una gota) o un artefacto de baja frecuencia. Esto actuará como un segundo filtro de fondo que tiende a eliminar artefactos tales como la condensación de la imagen. Es decir, todas las imágenes anteriores en una memoria intermedia de imágenes (por ejemplo, 30 fotogramas anteriores, por ejemplo) se usan para determinar si los datos son el resultado de un movimiento de alta frecuencia entre tramas. Si el bloqueo es el resultado de cambios de baja frecuencia, se elimina el bloqueo, o si es el resultado de cambios de alta frecuencia, el bloque se mantiene para su posterior análisis. Puede usarse un filtro de respuesta de impulso finito o un filtro de respuesta de impulso infinito.

Cada bloque se traza sobre su extensión física con la altura igual al valor medio de los datos dentro del bloque. Si un bloque tiene un valor medio de la imagen filtrada de paso alto menor que el umbral, es una indicación de que ha existido durante varias imágenes y, por lo tanto, puede eliminarse.

El procesador 90 puede determinar que existen condiciones de flujo libre (véanse las figuras 6 u 8) usando los bloques cuando el bloque de tuberías se extiende casi hasta el bloque de charco, el bloque de tuberías y el bloque de charco se fusionan, y/o el rango sumado de anchuras del charco y los bloques de tuberías (o todos los bloques) es mayor que un umbral predeterminado, por ejemplo, la extensión total de los bloques supera los 380 píxeles de ancho. El procesador 90 puede detectar una gota cuando la transición del bloque de tubería de un ancho mayor a un ancho más corto se produce como resultado de la formación de una gota en el tubo y cuando la gota sale de la abertura de tubería (es decir, tubo) de la cámara cuentagotas 59. El procesador 90 puede detectar esto observando la relación entre el ancho de bloque de tubería actual y el ancho de bloque de tubería de la imagen anterior, por ejemplo, el procesador 90 puede considerar que una imagen en la que la relación es inferior a 0,9, ya que también es un mínimo local, sea una imagen formada inmediatamente después de que se haya formado una gota.

Pueden usarse diversos algoritmos de filtrado para detectar condensación u otros artefactos de baja frecuencia, tales como: si un bloque tiene un valor medio bajo en la imagen filtrada de paso alto, entonces puede ser condensación. Este artefacto puede eliminarse de la consideración. Adicionalmente o como alternativa, bloques largos (por ejemplo, mayores que un umbral predeterminado) con un valor medio de paso alto bajo son posiblemente corrientes porque las imágenes de flujo tienden a permanecer sin cambios; el procesador 90 puede determinar que los bloques largos mayores que un umbral predeterminado corresponden a una condición de flujo continuo. Adicionalmente o como alternativa, se puede usar un algoritmo en la imagen actual para detectar condiciones de flujo libre.

El procesador 90, en algunos ejemplos específicos que no representan la invención, puede usar los datos de bloque para contar las gotas para usar el sistema 84 como un contador de gotas. El procesador 90 también puede usar cambios de anchura en el bloque de charco a medida que una gota perturba el agua para determinar si se formó una burbuja cuando la gota golpea el charco. Por ejemplo, el procesador 90 puede determinar que los bloques que forman debajo el bloque del charco provienen de burbujas que se formaron cuando la gota golpea el agua. La burbuja puede filtrarse por el procesador 90 cuando se determina si un valor predeterminado de rangos de bloques totales indica que existe una condición de flujo libre.

En algunos ejemplos que no representan la invención, la profundidad de campo del sistema 84 puede tener una profundidad de campo estrecha para hacer que el sistema 84 sea menos sensible a la condensación y las gotitas en las paredes de la cámara. En algunos ejemplos que no representan la invención, se puede usar un sistema de enfoque cercano.

A continuación, con referencia a la figura 19, en otro ejemplo que no representa la invención, se usa una plantilla 189 para determinar si existe una condición de flujo libre. La plantilla 189 se usa por el procesador 90 de la figura 8 para determinar un marcador de coincidencia de patrón 190 cuando se realiza un algoritmo de coincidencia de plantilla en una imagen, por ejemplo, la imagen 94 de la figura 13. Por ejemplo, la plantilla 189 puede compararse con la imagen 94 para determinar si una porción o toda la imagen 94 coincide estrechamente con la plantilla 189. Como se ha mencionado anteriormente, la imagen 94 de la figura 13 es una diferencia entre una imagen de fondo y una imagen capturada por el sensor de imagen 63 de la figura 8 que tiene cada píxel convertido en un píxel negro si el valor de diferencia para ese píxel está por debajo de un valor umbral o un píxel blanco si el valor de diferencia para ese píxel está por encima de un valor umbral. Todos los píxeles de la imagen 94 serán un píxel blanco o un píxel negro. Si el marcador de coincidencia de patrón 190 está por encima de un umbral predeterminado, se determina que existe una condición de flujo libre. El método de coincidencia de plantillas puede utilizar un algoritmo de coincidencia de plantillas como se encuentra en la biblioteca de visión por computador de código abierto ("OpenCV"). Por ejemplo, la plantilla 189 puede usarse con la llamada de función *matchTemplate()* de la biblioteca OpenCV usando el método *CV\_TM\_CCORR* o el método de *CV\_TM\_CCORR\_NORMED*. El método *CV\_TM\_CCORR* usa el algoritmo de coincidencia de patrones ilustrado en la ecuación (14) como sigue:

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y')) \quad (14),$$

donde:

$$T'(x', y') = T(x', y') - 1/(w \cdot h) \cdot \sum_{x'', y''} T(x'', y'')$$

$$I'(x + x', y + y') = I(x + x', y + y') - 1/(w \cdot h) \cdot \sum_{x'', y''} I(x + x'', y + y'').$$

La I indica la imagen, la T indica la plantilla y la R indica los resultados. La suma se realiza sobre la plantilla y/o el parche de imagen, de modo que:  $x' = 0 \dots w-1$  e  $y' = 0 \dots h-1$ .

Los resultados R pueden usarse para determinar cuánto coincide la plantilla T en una ubicación particular dentro de la imagen I según se determina por el algoritmo. El método de coincidencia de plantilla de OpenCV de CV\_TM\_CCOEFF\_NORMED usa el algoritmo de coincidencia de patrón ilustrado en la ecuación (15) como sigue:

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T'(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I'(x + x', y + y')^2}} \quad (16).$$

En otro ejemplo que no representa la invención, el algoritmo de coincidencia de plantilla usa una transformada rápida de Fourier ("FFT"). En algunos ejemplos que no representan la invención, puede usarse cualquiera de los métodos de la función *matchTemplate()* de OpenCV, por ejemplo, CV\_TM\_SQDIFF, CV\_TM\_SQDIFF\_NORMED, CV\_TM\_CCORR y/o CV\_TM\_CCORR\_NORMED.

El CV\_TM\_SQDIFF usa el algoritmo de coincidencia de patrones ilustrado en la ecuación (17) como sigue:

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2 \quad (17).$$

CV\_TM\_SQDIFF\_NORMED usa el algoritmo de coincidencia de patrones ilustrado en la ecuación (18) como sigue:

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}} \quad (18).$$

CV\_TM\_CCORR usa el algoritmo de coincidencia de patrones ilustrado en la ecuación (19) como sigue:

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x + x', y + y')) \quad (19).$$

CV\_TM\_CCORR\_NORMED usa el algoritmo de coincidencia de patrones ilustrado en la ecuación (20) como sigue:

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}} \quad (20).$$

En otro ejemplo más que no representa la invención, una plantilla de una imagen en escala de grises de una condición de flujo libre se compara con una imagen tomada por el sensor de imagen 63 de la figura 8 para determinar si existe una condición de flujo libre. En algunos ejemplos que no representan la invención, se puede utilizar la función de coincidencia de plantilla dentro de la biblioteca OpenCV.

Con referencia ahora a las figuras 20 y 21; en otro ejemplo adicional que no representa la invención, el algoritmo para determinar cuándo existe una condición de flujo libre, por ejemplo, como se ejecuta por el procesador 90 de la figura 8, puede utilizar un algoritmo para determinar si un patrón de plantilla coincide con una matriz de píxeles utilizando detección de bordes seguida de detección de líneas. Como se muestra en la figura 20, se forma una imagen 98 a

partir de una imagen 99 de la figura 21, usando borde detectado seguido de detección de línea. Las líneas resultantes pueden utilizarse por el procesador 90 para determinar que existe una condición de flujo libre. Como se muestra en la figura 20, la característica que aparece después de este procesamiento por el procesador 90 son líneas que tienen una pendiente diferente a la pendiente de 45° esperada de la imagen de referencia de fondo. Las líneas que tienen el ángulo de la imagen de fondo pueden filtrarse de la figura 20, en algunos ejemplos que no representan la invención. Las líneas pueden detectarse como bordes usando un algoritmo Canny como se encuentra en la biblioteca OpenCV. El algoritmo de Hough que también se encuentra en la biblioteca OpenCV puede usarse para determinar la pendiente de las líneas.

Un tipo de transferencia de Hough usa un algoritmo descrito en Progressive Probabilistic Hough Transform por J. Matas, C. Galambos y J. Kittler en 1998 ("Algoritmo 1"). Sin embargo, se puede utilizar la siguiente transformada de "Hough alternativa" y se muestra en forma de pseudocódigo en la Tabla 1 ("Algoritmo 2"). El algoritmo 2 selecciona dos píxeles al azar y calcula la transformada de Hough de la línea que pasa a través de estos dos puntos. El algoritmo 2 se muestra en la Tabla 1 como sigue:

| <b>Tabla 1</b>                                    |                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pseudocódigo de transformada de Hough alternativa |                                                                                                                                                                                                 |
| 1.                                                | Si la imagen está vacía, entonces salir.                                                                                                                                                        |
| 2.                                                | Seleccionar aleatoriamente dos píxeles y actualizar el acumulador                                                                                                                               |
| a.                                                | Operaciones requeridas                                                                                                                                                                          |
| i.                                                | Dos números aleatorios                                                                                                                                                                          |
| ii.                                               | Una tangente inversa                                                                                                                                                                            |
| 3.                                                | Comprobar si la nueva ubicación es más alta que el umbral /. Si no, ir a 1                                                                                                                      |
| a.                                                | Operaciones                                                                                                                                                                                     |
| i.                                                | Una operación lógica                                                                                                                                                                            |
| 4.                                                | Mirar a lo largo de un corredor especificado por el pico en el acumulador, y encontrar el segmento más largo de píxeles, ya sea continuo o que muestre un espacio que no exceda un umbral dado. |
| 5.                                                | Eliminar los píxeles en el segmento de la imagen de entrada.                                                                                                                                    |
| 6.                                                | Anular la selección desde el acumulador todos los píxeles de la línea que han votado previamente.                                                                                               |
| 7.                                                | Si el segmento de línea es más largo que la longitud mínima, agréguelo a la lista de salida                                                                                                     |
| 8.                                                | Ir a 1.                                                                                                                                                                                         |

Si la línea comprende una proporción,  $p$ , de los puntos totales, entonces la probabilidad de que veamos un resultado en el intervalo representativo  $(r, \theta)$  es  $p$  para el algoritmo 1 y  $p^2$  para el algoritmo 2. En términos generales, en algunos ejemplos que no representan la invención, una prueba de proporción tiene al menos 5 resultados positivos y 5 resultados negativos. Suponiendo que es más probable ver resultados negativos que resultados positivos, en algunos ejemplos que no representan la invención, los algoritmos 1 y 2 continúan buscando líneas hasta que haya al menos 5 resultados positivos en un intervalo particular.

- 10 La probabilidad de ver un quinto resultado positivo en el algoritmo 1 después de  $N \geq 5$  pruebas se muestra en la ecuación (21) como sigue:

$$p_1(5 \text{ sobre } N) = p(4 \text{ en } N-1) \cdot p = \frac{(N-1)!}{4!(N-5)!} p^5 (1-p)^{N-5} \quad (21),$$

- 15 y la probabilidad en el algoritmo 2 se muestra en la ecuación (22) como sigue:

$$p_2(5 \text{ sobre } N) = p(4 \text{ en } N-1) \cdot p^2 = \frac{(N-1)!}{4!(N-5)!} p^{10} (1-p^2)^{N-5} \quad (22).$$

- 20 Tabla 2, que se muestra a continuación, muestra el número de intentos para tener un 50 % de posibilidades de ver 5 éxitos,  $p_{1,50}$  y  $p_{2,50}$ , así como el número de intentos para tener un 90 % de posibilidades de ver 5 éxitos,  $p_{1,90}$  y  $p_{2,90}$ .

| <b>TABLA 2</b>        |                              |                              |                              |                              |                            |                            |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b><math>p</math></b> | <b><math>p_{1,50}</math></b> | <b><math>p_{1,90}</math></b> | <b><math>p_{2,50}</math></b> | <b><math>p_{2,90}</math></b> | <b><math>r_{50}</math></b> | <b><math>r_{90}</math></b> |
| <b>0,5</b>            | 9                            | 14                           | 20                           | 31                           | 2,22                       | 2,21                       |
| <b>0,25</b>           | 19                           | 30                           | 76                           | 127                          | 4                          | 4,23                       |
| <b>0,125</b>          | 39                           | 62                           | 299                          | 511                          | 7,67                       | 8,24                       |
| <b>0,0625</b>         | 76                           | 127                          | 1197                         | 2046                         | 15,75                      | 16,11                      |

La Tabla 2 muestra que el aumento en el número de intentos entre el algoritmo 1 y el algoritmo 2 para ver 5 resultados positivos es aproximadamente

$$\frac{1}{p}$$

. Debería haber 1 resultado positivo en

$$\frac{1}{p}$$

ensayos cuando la proporción es  $p$ .

- 5 La operación computacionalmente costosa del algoritmo 2 es, en algunos ejemplos que no representan la invención, la función arco tangente, que pueden ser aproximadamente 40 operaciones de CPU de coma flotante. Hay aproximadamente  $2N$  operaciones de coma flotante en la etapa equivalente del algoritmo 1. La transformada de Hough de una imagen de  $640 \times 480$  píxeles con resolución completa tiene  $N$  igual a 2520, mientras que la transformada de Hough de una imagen de  $1080 \times 1920$  píxeles tiene  $N$  igual a 7020. Esto implica que el algoritmo 2 tiene una ventaja de velocidad sobre el algoritmo 1 cuando  $p$  es mayor que 0,008 para una imagen de  $640 \times 480$  y cuando  $p$  es mayor que 0,003 para una imagen de  $1080 \times 1920$ .

15 En algunos ejemplos que no representan la invención, se supone que cada intervalo en el espacio de transformada de Hough tiene la misma probabilidad de estar ocupado en presencia de ruido. Esta simplificación acelera la decisión de umbralización; sin embargo, en algunos ejemplos que no representan la invención, esta suposición no es cierta. El efecto primario de la simplificación es subestimar la probabilidad que se ve en valores mayores que uno en la transformada de Hough con una probabilidad correspondiente de declarar falsamente que existe una línea. Para una combinación particular de tamaño de imagen y disposición de intervalos de transformada de Hough, las probabilidades verdaderas pueden calcularse previamente. Esto permite minimizar la tasa de falsas alarmas sin un correspondiente aumento en el cálculo. Con restricciones adicionales sobre el tipo de imágenes, son posibles estimaciones aún más precisas de la probabilidad de ver un valor en un intervalo de la transformada de Hough.

25 Hay formas adicionales de la transformada de Hough que parametrizan diferentes características. Por ejemplo, hay una parametrización de círculos de tres elementos,  $(x, y, r)$ , donde  $x$  e  $y$  especifican el centro y  $r$  es el radio. El algoritmo 2 también puede funcionar usando estas parametrizaciones. Para el ejemplo del círculo, El algoritmo 2 seleccionaría tres píxeles al azar y calcularía el círculo que pasa a través de ellos.

30 El algoritmo 2 tendría una ventaja de velocidad similar para las características que comprenden una porción adecuadamente grande de los píxeles totales considerados. También tendría una ventaja significativa en el almacenamiento requerido, dado que la transformada de Hough podría almacenarse en una matriz dispersa, mientras que el análogo del algoritmo 1 requeriría una matriz de tamaño completo.

35 Haciendo referencia en este momento a las figuras 22-26, que ilustran diversos patrones de fondo que pueden usarse para detectar una condición de flujo libre o estimar el tamaño de una gota de líquido. El sensor de imagen 103 puede usarse con los patrones de fondo de las figuras 22-26 y puede ser el sensor de imagen 11 de la figura 1, el sensor de imagen 68 de la figura 5, el sensor de imagen 63 de la figura 6, o el sensor de imagen 63 de la figura 8, cada uno de los cuales puede estar acoplado a un procesador respectivo para procesar las imágenes del sensor de imagen, tal como el procesador 15 de la figura 1 o el procesador 90 de la figura 8.

40 La figura 22 es un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes 100 para su uso con la cámara cuentagotas 104 (por ejemplo, una cámara cuentagotas 4 de la figura 1) que tiene un patrón de fondo 101 con rayas y una fuente de luz 102 que brilla sobre las rayas desde una ubicación adyacente a un sensor de imagen 103 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Cualquier gota o corriente de flujo libre dentro de la cámara cuentagotas 104 distorsiona la imagen tomada por el sensor de imagen 103. Un procesador acoplado al sensor de imagen 103 (por ejemplo, el procesador 15 de la figura 1) puede usar las distorsiones del patrón de fondo 101 capturadas por el sensor de imagen 103 para estimar un caudal y/o detectar condiciones de flujo libre.

45 La figura 23 es un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes 105 para su uso con la cámara cuentagotas 104 que tiene un patrón de fondo 101 con franjas y una fuente de luz 102 que brilla sobre las franjas desde detrás del patrón de fondo 101 en relación con un extremo opuesto a un sensor de imagen 103 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La figura 24 muestra una imagen del sensor de imagen 103 de la figura 23 cuando una gota distorsiona el patrón de fondo 101 de la figura 23 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Se observa que, como se muestra en la Figura 24, las franjas del patrón de fondo 101 están distorsionadas por la gota (o serán distorsionadas por una corriente de flujo libre) en la cámara cuentagotas 104 a medida que se capturan en imágenes por el sensor de imagen 103. Esta distorsión puede usarse para estimar el tamaño de gota, para calcular el caudal a través de una cámara cuentagotas, o para determinar si existe una condición de flujo libre dentro de la cámara cuentagotas.

50 La figura 25 muestra un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes 106 para su uso con un caudalímetro que tiene un patrón de fondo 107 con un patrón de tablero de ajedrez y una fuente de luz 102 que brilla sobre las franjas desde detrás del patrón de fondo 107 en relación con un extremo opuesto a una imagen el sensor 103 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La figura 26 muestra una imagen del sensor de imagen 103 de la figura 25 cuando una gota distorsiona el patrón de fondo 107 de las figuras 25-26 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. En otro ejemplo más que no representa la invención, un patrón de fondo que tiene una pluralidad de puntos y/o círculos aleatorios puede ser utilizado por un sistema de formación de imágenes divulgado

en el presente documento.

Haciendo referencia a las figuras 22-26, el "efecto de lente" de una gota (es decir, la distorsión del patrón de fondo desde la vista de un sensor de imagen) puede usarse para medir el radio de la gota. El radio de la gota corresponde a cuánto y qué efecto tiene la gota sobre cualquier luz que pase a través de ella. Al medir el cambio en la cuadrícula de calibración (es decir, el patrón de fondo) como se ve a través de la gota, el radio y, por lo tanto, el volumen de la gota se puede calcular. Por ejemplo, la ampliación de una cuadrícula de prueba de tamaño conocido como se ve a través de la gota podría medirse ópticamente y el radio inferirse de esta medición. En algunos ejemplos que no representan la invención, la relación entre el radio y la gota puede calcularse y/o puede determinarse usando una tabla de búsqueda que se ha generado empíricamente.

Las figuras 27-28 muestran un diagrama de flujo que ilustra un método para estimar un volumen de una gota dentro de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Es decir, las figuras 27-28 ilustran un método 214. El método 214 también se describirá con referencia a las figuras 29-37. Las figuras 29-31 y 33-36 ilustran imágenes usadas o generadas por un caudalímetro para estimar un volumen de una gota dentro de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Las figuras 32 y 37 ilustran el pseudocódigo que puede usarse por el método 214 de las figuras 27-28.

El método 214 de las figuras 27 y 28 puede implementarse mediante el caudalímetro 7 de la figura 1, el caudalímetro 67 de la figura 5, el sistema de formación de imágenes 78 de la figura 6, el sistema de formación de imágenes 84 de la figura 8, u otro caudalímetro de un sistema de formación de imágenes divulgado en el presente documento (cada uno con o sin un patrón de fondo y/o con o sin iluminación activa).

El método 214 incluye los actos 200-213. El acto 200 determina una línea de base de una gota que se forma en una abertura de una cámara cuentagotas. El acto 201 captura una primera imagen. La primera imagen puede capturarse usando una retroiluminación uniforme. En algunos ejemplos que no representan la invención, la primera imagen puede capturarse usando un patrón de fondo y/o un algoritmo de exposición como se describe en el presente documento. Los actos 200 y 201 pueden realizarse simultáneamente. La figura 29 muestra una imagen con la línea de base 215 superpuesta. La línea de base 215 puede ser un grupo predeterminado de píxeles o puede generarse usando marcas de referencia dispuestos en la abertura de la cámara cuentagotas y/o en un patrón de fondo (no mostrado en la figura 29). La primera imagen se usa por el método 214 para inicializar una imagen de fondo,  $\mu_{ij}$ , una matriz de varianzas,  $s_{ij}$ , y una matriz de números enteros,

$l_{ij}$ . La imagen de fondo puede tener  $i$  por  $j$  píxeles, mientras que la matriz de varianzas y la matriz de números enteros pueden ser matrices 2-D que también tienen un tamaño de  $i$  por  $j$ .

El acto 202 identifica la gota dentro de la primera imagen y una banda predeterminada cerca de un borde de la gota (por ejemplo, la banda puede ser un número predeterminado de píxeles más allá del borde de la gota). El acto 203 inicializa una imagen de fondo estableciendo cada píxel al mismo valor que la primera imagen (para esa ubicación respectiva) a menos que esté dentro de la gota identificada o una banda predeterminada cerca del borde de la gota. El acto 204 establece píxeles dentro de la región de la gota o dentro de la banda predeterminada a un valor predeterminado. La figura 30 muestra una imagen de fondo de ejemplo creada después de la inicialización. En el ejemplo de imagen de la figura 30, el área de la gota y de una banda más allá del borde de la gota, designado generalmente como 216, se establece a un valor predeterminado, por ejemplo, 140.

Por ejemplo, cuando el método crea la primera imagen de fondo, cada píxel en la imagen de fondo que es parte de la gota o una banda fuera de un borde de la gota se establece en un valor umbral predeterminado, por ejemplo 140 de un rango de intensidad de 0-255.

El acto 205 inicializa los números enteros de la matriz de números enteros a ceros. El acto 206 inicializa los valores dentro de la matriz de varianzas a ceros. La matriz de números enteros tiene el mismo tamaño que la imagen. La matriz de números enteros cuenta con qué frecuencia se ha actualizado cada píxel de la imagen de fondo con nueva información y se inicializa a todos ceros. La matriz de varianzas (por ejemplo, una matriz del tipo de datos "doble") también tiene el mismo tamaño que la imagen de fondo y contiene una estimación de la varianza de la intensidad de cada píxel dentro de la imagen de fondo.

El acto 207 captura otra imagen, y el acto 208 identifica la gota en la otra imagen y otra banda predeterminada cerca de un borde de la gota. El acto 209 actualiza la imagen de fondo, la matriz de números enteros y la matriz de varianzas.

A medida que se capturan imágenes adicionales, la imagen de fondo puede actualizarse. Por ejemplo, cuando el sistema recopila una imagen, el algoritmo de fondo evalúa cada píxel. Si un píxel se considera parte de la gota o su banda de guarda, entonces su valor en la imagen de fondo no se altera.

Si un píxel no se considera parte de la gota o su banda de guarda: (1) si el número entero correspondiente del píxel en la matriz de números enteros es cero, el valor del píxel en la imagen de fondo se establece igual al valor del píxel en la imagen de entrada; o (2) si el recuento de píxeles es mayor que 0, a continuación, el valor de la imagen de fondo

para ese píxel se actualiza usando un filtro paso bajo. En algunos ejemplos que no representan la invención, puede usarse cualquier estilo de filtro, tal como un filtro de paso alto, un filtro de paso de banda, etc. Un filtro paso bajo que puede usarse se ilustra en la ecuación (23) como sigue:

$$P_{fondo,i,j} = P_{fondo,i,j}(1 - \alpha_{fondo}) + \alpha_{fondo} P_{entrada,i,j} \quad (23).$$

Asimismo, la matriz de varianza puede actualizarse usando las ecuaciones (24) de la siguiente manera:

$$\sigma_{temp}^2 = (P_{fondo,i,j} - P_{entrada,i,j})^2$$

$$\sigma_{fondo,i,j}^2 = \sigma_{fondo,i,j}^2(1 - \beta_{fondo}) + \beta_{fondo} \sigma_{temp}^2 \quad (24).$$

Cabe destacar que el filtro usado para ambas operaciones es un filtro exponencial; sin embargo, en ejemplos adicionales que no representan la invención, pueden usarse otros filtros adecuados, tales como otros filtros de paso bajo. La estimación de la varianza se puede realizar de cualquier manera conocida o usando un sustituto para la estimación, por ejemplo, usando la desviación estándar.

Las nuevas estimaciones de la intensidad de fondo de cada píxel (valor medio), el número de imágenes usadas para actualizar la media y la varianza de cada píxel, y la varianza de cada píxel (por ejemplo, una aproximación a la varianza real y/o un valor que es proporcional a la varianza) se usan para actualizar las matrices. Es decir, cada imagen adicional capturada puede usarse para actualizar la imagen de fondo, la matriz de números enteros y la matriz de varianzas. Después de que se hayan procesado varias imágenes, la imagen de fondo puede aparecer como la figura 31. Cabe destacar que esta imagen todavía tiene una región (el área gris uniformemente media, designada generalmente como 217) donde los píxeles nunca han cambiado desde el valor umbral inicial. Esta región se ha considerado parte de la gota o su banda de guarda en cada imagen.

El acto 210 compara la otra imagen (por ejemplo, imagen actual o más reciente) con la imagen de fondo e identifica una pluralidad de píxeles de interés. El acto 211 determina un subconjunto de píxeles dentro de la pluralidad de píxeles de interés que corresponde a una gota.

La comparación del acto 210 compara la otra imagen píxel a píxel con la imagen de fondo. De esta comparación surge una matriz del mismo tamaño que la imagen donde cada píxel tiene un valor de cero o no cero (255).

El acto 210 puede implementarse mediante el pseudo código mostrado en la figura 32. Es decir, la determinación de este valor umbral se realiza de acuerdo con lo siguiente: si el píxel de entrada está a la izquierda o derecha de la línea de base en la imagen, entonces su valor de salida se establece a cero (Línea 1); si la matriz de recuento de fondo del píxel de entrada indica que se han usado menos de un número predeterminado de imágenes (por ejemplo, 100) para hacer el valor de fondo de este píxel (Línea 2), entonces: si la intensidad del píxel de entrada es menor que la intensidad umbral (por ejemplo, 140 en un rango de 0-255), a continuación, establecer el valor de salida del píxel a distinto de cero (255) (Línea 2a); o si la intensidad del píxel de entrada es mayor o igual que la intensidad umbral, a continuación, establecer el valor de salida del píxel a cero (Línea 2b); y si la matriz de recuento de fondo del píxel de entrada es mayor que el número predeterminado de imágenes (Línea 3), entonces: si el cuadrado de la diferencia entre la intensidad de píxel de entrada y la intensidad de píxel de fondo es mayor que la estimación del píxel de la varianza de fondo multiplicada por una constante  $\gamma^2$ , a continuación, establecer el valor de salida del píxel a distinto de cero (255) (Línea 3a) (es decir, si la diferencia entre el valor de píxel actual y la imagen de fondo es mayor que  $\gamma$ , entonces el píxel es distinto); o si el cuadrado de la diferencia entre la intensidad de píxel de entrada y la intensidad de píxel de fondo es menor que o igual a la estimación del píxel de la varianza de fondo multiplicada por una constante  $\gamma^2$ , a continuación, establecer el valor de salida del píxel en cero (Línea 3b). La línea 3 captura porciones de la imagen que se alteran por la presencia de una gota, pero que se hacen con una intensidad más alta.

Cuando el acto 210 se implementa como un algoritmo, el algoritmo se inicializa, y la entrada y salida de este algoritmo de umbralización se parecerá a las imágenes de las figuras 33 y 34, respectivamente. Debido a que el número de imágenes utilizadas en la estimación de la imagen de fondo es inicialmente pequeño, el único criterio aplicado se muestra como las líneas (1) y (2) anteriores porque no se han usado suficientes imágenes para que la matriz de números enteros tenga un valor más allá del umbral para ciertos píxeles respectivos. Esto puede dar como resultado que muchas regiones de baja intensidad se identifiquen como distintas, incluyendo bordes mal iluminados y condensación en las paredes de la cámara.

Después de que se hayan recopilado suficientes imágenes de modo que la mayoría (o todos) de los píxeles de la imagen de fondo se hayan generado con un número suficiente de píxeles, se utilizan las líneas (3), (3a) y (3b) de la figura 32. Después de la umbralización, el fondo es en gran parte negro con un píxel ruidoso ocasional que supera el umbral de varianza, como se muestra en las figuras 35 y 36 (que muestran una imagen capturada por la cámara y los resultados del algoritmo de comparación descrito anteriormente, respectivamente).

Como se ha mencionado anteriormente, después del acto 210, el acto 211 determina cuál de un subconjunto de

píxeles dentro de la pluralidad de píxeles de interés corresponde a una gota. El acto 211 puede implementarse mediante el pseudocódigo mostrado en la figura 37. Es decir, la imagen umbral se pasa a un algoritmo que encuentra el componente conectado que representa la gota como se ilustra por el pseudocódigo de la figura 37.

5 La imagen binaria después de procesar el pseudocódigo de la Figura 32 se evalúa para encontrar el componente binario que ocupa el espacio dado por la gota. Al algoritmo se le pasa la ubicación de un píxel en la línea de base que es blanco (o se le pasa el píxel central del tramo más largo de píxeles blancos contiguos en la línea).

10 Una vez que el algoritmo tiene un píxel blanco inicial, realiza el algoritmo ilustrado por el pseudocódigo mostrado en la figura 37. El pseudocódigo determina ubicaciones que incluyen píxeles blancos que tienen una trayectoria a la línea de base (es decir, una trayectoria de píxel blanca). La línea 1 empuja la ubicación del primer píxel a una pila. La línea 2 realiza un bucle *while* mientras la pila no está vacía. El bucle *while* incluye las líneas (2a)-(2d). La línea 2a retira la siguiente ubicación  $(i,j)$  de la pila. La línea 2b hace que el valor de píxel de salida en  $(i,j)$  sea blanco. La línea 2c examina los ocho píxeles adyacentes a  $(i,j)$ . La línea (2ci) es un "enunciado si", y si el píxel de entrada adyacente  $(l,\phi)$  es blanco, pero el píxel de salida  $(l,\phi)$  es negro, la línea 2c agrega la ubicación  $(l,\phi)$  a la pila. La línea 2d vuelve a la línea 2 para continuar el bucle *while* (si la pila permanece vacía).

20 Este algoritmo establecerá en blanco todas las ubicaciones de píxel de salida que pueden conectarse a la ubicación del píxel de entrada mediante una trayectoria continua de píxeles de entrada blancos. El límite izquierdo de la gota se encuentra recorriendo cada fila de píxeles desde el borde izquierdo hasta que el algoritmo alcanza un píxel blanco. El límite derecho se encuentra recorriendo desde el borde derecho de la imagen hasta que alcanza un píxel blanco. La primera fila en la que es posible recorrer desde el borde izquierdo al borde derecho sin alcanzar un píxel blanco es donde se considera que finaliza la gota.

25 El pseudocódigo mostrado en la Figura 37 es una versión de paso único de un algoritmo de etiquetado de componente conectado. Sin embargo, se pueden usar otros algoritmos de etiquetado de componente conectado u otros algoritmos adecuados para determinar qué píxeles corresponden a la gota.

30 El acto 212 de la figura 28 realiza una operación de rotación en el subconjunto de píxeles. El acto 213 estima un volumen de la gota dentro de la cámara cuentagotas al contar el número de píxeles dentro del subconjunto rotado de píxeles. Se cuenta el número total de píxeles dentro de la versión 3-D de la gota; y debido a que cada píxel corresponde a una distancia, el número de píxeles puede usarse para estimar el volumen de la gota.

### Óptica del sistema de imágenes

35 Las figuras 38-42 facilitan la siguiente descripción de la óptica de un sistema de formación de imágenes divulgado en el presente documento. Por ejemplo, un sensor de imagen divulgado en el presente documento puede ser un cubo de sensor de imagen fabricado por OmniVision de 4275 Burton Drive, Santa Clara, California 95054; y, por ejemplo, el cubo de sensor de imagen puede ser uno fabricado para aplicaciones de sensor de imagen de teléfono. En algunos ejemplos que no representan la invención, un sensor de imagen divulgado en el presente documento puede usar un foco fijo y tener una profundidad de campo ("DOF") de 15 centímetros al infinito.

40 El sensor de imagen puede tener el círculo de desenfoque de un punto representado en el rango del sensor de imagen completamente contenido dentro del área de un único píxel. La longitud focal de la lente del sensor de imagen puede ser de 1,15 milímetros, el F# puede ser 3,0, y la apertura de la lente del sensor de imagen puede ser 0,3833 milímetros. Se puede realizar una aproximación de primer orden del sistema óptico de uno o más de los sensores de imagen usando ecuaciones matriciales, donde cada rayo,  $r$ , se representa como el vector descrito en la ecuación (25) de la siguiente manera:

$$r = \begin{Bmatrix} h \\ \theta \end{Bmatrix} \quad (25).$$

50 En la ecuación (25) anterior,  $h$  es la altura del rayo en la entrada al sensor de imagen, y  $\theta$  es el ángulo del rayo. Con referencia a la figura 38, cuando se obtienen imágenes de un punto hipotético a una distancia  $d_{im}$  desde la lente de uno de los sensores de imagen (que tiene una longitud focal  $f$ ) y la lente está a una distancia  $d_{lp}$  desde el plano focal, la matriz correspondiente,  $M_{leva}$ , que describe el sensor de imagen se describe mediante la ecuación (26) como sigue:

$$M_{leva} = \begin{bmatrix} 1 & d_{fp} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & d_{im} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (26).$$

Para encontrar el lugar en el plano focal, fp, donde incide el rayo, se puede usar una multiplicación de matrices como se describe en la ecuación (27) como sigue:

$$\begin{Bmatrix} h_{fp} \\ \theta_{fp} \end{Bmatrix} = M_{leva} \cdot \begin{Bmatrix} h_{im} \\ \theta_{im} \end{Bmatrix} \quad (27).$$

Como se ilustra en la Figura 38, el diámetro del círculo de desenfoque,  $D_{desenfoque}$ , se muestra como aproximadamente la distancia entre los dos puntos ilustrados en la figura 38. Esta distancia se encuentra trazando rayos desde el punto,  $d_{im}$ , lejos de la lente en el eje óptico a los bordes de la lente y luego al plano focal. Estos rayos vienen dados por los vectores mostrados en (28) como sigue:

$$\begin{Bmatrix} 0 \\ \pm \tan^{-1} \frac{D_{lente}}{2 * d_{im}} \end{Bmatrix} \quad (28).$$

Como se muestra en la figura 39, el círculo de desenfoque,  $D_{desenfoque}$ , se calcula y se muestra para una variedad de separaciones de lente a plano focal y separaciones de lente a imagen. También se muestra un mapa de contorno 77 en la figura 39. El eje x muestra la distancia en micras entre el plano focal y un punto ubicado a una longitud focal alejada de la lente de un sensor de imagen. El eje y muestra la distancia en metros entre la lente y el punto del que se está formando la imagen. Los valores que crean el mapa de contorno 77 son el tamaño de desenfoque dividido por el tamaño de píxel; por lo tanto, cualquier cosa alrededor de 1 o menos es suficiente para la formación de imágenes. Como se muestra en la figura 39, el plano focal está ubicado a una distancia focal y a 5 micrómetros adicionales de la lente.

El sensor de imagen puede utilizar una segunda lente. Por ejemplo, un sensor de imagen puede utilizar una segunda lente para crear una profundidad de campo relativamente mayor y un campo de visión relativamente mayor. La profundidad de campo que utiliza dos lentes se puede calcular usando el mismo análisis que el anterior, pero con la matriz óptica modificada para adaptarse a la segunda lente y las distancias adicionales, que se muestra en la ecuación (29) como sigue:

$$M_{sis} = \begin{bmatrix} 1 & d_{fp} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f_{lewa}} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & d_{lente} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f_{lente}} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & d_{im} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (29).$$

Las figuras 40 y 41 ilustran los cambios de campo con la separación entre la lente y el sensor de imagen y el correspondiente cambio en el enfoque del sensor de imagen. Las figuras 40 y 41 muestran el círculo de desenfoque dividido por el tamaño de píxel. La figura 40 muestra el círculo de desenfoque dividido por el tamaño de píxel cuando se usa una lente de longitud focal de 20 milímetros. La figura 41 muestra el círculo de desenfoque dividido por el tamaño de píxel cuando se usa una lente de longitud focal de 40 milímetros. Los campos de visión correspondientes alrededor del eje óptico para las esquinas de las dos configuraciones de las figuras 40 y 41 se muestran en la tabla de la figura 42.

Como se muestra en la figura 42, en algunos ejemplos que no representan la invención, el sensor de imagen puede utilizar una lente de longitud focal de 40 mm a 60 mm; esta configuración puede incluir colocar un sensor de imagen a aproximadamente 2 pulgadas del foco. En otros ejemplos que no representan la invención, se pueden usar otras configuraciones, incluidas las que no se muestran en la figura 42.

Por ejemplo, el siguiente análisis muestra cómo se puede establecer la profundidad de campo para un sensor de imagen usando una lente de longitud focal,  $f$ , una distancia,  $z$ , desde el plano focal, y una distancia,  $d$ , desde un punto en el espacio; una matriz del sistema se muestra en la ecuación (30) como sigue:

$$M = \begin{bmatrix} 1 & z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (30).$$

La ecuación (30) se reduce a la ecuación (31) como sigue:

$$M = \begin{bmatrix} 1 & z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & d \\ -\frac{1}{f} & 1 - \frac{d}{f} \end{bmatrix} \quad (31).$$

La ecuación (31) se reduce a la ecuación (32) como sigue:

$$M = \begin{bmatrix} 1 - \frac{z}{f} & d + z - \frac{dz}{f} \\ -\frac{1}{f} & 1 - \frac{d}{f} \end{bmatrix} \quad (32).$$

Teniendo en cuenta los puntos en el eje, todas las alturas serán cero. El punto en el plano focal donde incidirán diferentes rayos viene dado por la ecuación (33) como sigue:

$$\left( d + z - \frac{dz}{f} \right) \theta \quad (33).$$

Como se muestra anteriormente en (33),  $\theta$  es el ángulo del rayo. El punto en foco perfecto viene dado por la ecuación del fabricante de lentes dada en la ecuación (34) como sigue:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{z} + \frac{1}{d}$$

(34).

La ecuación (34) puede reorganizarse para derivar la ecuación (35) como sigue:

$$d = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{z}} = \frac{fz}{z - f} \quad (35).$$

insertar d desde la ecuación (35) en la ecuación (33) para mostrar que el punto de impacto da como resultado la ecuación (36) como sigue:

$$\left[ \frac{fz}{z - f} + z - \frac{\frac{fz}{z - f} z}{f} \right] \theta = \frac{f^2 z + fz^2 - f^2 z - fz^2}{f(z - f)} \theta = 0 \quad (36).$$

Todos los rayos que salen de este punto impactan en el plano focal en el eje óptico. Como se muestra en la ecuación 37, la situación cuando el sensor de imagen se desplaza una distancia  $\delta$  del foco se describe como sigue:

$$\begin{aligned}
& \left[ \frac{fz}{z-f} + \delta + z - \frac{\left[ \frac{fz}{z-f} + \delta \right] z}{f} \right] \theta = \frac{f^2 z + fz\delta - f^2 \delta + fz^2 - f^2 z - fz^2 - \delta^2 + f\delta z}{f(z-f)} \theta \\
& = \frac{fz - f^2 - z^2 + fz}{f(z-f)} \delta \theta = -\frac{(z-f)^2}{f(z-f)} \delta \theta \\
& = \frac{f-z}{f} \delta \theta \quad (37).
\end{aligned}$$

La ecuación (37) muestra que al colocar correctamente la lente del sensor de imagen con respecto al plano focal, podemos cambiar la profundidad de campo. Adicionalmente, el tamaño del punto depende de la magnitud del ángulo  $\theta$ . Este ángulo depende linealmente de la apertura del sistema de visión creado por el sensor de imagen.

Adicionalmente o como alternativa, de acuerdo con algunos ejemplos que no representan la invención, se puede implementar un sensor de imagen ajustando varios parámetros, incluyendo: la distancia al foco, ya que afecta a la compacidad, alineación y sensibilidad del sistema de visión al entorno; el campo de visión del sistema; y la separación lente-plano focal, ya que afecta las tolerancias en la alineación del sistema y la sensibilidad del sistema al entorno.

#### **El caudalímetro con o sin válvulas conectadas al mismo**

Haciendo referencia a los dibujos, las figuras 43 y 44 muestran un caudalímetro 58 acoplado a una cámara cuentagotas 59. Como se describe abajo, el caudalímetro 58 puede incluir opcionalmente un componente detector de flujo libre 12 (véase la figura 1) de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Adicionalmente, como alternativa, u opcionalmente, el caudalímetro 58 puede incluir un componente estimador de caudal 13 (véase la figura 1) de acuerdo con algunos ejemplos que no representan la invención. La figura 43 muestra el caudalímetro 58 con una puerta cerrada 62, y la figura 44 muestra el caudalímetro 58 con una puerta abierta 62. El caudalímetro 58 puede ser el caudalímetro 7 de la figura 1 con una válvula 6 o sin válvula. El caudalímetro 58 incluye un botón de inicio 60 y un botón de parada 61. Adicional u opcionalmente, el caudalímetro 58 puede incluir una válvula de respaldo para evitar que el fluido fluya a través del mismo o puede indicar a otra válvula que detenga el flujo del fluido en respuesta a condiciones de error.

El caudalímetro 58 incluye opcionalmente sensores de imagen 63 y 64 que pueden estimar el flujo de fluido y/o detectar condiciones de flujo libre. Aunque el caudalímetro 58 incluye dos sensores de imagen (por ejemplo, 63 y 64), solo uno de los sensores de imagen 63 y 64 puede usarse en algunos ejemplos que no representan la invención. Los sensores de imagen 63 y 64 pueden formar una imagen de una gota mientras se forma dentro de la cámara cuentagotas 59 y estimar su tamaño. El tamaño de la gota puede usarse para estimar el flujo de fluido a través de la cámara cuentagotas 59. Por ejemplo, en algunos ejemplos que no representan la invención, los sensores de imagen 63 y 64 usan un algoritmo de detección de bordes para estimar el contorno del tamaño de una gota formada dentro de la cámara cuentagotas 59; un procesador en el mismo (véase el procesador 15 de la figura 1, el procesador 75 de la figura 5, o el procesador 90 de las figuras 6 u 8) puede suponer que el contorno es uniforme desde todos los ángulos de la gota y puede estimar el tamaño de la gota a partir del contorno. En el ejemplo que no representa la invención mostrada en las figuras 43 y 44, los dos sensores de imagen 63 y 64 pueden promediar juntos los dos contornos para estimar el tamaño de la gota. Por ejemplo, el algoritmo puede promediar los contornos medidos de los dos sensores de imagen 63 y 64 para determinar el tamaño de la gota. Los sensores de imagen 63 y 64 pueden usar un patrón de fondo de referencia para facilitar el reconocimiento del tamaño de la gota como se describe en el presente documento.

En otro ejemplo que no representa la invención, los sensores de imagen 63 y 64 forman una imagen del fluido para determinar si existe una condición de flujo libre. Los sensores de imagen 63 y 64 pueden usar un patrón de fondo para determinar si el fluido fluye libremente (es decir, no se forman gotas y el fluido fluye a través de la cámara cuentagotas 59). Como se ha mencionado anteriormente, aunque el caudalímetro 58 incluye dos sensores de imagen (por ejemplo, 63 y 64), solo uno de los sensores de imagen 63 y 64 puede usarse en algunos ejemplos que no representan la invención para determinar si existe una condición de flujo libre y/o para estimar el flujo de fluido a través de la cámara cuentagotas.

Adicionalmente o como alternativa, en algunos ejemplos que no representan la invención, otro sensor de imagen 65 monitoriza el tubo de fluido 66 para detectar la presencia de una o más burbujas dentro del tubo de fluido. En ejemplos alternativos que no representan la invención, se pueden usar otros detectores de burbujas en lugar del sensor de imagen 65. En otros ejemplos adicionales que no representan la invención, no se utiliza detección de burbujas en el caudalímetro 58.

Haciendo referencia ahora a los dibujos, la figura 45 muestra un caudalímetro 218 acoplado a una cámara cuentagotas 219 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La cámara cuentagotas 219 está sujeta al caudalímetro 218 a través de acopladores 410. Una retroiluminación 220 hace brillar la luz a través de la cámara cuentagotas hacia el sensor de imagen 221 (mostrado en forma delineada).

El caudalímetro 218 puede transmitir electrónicamente un caudal a un cliente de monitorización 8 (véase la figura 1). Adicionalmente o como alternativa, en algunos ejemplos opcionales que no representan la invención, el caudalímetro 218 puede incluir una pantalla que muestra un caudal (por ejemplo, una pantalla táctil, una pantalla led y similares). El caudalímetro 218 puede acoplarse a un poste 223 a través de abrazaderas 222.

En algunos ejemplos que no representan la invención, el caudalímetro 218 puede acoplarse a un actuador que está acoplado a una válvula (no mostrada en la figura 45) para formar un sistema de bucle cerrado (por ejemplo, el componente de control 14 de la figura 1, tal como un PID, todo-nada, red neuronal o sistema de control de lógica difusa) para regular el flujo de fluido a través de la cámara cuentagotas 219.

El caudalímetro 218 puede usar cualquier algoritmo de flujo descrito en el presente documento y puede incluir cualquier sistema de formación de imágenes descrito en el presente documento. Adicionalmente o como alternativa, el caudalímetro 218 puede incluir un componente detector de flujo libre (por ejemplo, el componente detector de flujo libre 12 de la figura 1).

La figura 46 muestra un caudalímetro 224 y una válvula de pellizco 225 acoplada al cuerpo 226 del caudalímetro 224 para controlar el flujo de fluido a un paciente de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El caudalímetro 224 incluye un sensor de imagen 227 y una retroiluminación 228.

El sensor de imagen 227 forma imágenes de una cámara cuentagotas 229 y puede recibir iluminación desde la retroiluminación 228. El caudalímetro 224 incluye un elemento de soporte 230 acoplado a un acoplador 231 que acopla la cámara cuentagotas 229 al caudalímetro 224.

El caudalímetro 224 puede implementar cualquier estimador de caudal descrito en el presente documento (por ejemplo, el componente estimador de caudal 13 de la figura 1) y/o un detector de flujo libre divulgado en el presente documento (por ejemplo, el componente detector de flujo libre 12 de la figura 1). El caudalímetro 224 puede usar la válvula de pellizco 225 en forma de bucle cerrado para controlar el flujo de fluido a un paciente (por ejemplo, usando un componente de control 14 como se muestra en la figura 1).

La válvula de pellizco 225, como se ve más fácilmente en la figura 47, está acoplado a un árbol 233 que está acoplado a un actuador 234. El actuador 234 puede ser un solenoide o cualquier actuador que pueda mover la válvula de pellizco 225 hacia un tubo 335.

La figura 48 muestra un caudalímetro 336 y una válvula de pellizco 225 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El caudalímetro incluye dos sensores de imagen 337 y 338. El caudalímetro 336 puede usar la válvula de pellizco 225 en una configuración de retroalimentación de bucle cerrado. El caudalímetro 336 puede implementar un algoritmo de estimación de volumen descrito en el presente documento usando ambos sensores de imagen 337 y 338 para estimar el flujo de fluido a través de la cámara cuentagotas 229. Por ejemplo, el caudalímetro 336 puede promediar los dos volúmenes juntos para su uso en el bucle de realimentación.

La figura 49 muestra un caudalímetro 339 y una válvula 340 acoplada a un actuador 341 para controlar el flujo de fluido en un paciente de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El caudalímetro 339 de la figura 49 es similar al caudalímetro 224 de la figura 46; sin embargo, el caudalímetro 339 de la figura 49 incluye una válvula 340 que tiene elementos de soporte alargados 342 y 343, curvos (véanse las figuras 50A-50B).

El caudalímetro 339 incluye un sensor de imagen 227 y una retroiluminación 228. El sensor de imagen 227 forma imágenes de una cámara cuentagotas 229 y puede recibir iluminación desde la retroiluminación 228. El caudalímetro 339 incluye un elemento de soporte 230 acoplado a un acoplador 231 que acopla la cámara cuentagotas 229 al caudalímetro 339.

El caudalímetro 339 puede implementar cualquier estimador de caudal descrito en el presente documento (por ejemplo, el componente estimador de caudal 13 de la figura 1) y/o un detector de flujo libre divulgado en el presente documento (por ejemplo, el componente detector de flujo libre 12 de la figura 1). El caudalímetro 339 puede usar la válvula 340 en forma de bucle cerrado para controlar el flujo de fluido en un paciente (por ejemplo, usando el componente de control 14 de la figura 1).

El caudalímetro 339 puede accionar el actuador 341 para accionar la válvula 340, que de este modo regula el fluido que fluye a través del tubo intravenoso 335 en una configuración de retroalimentación (es decir, bucle cerrado) usando cualquier algoritmo de control.

Haciendo referencia en este momento a las figuras 50A-50B, que muestran vistas en primer plano de la válvula 340 de la figura 49 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La válvula 340 incluye un elemento de soporte alargado 343 interior curvo y un elemento de soporte alargado 342 exterior curvo. El tubo 335 se coloca entre los elementos de soporte 342 y 343.

El elemento de soporte interior 343 incluye una tuerca cilíndrica 344. El elemento de soporte exterior 342 está acoplado a la tuerca cilíndrica 344 a través de ganchos 345. En algunos ejemplos que no representan la invención, la tuerca cilíndrica 344 no está acoplada a la válvula 340 y el elemento de soporte interior 342 incluye un orificio para que la varilla roscada o tornillo 347 se deslice a través. El elemento de soporte exterior 342 también tiene ganchos 348 para fijarlo a un bastidor 349 del actuador 341. El actuador 341 incluye un árbol 346 acoplado a un tornillo 347. A medida que el actuador 341 rota el árbol 346, el tornillo 347 puede rotar para empujar la tuerca cilíndrica 334 hacia el actuador 341. Es decir, los ganchos 345 y la tuerca cilíndrica 334 se mueven hacia los ganchos 348 y el bastidor 349 porque los elementos de soporte interior y exterior 342 y 343 son flexibles.

A medida que los elementos de soporte 342 y 343 se comprimen, el tubo 335 se comprime porque está colocado entre los elementos de soporte 342 y 343. La compresión del tubo 335 restringe el flujo de fluido a través del tubo 335. La válvula 340 comprime una longitud del tubo 335 que es sustancialmente mayor que el diámetro del tubo 335.

Las figuras 51A-51D muestran varias vistas de un caudalímetro 350 con un cliente de monitorización 358, una válvula 352, una cámara cuentagotas (357), una bolsa de infusión intravenosa 411 y un tubo de fluido 412 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El caudalímetro 350 incluye una porción de recepción 351 para recibir la válvula 352. La válvula 352 incluye dos elementos de soporte alargados 353 y 354 curvos.

El caudalímetro 350 incluye un sensor de imagen 355 y una retroiluminación 356 que puede monitorizar las gotas formadas dentro de la cámara cuentagotas 357. El caudalímetro 350 puede usar el sensor de imagen 355 para implementar un algoritmo estimador de caudal descrito en el presente documento (por ejemplo, el componente estimador de caudal 13 de la figura 1) y/o implementar un detector de flujo libre divulgado en el presente documento (por ejemplo, el componente detector de flujo libre 12 de la figura 1).

El caudalímetro 350 incluye una base 359 que puede formar un base de acoplamiento para recibir el cliente de monitorización 358. El cliente de monitorización 358 puede ser un teléfono inteligente u otro dispositivo informático electrónico (por ejemplo, un dispositivo basado en Android, un Iphone, una tableta, una PDA, y similares).

El cliente de monitorización 358 puede contener software en el mismo para implementar un detector de flujo libre, un estimador de caudal, un componente de control, un componente de exposición, etc. (por ejemplo, el componente detector de flujo libre 12, el componente estimador de caudal 13, el componente de control 14, el componente de exposición 29 de la figura 1) y puede contener uno o más transceptores (por ejemplo, el transceptor 9). Adicionalmente o como alternativa, la base 359 del caudalímetro 350 puede implementar estos elementos.

Por ejemplo, el caudalímetro 350 puede implementar un detector de flujo libre, un estimador de caudal, un componente de control, un componente de exposición, etc. usando software interno, hardware, electrónica y similares. El caudalímetro 350 puede implementar un sistema de retroalimentación de bucle cerrado para regular el fluido que fluye hacia un paciente variando el fluido que fluye a través de la válvula 352.

Como se ve fácilmente en la figura 51B, la válvula 352 incluye un elemento de soporte interior 354 y un elemento de soporte exterior 353. El elemento de soporte interior 354 está acoplado a una tuerca cilíndrica 360 y a un cilindro 361. En algunos ejemplos que no representan la invención, la tuerca cilíndrica 360 no está acoplada al elemento de soporte interior 354, y el elemento de soporte interior 354 incluye un orificio para que el árbol roscado 362 se deslice a través.

Un árbol roscado 362 (por ejemplo, un tornillo) da vueltas libremente dentro de un cojinete ubicado dentro del cilindro 361 y se encaja en una tuerca roscada dentro de la tuerca cilíndrica 360 para empujar o tirar de la tuerca de cilindro 360 con respecto al cilindro 361 mediante la rotación del mando giratorio 363 (por ejemplo, el actuador es un tornillo de avance que tiene un mando giratorio para accionar el tornillo de avance). El mando giratorio 363 se puede rotar manualmente.

Adicionalmente o como alternativa, la válvula 352 puede encajarse en la porción de recepción 351 que incluye un elemento rotatorio 364 que se encaja en el mando giratorio 363 dentro de la porción de recepción 351 (véase la figura 51C). El elemento rotatorio 364 se encaja en el mando giratorio 363 para accionar la válvula 352. El elemento rotatorio 364 puede acoplarse a un motor eléctrico que hace rotar el elemento rotatorio 364. El motor eléctrico (no mostrado explícitamente) puede controlarse por el caudalímetro 350 en una configuración de bucle cerrado para lograr un caudal objetivo de fluido que fluye hacia un paciente.

Las figuras 52A-52D muestran varias vistas de otro caudalímetro 365 con una válvula 352, una cámara cuentagotas 357 y un lecho de tubo de fluido 413 que tiene una porción de recepción 351 para recibir una válvula 352 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El caudalímetro 365 de las figuras 52A-52D es similar al caudalímetro 350 de las figuras 51A-51D; sin embargo, la base 359 mantiene el cliente de monitorización 358 en una posición

"vertical". Adicionalmente, la porción de recepción 351 está en un lado opuesto de la base 359 del cliente de monitorización 358 (véanse las figuras 52B y 52C).

La figura 52D muestra una vista en primer plano de la válvula 352 que se encaja en la porción de recepción 351. El mando giratorio 363 se encaja en un elemento rotatorio que es interno a la base 359 (no mostrado en la figura 52D) que está acoplado a un motor (tampoco mostrado en la figura 52D).

La figura 53A muestra otra vista de la válvula 352 de las figuras 51A-51D y 52A-52D, y las figuras 53B-53C muestran dos vistas en despiece ordenado de la válvula de la figura 53A de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención.

Como se muestra en las figuras 53A-53C, la válvula 352 incluye un elemento de soporte interior 354 y elemento de soporte exterior 353. Se puede insertar un tubo a través de los orificios 366 y 367 para colocar el tubo entre los elementos de soporte 354 y 353.

El mando giratorio 363 puede girarse para girar el tornillo 362. La rotación del tornillo 362 hace que la tuerca cilíndrica 360 se mueva hacia el cilindro parcial 363 para comprimir un tubo colocado entre los elementos de soporte 353 y 354. El cilindro parcial 363 incluye dos lados, sin embargo, hay un espacio para sujetar el extremo 600 (por ejemplo, la tapa) del tornillo 362 de forma segura dentro del espacio (por ejemplo, un espacio complementario). La figura 54 muestra la válvula 352 en uso manual y acoplada a un tubo 368.

La figura 55 muestra una válvula 369 que incluye dos elementos flexibles 370 y 371 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Los elementos flexibles 370 y 371 pueden ser dos láminas flexibles. El elemento flexible 371 puede incluir orificios 373 y 374 para colocar un tubo 372 entre los elementos flexibles 370 y 371.

Los elementos flexibles 370 y 371 están acoplados entre sí a través de dos elementos conectores 377 y 378. Los elementos de conexión 377 y 378 están acoplados a los elementos de acoplamiento 376 y 375, respectivamente.

El accionamiento de la válvula 369 puede ser mediante un actuador lineal que tira de los elementos de acoplamiento 375, 376 entre sí o alejándolos el uno del otro. El actuador lineal (no mostrado explícitamente) puede ser un actuador de tipo tornillo, un actuador de pistón u otro actuador. En algunos ejemplos que no representan la invención, uno de los elementos de acoplamiento 375 y 376 puede acoplarse a un soporte estacionario mientras que el actuador está acoplado al otro de los elementos de acoplamiento 375 y 376 y a otro soporte estacionario para juntar o separar los elementos de acoplamiento 375 y 376.

Las figuras 56A-56C muestran varias vistas de una válvula 380 que tiene dos elementos de soporte alargados 381 y 382, curvos con uno de los elementos de soporte alargados 381 que tiene una pluralidad de salientes 387 adaptados para encajarse en un tubo colocado entre los elementos de soporte 381 y 382, de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención.

La válvula 380 tiene ambos elementos de soporte 381 y 382 acoplados a un elemento de acoplamiento 383 en un primer extremo y un segundo elemento de acoplamiento 384 en otro extremo. Es decir, el elemento de acoplamiento 384 rodea un tornillo 385, y el elemento de acoplamiento 383 incluye roscas internas para tirar del elemento de acoplamiento 383 hacia o lejos de un mando giratorio 386 cuando el tornillo 385 se hace rotar con la rotación del mando giratorio 386. La figura 56B muestra la válvula 380 cuando se acciona para cerrar el fluido que fluye a través de un tubo acoplado entre los elementos de soporte 381 y 382. La figura 56C muestra el elemento de soporte 381 que tiene dos orificios 388 y 389 para recibir un tubo. Obsérvese también que los elementos de soporte 381 y 382 sostienen un tubo descentrado de un eje del tornillo 385, que se ve fácilmente en la figura 56C. Sostener el tubo descentrado del eje 385 del tornillo facilita el movimiento libre del tubo.

Las figuras 57A-57C muestran varias vistas de una válvula 390 que tiene un trinquete 394 que se encaja en un elemento de conexión 393 de la válvula 390 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención, y las figuras 57D-57E muestran dos vistas en despiece ordenado de la válvula 390 de las figuras 57A-57C. El trinquete 394 se encaja en el elemento de conexión 393 interactuando con una cremallera 397 dispuesta sobre el mismo. Un dedo 602 (véanse las figuras 57D y 57E) interactúa con una cremallera 397 para proporcionar el acto de trinquete. Es decir, el dedo 602 puede sujetar la cremallera 397 contra un dedo de encaje en un lado opuesto al dedo de retención 602. La válvula 390 incluye un elemento de soporte 391 que tiene un extremo acoplado al trinquete 394 y otro extremo acoplado de manera pivotante a una bisagra 395. La válvula 390 también incluye un elemento de soporte 392 que tiene ganchos 398 que pueden acoplarse al cuerpo del trinquete 394.

Como se muestra en la figura 57C, se puede colocar un tubo 396 entre los elementos de soporte 391 y 392, los ganchos 398 pueden sujetarse entonces al cuerpo del trinquete 394, y el elemento de conexión 393 puede insertarse en el trinquete 394 (como se muestra en la figura 57B). Como se muestra en la figura 57C, el tubo 396 se coloca contra el elemento de soporte 391 a través de las aberturas 399 y 400.

El trinquete 394 se acopla a la cremallera 397 de tal manera que el trinquete 394 se puede mover manualmente hacia

la bisagra 395 para ajustes de flujo de fluido de curso. Después de eso, se puede acoplar un mando giratorio (no mostrado) al trinquete 394 para hacer ajustes finos a la distancia entre el trinquete 394 y la bisagra 395. Adicionalmente o como alternativa, el trinquete 394 puede incluir un botón de liberación (no mostrado) para liberar el trinquete del elemento de conexión 393.

Las figuras 58A-58D muestran varias vistas de una válvula 401 que tiene dos elementos de soporte alargados 403 y 404, un elemento de conexión 405 y un actuador de tipo tornillo 407 de acuerdo con otro ejemplo que no representa la invención.

Los elementos de soporte 403 y 404 pueden moldearse permanentemente juntos en sus extremos con los extremos del elemento de conexión 405. Un tubo 402 puede colocarse entre los elementos de soporte 403 y 404.

A medida que se gira el mando giratorio 408, el actuador de tipo tornillo 407 se expande o contrae debido al acoplamiento con una varilla roscada 406. La figura 58A muestra la válvula en una posición abierta mientras que la figura 58B muestra la válvula en una posición cerrada. Obsérvese que el tubo 402 se aprieta a lo largo de una longitud sustancial del tubo 402. Las figuras 58C-58D muestran la válvula 401 en la posición abierta y la posición cerrada, respectivamente, desde una vista en perspectiva.

Las figuras 59A-59C muestran varias vistas de un cuerpo 501 de una válvula 500 (véase la figura 59H para la válvula ensamblada 500) de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La válvula 501 incluye un primer elemento de soporte alargado 502 curvo y un segundo elemento de soporte alargado 503 curvo. El primer elemento de soporte 502 incluye orificios elevados 504, 505 para sujetar un tubo entre los elementos de soporte 502 y 503.

El cuerpo 501 también incluye un primer conector 506 que está acoplado a los elementos de soporte 503, 504 en un extremo, y un segundo conector 507 que está acoplado a los otros extremos de los elementos de soporte 503, 504.

El primer conector 506 está acoplado a un extremo de los elementos de soporte 503, 504 y a un primer extremo 508 de un elemento de conexión 509. El segundo conector 507 incluye un orificio 510 para colocar el segundo extremo 511 del elemento de conector 509 a través del mismo (como se ve fácilmente en la figura 59B).

Cuando se coloca un tubo entre los elementos de soporte 502, 503, el movimiento del segundo conector 507 hacia el primer conector 506 comprime el tubo dispuesto entre los elementos de soporte 502, 503. A medida que el segundo conector 507 se mueve hacia el primer conector, el orificio 510 del segundo conector 507 permite que el segundo extremo 511 del elemento de conector 509 se deslice libremente en el mismo.

Las figuras 59D-59G muestran varias vistas de un mando giratorio 512 para su uso con el cuerpo 501 mostrado en las figuras 59A-59C de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El mando giratorio 512 incluye un trinquete 513 definido por cuatro dedos 514. Cada uno de los dedos 514 incluye una superficie roscada 515 para encajar en un elemento de conexión roscado 509. Los dedos 514 están arqueados hacia un orificio 516 en el centro del mando giratorio 512. El mando giratorio 512 también incluye dedos 517 que se encajan en el segundo conector 507 (véase la figura 59H). En algunos ejemplos que no representan la invención, el cuerpo 501 incluye un rebaje 510 para recibir los dedos 517 en el segundo conector 508.

La figura 59H muestra una válvula de conjunto 500 que incluye el cuerpo 501 mostrado en las figuras 59A-59C acoplado al mando giratorio 512 de las figuras 59D-59G de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El mando giratorio 512 se desliza sobre las roscas del elemento de conexión 509. Los dedos 514 se encajan en las roscas del elemento de conexión 509 y se ajustan sobre el elemento de conexión 509. Es decir, el mando giratorio 512 se puede mover libremente hacia el primer extremo 508 del elemento de conexión 509 a lo largo de las roscas del elemento de conexión 509, pero no puede alejarse del primer extremo 508 del elemento de conexión 509 sin rotar el mando giratorio 512. Es decir, el mando giratorio 512 puede colocarse sobre el elemento de conexión 509 para proporcionar un ajuste aproximado de la válvula 500 moviendo aproximadamente los conectores 507, 508 uno hacia el otro para cerrar la válvula 500. Debido a que las superficies roscadas 515 de los cuatro dedos 514 se encajan en las roscas del elemento de conexión 509, la rotación del mando giratorio 512 reduce o aumenta el flujo de fluido dentro de un tubo. Cada uno de los dedos 514 incluye una superficie roscada 515 para encajar en las roscas del elemento de conexión 509 de tal manera que la rotación del mando giratorio 512 mueve el segundo conector 507 hacia o lejos del primer conector 506 para controlar de ese modo el flujo de fluido de un tubo posicionado entre los elementos de soporte 502, 503.

La figura 60 muestra una válvula 520 que tiene una protuberancia de guía 521 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La válvula 520 es similar a la válvula 500 de la figura 59H, pero incluye la protuberancia de guía 521 y un mando giratorio 522 que tiene un primer y segundo collar 523, 524. El mando giratorio 522 también incluye roscas internas (no mostradas) para encajar en las roscas 525 de una biela 526. En algunos ejemplos que no representan la invención, las roscas internas pueden ser de trinquete, y en otros ejemplos que no representan la invención, las roscas internas pueden fijarse sin proporcionar una acción de trinquete.

La figura 61 muestra un motor 536 y una estructura de sujeción de válvula 537 para acoplarse a la válvula 520 de la

figura 60 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La estructura de sujeción de válvula 537 incluye dedos de sujeción 528, 529, 530, 531, cada uno de los cuales tiene una porción curva 533 para encajar a presión en los collares 523, 524 de un mando giratorio 522 (véase la figura 62) en las respectivas porciones de guía de collar 534.

Con referencia ahora a las figuras 60, 61 y 62, una vez que los collares 523, 524 están suficientemente sujetos, el mando giratorio 522 puede rotar libremente. Es decir, el collar 523 puede sujetarse entre los dedos de sujeción 528 y 530 dentro de su porción de guía de collar 534 respectiva, lo que permite que el mando giratorio 522 rote. De la misma forma, el collar 524 puede sujetarse entre los dedos de sujeción 529 y 531 dentro de su porción de guía de collar 534 respectiva, lo que permite que el mando giratorio 522 rote.

Cuando la válvula 520 está sujeta a la estructura de sujeción de válvula 537, la rotación de la rueda 1537 (provocada por el motor 536) hace rotar el mando giratorio 522 de la válvula 520. A medida que la válvula 520 se flexiona, la protuberancia 521 se mueve libremente dentro de la guía de protuberancia 535 o adyacente a la guía de protuberancia 535. La figura 62 muestra la válvula de la figura 60 sujeta al motor 536 a través de la estructura de sujeción de válvula 537.

La figura 63 muestra otro motor 538 y la estructura de sujeción de válvula 539 para acoplarse a la válvula de la figura 60 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La estructura de sujeción de válvula 539 incluye una guía de protuberancia 540 adyacente al motor 538. El motor 538 está acoplado a la rueda 541 para acoplarse al mando giratorio 522 (véase la figura 60).

La figura 64A muestra una válvula 542 que tiene un collar deslizante 545 y varios dedos de compresión 544 para regular el flujo de fluido a través de una línea de fluido 543 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La base 546 está conectada a todos los dedos 544. A medida que el collar deslizante 545 se mueve sobre los dedos de compresión 544, los dedos de compresión 544 comprimen el tubo 543 para impedir el flujo de fluido dentro del mismo.

Los dedos 544 están acoplados a una base 546 de manera que la base 546 y los dedos 544 rodeen el tubo 543. El collar 545 se puede deslizar lejos de la base 546 de tal manera que los dedos 544 comprimen el tubo 543, lo que reduce de este modo un volumen interno del tubo 543 a medida que se mueve el collar. La reducción del volumen interno del tubo 543 reduce el flujo de fluido a través del tubo. Un actuador (no mostrado) puede acoplarse al collar 545 para controlar la posición del collar 545 (por ejemplo, un actuador lineal puede estar acoplado al collar 545 y a la base 546). La figura 64B muestra una vista en sección transversal de la válvula 542 de la figura 64A. Cabe destacar que los dedos 544 pueden estar conformados lejos del tubo cerca de un extremo opuesto de la base

La figura 65 muestra una válvula 547 que tiene dos superficies curvas 549 y 550 para colocar un tubo de fluido 548 entre las mismas para regular el flujo de fluido a través del tubo de fluido 548 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. A medida que las superficies 549, 550 se comprimen entre sí, el tubo 548 se comprime entre ellas. Las dos superficies curvas 549 y 550 pueden comprimirse juntas usando un actuador. El tubo 548 puede envolverse varias veces alrededor de la superficie 549.

Las figuras 66A-66G muestran varias vistas de una válvula 551 que tiene un mando giratorio 552 para mover un elemento de conexión 553, que se bloquea en su posición después del movimiento del mando giratorio 552, de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención.

La válvula 551 incluye un elemento de soporte alargado 554 interior curvo y un elemento de soporte alargado 556 exterior curvo. Un mando giratorio 552 está acoplado de manera pivotante al elemento de soporte exterior 556 a través de un pasador 578. Un elemento de conexión 553 se encaja a los dientes 576 del mando giratorio 552.

El elemento de conexión 553 puede insertarse en un orificio de un extremo 555 del elemento de soporte 556 de tal manera que la rotación del mando giratorio 552 bloquea por fricción un dedo de encaje 700 (véase la figura 66G) en la cremallera 558 del elemento de conexión 553. El dedo de encaje 700 puede encajarse a los dientes 576 para bloquear el mando giratorio 552 evitando de ese modo la rotación del mando giratorio 552 a menos que un par suficiente supere la acción de bloqueo del dedo de encaje 700. Un dedo de retención 577 se coloca en el otro lado del orificio 571 para presionar el elemento de conexión 552 contra los dientes 576 del mando giratorio 552.

El elemento de soporte interior 554 puede pivotar fuera del elemento de soporte exterior 556 de tal manera que un tubo puede cargarse a través de las porciones elevadas 559 y 560 (véase la figura 66C). El elemento de soporte interior 554 pivota lejos del elemento de soporte exterior 556 a través de los enlazadores de hueso de perro 561, 562, 701 y 702 como se muestra en la figura 66C. Después de eso, el elemento de soporte interior 554 pivota de vuelta hacia el elemento de soporte 556 como se muestra en la figura 66D. El elemento de conexión 553 se inserta a continuación en un extremo 555 del elemento de soporte exterior 556 (se muestra un primer plano de la inserción en la figura 66E) que incluye el dedo de encaje 700 que se bloquea en los dientes 576 del mando giratorio 552 que inmoviliza temporalmente el elemento de conexión 553 (véase la figura 66G). El otro extremo 581 del elemento de conexión 553 está bloqueado en un orificio 582 de un extremo 557 del elemento de soporte 556. El elemento de

conexión 553 puede estar conectado de manera pivotante al extremo 557. El mando giratorio 552 incluye dientes 576 para mover el elemento de conexión 553 dentro o fuera del extremo 555. Sin embargo, cuando el mando giratorio 552 no se mueve, el dedo de encaje 700 bloquea el movimiento del mando giratorio 552 a menos que una cantidad predeterminada de par encaje el dedo 700 en el siguiente diente de los dientes 576 de la porción interior del mando giratorio 552.

Como se ha mencionado anteriormente, el elemento de soporte 554 puede oscilar lejos del elemento de soporte exterior 556 como se muestra en la figura 66C, lo que se facilita mediante los enlazadores de hueso de perro 561, 562, 701 y 702. El enlazador de hueso de perro 561 incluye un orificio de pivote 572 que se acopla a un pivote 563 y un orificio de pivote 573 que se acopla a un pivote 565. El enlazador de hueso de perro 562 incluye un orificio de pivote 575 que se acopla a un pivote 566 y un orificio de pivote 574 que se acopla a un pivote 566. El enlazador de hueso de perro 701 se acopla a los pivotes 567 y 570, y el enlazador de hueso de perro 702 se acopla a los pivotes 568 y 569 de modo que el extremo del elemento de soporte 556 también oscila alejándose del elemento de soporte interior 554.

La figura 67 muestra un gráfico 408 que ilustra el accionamiento frente a caudales para una válvula de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El gráfico 408 muestra el funcionamiento de una válvula que tiene elementos de soporte alargados, tales como, por ejemplo, la válvula 340 de las figuras 49 y 50A-50B, la válvula 352 de las figuras 51A-54, la válvula 369 de la figura 55, la válvula 380 de las figuras 56A-56C, la válvula 380 de las figuras 57A-57E, la válvula 401 de las figuras 58A-58D, la válvula 500 de la figura 59H, la válvula 520 de las figuras 60-60, la válvula 542 de las figuras 64A-64B, la válvula 547 de la figura 65 y/o la válvula 551 de las figuras 66A-66G. El eje x del gráfico 408 muestra el desplazamiento entre los extremos de los elementos de soporte de la válvula, y el eje y muestra el caudal (por ejemplo, causados por la gravedad y/o una fuente de presión). La respuesta de la válvula es una función no lineal, tal como una curva en S, una curva sigmoidea, una curva de Gompertz o una función logística generalizada. Estas funciones pueden ajustarse para coincidir con la válvula y/o la válvula puede ajustarse para coincidir con una de las curvas o funciones.

La figura 68A muestra un caudalímetro 703 que usa óptica binaria 705 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El caudalímetro 703 incluye una cámara 355 que captura una o más imágenes para estimar un caudal de fluido a través de una cámara cuentagotas 357 usando cualquier método suficiente, por ejemplo, los métodos divulgados en el presente documento. El caudalímetro 703 incluye un láser 704 que dirige un haz láser sobre un conjunto de óptica binaria 705. A partir de entonces, el conjunto de óptica binaria 705 redirige y reforma el haz láser a través de la cámara cuentagotas 357 y sobre el sensor de imagen 355 de tal manera que el sensor de imagen 355 ve un patrón, por ejemplo, la matriz de líneas 85 mostrada en la figura 8 que puede formar franjas como se muestra en el patrón de fondo 89 de la figura 10. El conjunto de óptica binaria 705 puede formar las franjas usando una pluralidad de óvalos.

El sensor de imagen 355 puede incluir un filtro para filtrar todas las frecuencias excepto la frecuencia del láser 704. Por ejemplo, el sensor de imagen 355 puede incluir un sensor filtro óptico, de paso de banda que tiene una frecuencia central igual a (o aproximadamente igual a) la frecuencia óptica (o frecuencia central de la frecuencia óptica) del láser 704.

El cliente de monitorización 358 puede acoplarse eléctricamente al láser 704 para modular el láser 704. Por ejemplo, el cliente de monitorización 358 puede encender el láser 704 solo cuando se están exponiendo píxeles predeterminados y puede apagar el láser 704 cuando se están exponiendo otros píxeles además de los píxeles predeterminados.

El caudalímetro 703 incluye opcionalmente un primer electrodo 800 y un segundo electrodo 801. El cliente de monitorización 358 puede estar acoplado eléctricamente al primer y segundo electrodos 800, 801 para medir una capacitancia definida entre ellos. En condiciones de flujo continuo, la capacitancia cambia porque la permitividad relativa es diferente para el aire y el agua. El cliente de monitorización 358 puede monitorizar los cambios que resultan de una condición de flujo continuo con la cámara cuentagotas 357 al monitorizar la capacitancia entre el primer y segundo electrodo 800, 801 y correlacionar los aumentos y/o disminuciones de la capacitancia más allá de un umbral como correspondiente a una condición de flujo continuo y/o una no condición de flujo continuo. Por ejemplo, si la capacitancia entre el primer y segundo electrodos 800, 801 es mayor que un umbral, un procesador dentro del cliente de monitorización 358 puede determinar que la cámara cuentagotas 357 está experimentando una condición de flujo continuo.

En un ejemplo alternativo que no representa la invención, el primer y segundo electrodo 800, 801 son antenas de bucle. El cliente de monitorización 358 usa un transceptor para monitorizar el acoplamiento magnético entre las antenas de bucle 800, 801. Por ejemplo, el transceptor puede transmitir un mensaje codificado desde una antena de bucle de las antenas 800, 801, a otra de las antenas de cuadro 800, 801 y luego determinar si el mensaje codificado se recibió con éxito. Si es así, entonces puede realizarse una medición de indicación de intensidad de señal recibida ("RSSI") desde el transceptor. Véase la figura 68B para un circuito ilustrativo. El RSSI puede usarse para monitorizar el acoplamiento magnético entre las antenas 800, 801. Si el acoplamiento magnético está por encima de un umbral, entonces el cliente de monitorización 358 puede determinar que existe una condición de flujo continuo dentro de la cámara cuentagotas 357. En algunos ejemplos que no representan la invención, puede determinarse que un cambio

de acoplamiento magnético o un cambio de acoplamiento capacitivo es una indicación de que se ha producido una condición de flujo continuo.

El caudalímetro 703 también puede incluir una válvula de seguridad 706. Las figuras 69A-69F muestran varias vistas de la válvula de seguridad 706 que puede usarse con un caudalímetro, tal como el caudalímetro 703 de la figura 68, de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención.

Las figuras 69A-69B muestran vistas en despiece ordenado de una válvula de seguridad 706. La válvula de seguridad también puede denominarse corte de seguridad en esta solicitud. La válvula de seguridad 706 incluye un solenoide 707, una estructura de interfaz 708, un alojamiento de tubo 709, un resorte 720, una placa frontal 712, un primer eje 713, un segundo eje 714, un primer brazo de oclusión 710 y un segundo brazo de oclusión 711. La placa frontal 712 incluye un orificio 715, y el alojamiento de tubo 709 también incluye un orificio 819. Los orificios 715, 819 permiten que el eje 713 se deslice dentro de los orificios 715, 819.

Haciendo referencia a la figura 69C, se puede colocar un tubo en la ubicación 820 dentro del alojamiento de tubo 709 que coloca el tubo en la ubicación 820 junto al primer y segundo brazo de oclusión 710, 711, que se ven fácilmente en la figura 69D. Un resorte 720 mantiene los brazos de oclusión primero y segundo 710, 711 retraídos cuando están en el estado retraído (como se muestra en la figura 69D), pero almacena energía de tal manera que una cantidad predeterminada de movimiento de los brazos de oclusión primero y segundo 710, 711 hacia el tubo 810 hace que el resorte 720 descargue su energía mecánica almacenada para hacer que los brazos de oclusión primero y segundo 710, 711 se extiendan y ocluyan el tubo en la ubicación 820.

El resorte puede estar conectado al primer y segundo eje 713, 714. El resorte 720 tira del primer y segundo eje 713, 714 uno hacia el otro. El primer y segundo brazos de oclusión 710, 711 están conectados de manera pivotante entre sí. Debido a que los brazos de oclusión primero y segundo 710 y 711 están juntos de manera pivotante en un punto de pivote que está descentrado de los ejes 713, 714, el resorte 720 que tira de los ejes 713, 714 uno hacia el otro permanecerá estable en los estados retraídos (como se muestra en la figura 69D) hasta que el solenoide 707 haga que los brazos 710, 711 se extiendan hacia fuera más allá de una cantidad predeterminada. Como se observa mejor en la figura 69E, un árbol 718 de un solenoide 707 puede accionarse a través de un orificio 719 para empujar los brazos 710, 711, lo que hace que el resorte 720 libere su energía y ocluya el tubo en la ubicación 820 (véase la figura 69F para el caso en el que el primer y el segundo brazo de oclusión 710, 711 estén en la posición de oclusión).

Haciendo referencia a la figura 69G, en algunos ejemplos que no representan la invención, un material sensible a la corriente 717 puede acoplarse al solenoide 707. El material sensible a la corriente 717 puede configurarse en el solenoide de tal manera que el solenoide pueda acoplarse al primer brazo de oclusión 710 y al segundo brazo de oclusión 711 cuando el material sensible a la corriente 717 cambia de forma debido a la exposición a un cambio en la corriente. Cuando el material sensible a la corriente 717 se expone a un cambio en la corriente, el material sensible a la corriente 717 aplicará fuerza al solenoide 707. Después de eso, el solenoide 707 puede aplicar fuerza al mecanismo de activación para liberar los brazos de oclusión.

En otro ejemplo que no representa la invención, como se muestra en la figura 69H, los brazos de oclusión primero y segundo pueden retenerse por fuerza magnética. En algunos ejemplos que no representan la invención, los imanes primero y segundo 722, 723 pueden orientarse con polos magnéticos opuestos alineados (por ejemplo, polos norte y sur). Los brazos 710, 711 pueden mantenerse en los estados retraídos usando esta fuerza magnética de atracción. Uno de los dos imanes puede hacerse rotar de tal manera que los imanes se reorienten de modo que el primer y segundo imanes estén orientados con polos magnéticos similares alineados (por ejemplo, polos norte y norte o polos sur y sur). La alineación de polos similares hace que los imanes se repelan entre sí. La fuerza de repulsión magnética puede usarse para hacer que los brazos 710, 711 se extiendan hacia fuera. En otros ejemplos que no representan la invención, un imán permanente 724 puede colocarse dentro de una bobina 725, como se muestra en la figura 69I. En estos ejemplos que no incorporan la invención, los brazos 710, 711 pueden retenerse en el estado retraído usando la fuerza magnética creada por el imán 724 y la bobina 725. La fuerza magnética puede superarse usando un solenoide o algún otro elemento, haciendo que los brazos 710, 711 se acoplen y se extiendan hacia fuera más allá de una cantidad predeterminada. La figura 70 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método 728 para estimar el crecimiento de gotas y/o el flujo dentro de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El método 728 incluye los actos 729-735. Las figuras 71A-71E muestran imágenes tomadas por un caudalímetro con una plantilla superpuesta en el mismo para ilustrar el método de la figura 70. Obsérvese que la plantilla 727 se utiliza para determinar una posición del borde de la gota en las dimensiones X e Y.

El acto 729 captura una imagen de una cámara cuentagotas. La imagen capturada puede ser la imagen 721 de la figura 71A. El acto 730 posiciona una plantilla dentro de la imagen capturada en una primera posición. Por ejemplo, como se muestra en la figura 71A, una plantilla 727 puede colocarse dentro de una posición predeterminada. El acto 731 promedia todos los píxeles dentro de la plantilla 727. El acto 732 mueve la plantilla a una segunda posición. Por ejemplo, la plantilla 727 en la figura 71A puede mover la plantilla en la dirección Y (por ejemplo, hacia abajo como se ve en la figura 71A).

En el acto 733, los píxeles dentro de la plantilla se usan para determinar un segundo promedio. En el acto 734, si una

diferencia entre el segundo promedio y el primer promedio es mayor que un valor umbral predeterminado, determinar que la plantilla está ubicada en un borde de una gota. Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 71A, la plantilla se puede bajar lentamente en la dirección Y, hasta que la plantilla 727 pase del borde de una gota a una porción de la imagen que no contiene la gota, en cuyo caso el valor promedio de los píxeles cambiará abruptamente de un promedio oscuro a un promedio más claro. Cuando se produce esta transición, se considera que la posición Y de la plantilla 727 está en el borde de la gota (por ejemplo, Y<sub>1</sub> de la figura 71A). En el acto 735, la segunda posición de la gota se correlaciona con un volumen de la gota. Por ejemplo, el valor Y<sub>1</sub> puede asociarse con un volumen de una gota en una tabla de búsqueda. En algunos ejemplos que no representan la invención, se necesitan múltiples movimientos de la plantilla 727 hasta que se detecte el borde de la gota. Por ejemplo, la plantilla 727 se puede mover en la dirección y un píxel a la vez (o varios píxeles a la vez) y se pueden necesitar varios movimientos de la plantilla 727 de modo que se detecte el borde de la gota. Al monitorizar el borde de la gota, el caudalímetro puede controlar el crecimiento de la gota para lograr un caudal objetivo (por ejemplo, la velocidad de la transición entre Y<sub>1</sub> de la figura 71A a Y<sub>2</sub> de la figura 71B puede controlarse mediante un bucle de control PID dentro de un caudalímetro). La figura 71B muestra una ubicación, Y<sub>2</sub>, que corresponde a un crecimiento en la gota en relación con la ubicación, Y<sub>1</sub>, de la figura 71A. Las figuras 72C-73E muestran cómo puede monitorizarse el crecimiento secuencial de una gota.

La figura 72 muestra un conjunto de retroiluminación modulable 740 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El conjunto 740 puede ser la retroiluminación 18 de la figura 1 o puede usarse como una retroiluminación para cualquier caudalímetro suficiente divulgado en el presente documento. El conjunto 740 incluye una primera placa de circuito 738, una segunda placa de circuito 739, un primer difusor de retroiluminación 736 y un segundo difusor de retroiluminación 737.

La primera placa de circuito 738 incluye fuentes de luz integradas 822 que se extienden a lo largo de la interfaz entre el primer difusor de retroiluminación 736 y la primera placa de circuito 738. Las fuentes de luz integradas 822 hacen brillar luz en el primer difusor de retroiluminación 736 que se dirige hacia fuera como se indica por 821. La luz 821 puede dirigirse hacia un sensor de imagen. El primer difusor de retroiluminación 736 solo difunde luz sin "patrón" formado cuando se ve por un sensor de imagen.

La segunda placa de circuito 739 incluye luces integradas 823 que se iluminan en el segundo difusor de retroiluminación 737. El segundo difusor de retroiluminación 737 crea un patrón de franjas que se muestra en la luz 821 cuando se ve por un sensor de imagen. Por lo tanto, un cliente de monitorización (por ejemplo, el cliente de monitorización 358 de la figura 51A) y/o un caudalímetro (por ejemplo, el caudalímetro 7 de la figura 1) puede seleccionar entre un patrón de fondo con franjas (activando las luces integradas 823) y un patrón de fondo sin franjas (activando las luces integradas 822).

Por ejemplo, con referencia ahora a las figuras 1 y 72, el caudalímetro 7 puede usar el conjunto de retroiluminación 740 en algunos ejemplos específicos que no incorporan la invención; El caudalímetro 7 puede usar un patrón de retroiluminación sin franjas (activando los ledes integrados 822 sin activar los ledes integrados 823) para monitorizar el crecimiento de gotas y puede cambiar a un patrón de fondo con franjas (activando los ledes integrados 823 sin activar los ledes integrados 822) para detectar condiciones de flujo continuo.

Las figuras 73A-73C muestran varias vistas de un aparato de restauración de tubos 741 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El aparato 741 incluye un engranaje de accionamiento 744 que está acoplado a un primer engranaje de restauración 742. El primer engranaje de restauración 742 está acoplado mecánicamente a un segundo engranaje de restauración 743. Se puede colocar un tubo entre los engranajes de restauración primero y segundo 742, 743. Las porciones de los engranajes de restauración primero y segundo 742, 743 definen un espacio 745 en el que se puede colocar un tubo. La rotación de los engranajes de restauración primero y segundo 742, 743 cierra la distancia entre el espacio 745 cuando el tubo se posiciona entre los engranajes de restauración primero y segundo 742, 743. La transición desde una posición de no restauración a una posición de restauración se muestra en la figura 73B a la figura 73C. Por ejemplo, se puede colocar un tubo de manera que un oclisor presione contra el tubo de abajo hacia arriba (como se muestra en la figura 73B). Si el tubo se deforma con el tiempo, un motor conectado al engranaje conductor 744 hace rotar los engranajes 743 y 744, para presionar contra las paredes del tubo (como se muestra en la figura 73C) para restaurar el tubo de manera que una sección transversal del tubo tenga una forma circular general al comprimirse sobre las porciones de pared del tubo que se expanden más allá de un eje central del tubo de manera que el tubo se distorsione en una forma ovalada, por ejemplo.

La figura 74 muestra un sistema para regular el flujo de fluido 746 usando una válvula 747 que tiene dos tiras flexibles 753 y 754 (véase la figura 75); Y la figura 75 muestra la válvula 746 de la figura 74 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Opcionalmente, se puede unir un motor a la válvula 746 para su control mediante un caudalímetro en un ejemplo que no representa la invención.

Como se muestra en la figura 75, la válvula 747 incluye dos tiras flexibles 753, 754 en las que puede disponerse un tubo entre las mismas, un árbol de guía 752, dos elementos guiabiles 749, 750, un tornillo 791 y un mando giratorio 748.

Cuando se gira el mando giratorio 748, el tornillo 791 rota. La rotación del tornillo 791 tira del elemento de guía distal

750 hacia el elemento de guía proximal 749 (porque el elemento de guía distal 750 incluye roscas internas y el tornillo 791 da vueltas libremente dentro del elemento de guía proximal 749). La guía 752 guía el movimiento del elemento de guía distal 750. La guía 752 está acoplada al elemento de guía proximal 749.

La figura 76A muestra una válvula 755 que utiliza una bolsa inflable a base de fluido 758 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La válvula 755 incluye dos conchas 756, 757, una bolsa inflable 758 y un pistón 759. El pistón 759 puede ser cualquier fuente de fluido. La bolsa inflable 758 puede colocarse dentro de una cavidad 764 y un tubo puede colocarse a través de la bolsa inflable 758 y posicionarse dentro de las vías de paso 760 y 761. Después de eso, la concha 757 puede colocarse sobre la cámara 758 de modo que la cavidad 765 se coloque sobre la bolsa inflable 758. Las dos conchas 756, 757 pueden soldarse ultrasónicamente entre sí, comprimirse temporalmente juntas y/o mantenerse suficientemente juntas. Después de eso, un actuador (por ejemplo, un actuador controlado por un caudalímetro divulgado en el presente documento) puede accionarse para mover el fluido dentro y fuera de la bolsa inflable 758 a través del pistón 759.

La figura 76B muestra una vista en sección transversal de la válvula ensamblada 755 de la figura 76A con dos rellenos elastoméricos 1002, 1004 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Los rellenos elastoméricos 1002, 1004 ayudan a mantener el tubo 1000 en su posición y ayudan a restaurar el tubo 1000 cuando se desinfla la bolsa inflable 758.

La figura 77 muestra un sistema 766 para regular el flujo de fluido usando una válvula 769 que tiene dos tiras flexibles 771, 772 (véase la figura 79) accionables por un actuador lineal 822 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La figura 78 muestra el actuador lineal 822 que acciona la válvula 769 para obstruir el flujo de fluido a través de un tubo 775. La válvula 769 está acoplada a dos acopladores 767 y 768. El acoplador proximal 768 se mueve con el actuador lineal 822 mientras que el acoplador distal 767 está fijo con respecto a un extremo inmóvil del actuador lineal 822.

La figura 79 muestra un primer plano de la válvula 769 de las figuras 77-78. La válvula 769 incluye dos tiras 771, 772 (que pueden ser tiras metálicas) en las que puede disponerse el tubo 775. Las dos tiras 771, 772 de la válvula 769 pueden acoplarse a una primera estructura de extremo 773 y una segunda estructura de extremo 774. La primera estructura de extremo 773 puede acoplarse al acoplador distal 767 y la segunda estructura de extremo 774 puede acoplarse al acoplador proximal 768 (véanse las figuras 77-78). Una cuerda 770 o membrana puede envolverse alrededor del tubo 775 de tal manera que, cuando las tiras 771, 772 se enderezan, la cuerda 770 presiona contra las paredes laterales del tubo 775 para ayudar a redondear el tubo 775. La membrana puede ser un material flexible, pero no estirable, (o material mínimamente estirable). La figura 80 muestra un primer plano de la válvula accionada en la figura 78. Obsérvense los orificios 776 y 778 a través de los que se enhebra la cuerda 770. La cuerda 770 (que puede ser metálica) se enrolla en espiral alrededor del tubo 775 de modo que cuando se abre la válvula 769, la cuerda 770 restaura el tubo 775.

La figura 81 muestra varias imágenes para su uso para ilustrar un método de estimación del crecimiento de gotas y/o flujo de fluido ilustrado en las figuras 82A-82B de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La figura 81 muestra las imágenes 771-777 a las que se hace referencia a continuación con respecto a las figuras 82A-82B.

Las figuras 82A-82B muestran un diagrama de flujo que ilustra un método 803 de estimación del crecimiento de gotas y/o flujo de fluido. El método 803 incluye los actos 804-818.

El acto 804 captura una primera imagen (por ejemplo, imagen 771 de la figura 81). La primera imagen puede ser una imagen en escala de grises de la cámara cuentagotas. La cámara cuentagotas puede iluminarse uniformemente con un patrón de rayas en el fondo de la cámara (es decir, no hay patrón posterior en la parte superior de la cámara cuentagotas).

El acto 805 crea una primera imagen con umbral usando la primera imagen. La primera imagen con umbral puede ser la imagen 774 de la figura 81. La primera imagen con umbral puede hacerse comparando cada píxel de la primera imagen con un valor umbral (por ejemplo, estableciendo un píxel respectivo de la imagen con umbral a 0 si el píxel respectivo de la primera imagen está por encima del umbral o establecer un píxel respectivo de la imagen con umbral a 1 si el píxel respectivo de la primera imagen está por debajo del umbral). Este acto es para resaltar áreas donde hay agua frente al fondo.

En algunos ejemplos específicos que no representan la invención, el nivel umbral se actualiza cada vez que se toma una nueva imagen para garantizar que se mantenga una relación predeterminada de 1 a 0 píxeles para resaltar la caída. La relación puede actualizarse para su uso por el acto 805 cuando se usa de nuevo o la actualización puede ajustar el umbral hasta que se haga una relación predeterminada de 1 a 0 píxeles y luego usar la primera imagen con umbral para el resto del método 803.

El acto 806 determina un conjunto de píxeles dentro de la primera imagen con umbral conectada a un conjunto predeterminado de píxeles dentro de la primera imagen con umbral. El conjunto predeterminado de píxeles puede determinarse mediante marcas de referencia marcadas en la cámara cuentagotas o una abertura en la que se forman

las gotas. El conjunto predeterminado de píxeles puede ser un conjunto predeterminado de x, y valores que corresponden a píxeles. El acto 806 puede usar un algoritmo de análisis de imagen de componente conectado.

El acto 807 filtra todos los píxeles restantes de la primera imagen con umbral que no están dentro del conjunto de píxeles. El filtro opera sobre una base de píxel a píxel dentro del dominio del tiempo para generar una primera imagen filtrada. La primera imagen filtrada es una estimación de una porción no activa (por ejemplo, un resultado de características que no son de interés en la imagen) de la primera imagen con umbral (imagen 774 de la figura 81). El filtro puede ser cualquier filtro, por ejemplo, cualquier filtro descrito en el presente documento.

El acto 808 elimina los píxeles que se determina que no son parte de una gota de la primera imagen con umbral usando la primera imagen filtrada para generar una segunda imagen (por ejemplo, imagen 775 de la figura 81). Un píxel dentro de la segunda imagen se establecerá en 1 si un píxel respectivo en la primera imagen con umbral es 1 y un píxel respectivo en la primera imagen filtrada es menor que 0,5; de lo contrario, el píxel se establecerá en 0.

El acto 809 determina un segundo conjunto de píxeles dentro de la segunda imagen conectada a un conjunto predeterminado de píxeles dentro de la segunda imagen para generar una tercera imagen (por ejemplo, la imagen 776 de la figura 81). La tercera imagen identifica el segundo conjunto de píxeles dentro de la segunda imagen. El acto 809 encuentra el conjunto de píxeles "encendidos" en la segunda imagen conectada al conjunto predeterminado de píxeles (por ejemplo, píxeles que representan la abertura en la que se forman las gotas).

El acto 810 determina una primera longitud de la gota contando el número de filas que contienen píxeles correspondientes al segundo conjunto de píxeles dentro de la tercera imagen. Es decir, se determina que la longitud de gota es igual a la última fila "encendida" en el conjunto de píxeles encontrado en el acto 809. La primera longitud corresponde a un primer tamaño de gota estimado.

El acto 811 actualiza una imagen de fondo usando la primera imagen. Puede usarse un filtro paso bajo para actualizar el valor de cada píxel en la imagen de fondo. Puede usarse un filtro de respuesta de impulso infinito para actualizar la imagen de fondo usando la primera imagen. Un píxel solo se actualiza en la imagen de fondo para filas por debajo de la primera longitud más una zona de seguridad predeterminada. Un píxel en la imagen de fondo se actualiza filtrando con un filtro paso bajo el valor del píxel correspondiente en la primera imagen.

El acto 812 crea una segunda imagen con umbral (por ejemplo, imagen 772 de la figura 81) comparando la primera imagen con la imagen de fondo. Es decir, la primera imagen tiene la imagen de fondo restada de la misma, y en una base píxel por píxel, el valor absoluto de cada píxel se establece en 1 si está por encima de un segundo valor umbral y se establece en 0 si está por debajo del segundo valor umbral para generar la segunda imagen con umbral.

El acto 813 suma las filas de la segunda imagen con umbral para crear una pluralidad de sumas de filas (véase la imagen 773 de la figura 81). Cada suma de filas corresponde a una fila de la segunda imagen con umbral.

El acto 814 comienza en una posición de fila de la segunda imagen con umbral que tiene una primera suma de la pluralidad de sumas que corresponde a la primera longitud. La posición de fila se incrementa en el acto 815. El acto 816 determina si la posición de fila actual corresponde a una suma de fila correspondiente que está por debajo de un umbral, por ejemplo, cero. Si no es así, a continuación, el acto 815 se realiza de nuevo hasta que la posición de fila actual corresponda a una suma de fila correspondiente que sea cero y, a continuación, el método 803 continúa al acto 817.

El acto 817 determina que una segunda longitud es igual a la posición de fila actual. Correspondiendo la segunda longitud a un segundo tamaño de gota estimado. El acto 818 promedia la primera y segunda longitudes para determinar una longitud promedio. La longitud promedio correspondiente a un tercer tamaño de gota estimado. Al usar la primera y segunda longitudes para determinar una longitud promedio, se mitigan los efectos de la condensación en las paredes internas de la cámara cuentagotas. Es decir, el propósito de crear dos estimaciones de longitud de gota es compensar por cómo cada longitud se ve afectada por la presencia de condensación. La primera longitud tiende a subestimar la longitud de gota si una gota de condensación interseca la gota creciente desde la espita. La segunda longitud tiende a sobreestimar la longitud de la gota si la gota de condensación interseca la gota creciente desde la espita. Su promedio proporciona una mejor estimación cuando hay condensación presente. En ausencia de condensación, las estimaciones son casi iguales. En otros ejemplos que no representan la invención, solo se usa la primera o la segunda longitud para estimar el tamaño de gota.

La figura 83 muestra un diagrama de flujo de un método 900 para reducir el ruido de la condensación de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El método 900 incluye los actos 902-910.

El acto 902 captura una imagen de una cámara cuentagotas. El acto 904 realiza una operación astuta, de detección de bordes en la imagen para generar una primera imagen procesada. El acto 906 realiza una operación Y en un píxel en un primer lado de un eje de la primera imagen procesada con un píxel de espejo correspondiente en el segundo lado del eje de la primera imagen procesada. Es decir, el acto 902 define un eje en la primera imagen de proceso y realiza un Y en cada píxel en un lado con un píxel del otro lado, de modo que el píxel del otro lado sea simétrico con

el píxel del primer lado. Por ejemplo, una imagen de 40 (eje X) por 40 (eje Y) puede tener un eje definido entre las columnas de píxeles 19 y 20. El píxel superior, izquierdo sería el píxel (1,1). Un píxel en la ubicación (1, 5) se conectaría mediante lógica Y con un píxel en (40,5). El píxel resultante se usaría para ambas ubicaciones (1, 5) y (40,5) para generar la segunda imagen procesada.

Después de realizar el acto 906, el acto 908 determina si se han procesado todos los píxeles. El acto 908 repite el acto 906 hasta que se hayan procesado todos los píxeles. El acto 910 proporciona una segunda imagen procesada que son los resultados de todas las operaciones Y.

La figura 84 muestra otra válvula 2000 para su uso con un caudalímetro de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La válvula 2000 está acoplada a una porción de una línea de fluido de entrada 2001 y a una porción de una línea de fluido de salida 2002. Una sección de tubo flexible 2003 está acoplada entre la porción de una línea de fluido de entrada 2001 y una porción de una línea de fluido de salida 2002 dentro de un cilindro rígido 2004. Una bomba de fluido 2005 está acoplada al cilindro rígido 2004 para bombear fluido dentro y fuera del cilindro rígido 2004. El cilindro rígido 2004 puede incluir un fluido dispuesto en el mismo, por ejemplo, un líquido.

Un actuador 2007 controla un émbolo 2008 de la bomba 2005 para usar el fluido dentro del cilindro rígido 2004 para comprimir la sección de tubo flexible 2003 para controlar el flujo de fluido entre la porción de una línea de fluido de entrada 2001 y una porción de una línea de fluido de salida 2002. El actuador 2007 puede controlarse por un procesador (por ejemplo, el procesador 15 de la figura 1). Al colapsar la sección de tubo flexible 2003, el flujo de fluido que fluye dentro de la sección de tubo flexible 2003 puede controlarse mediante el accionamiento del actuador 2007.

Las figuras 85A-85C muestra otra válvula **8500** para su uso con un caudalímetro de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Este ejemplo que no representa la invención usa un émbolo **8512** y un relleno sustancialmente incompresible **8621** (el relleno se dejó fuera de las figuras 85A-85C por claridad y se muestra en la figura 86) para deformar un tubo flexible en el que se controla el flujo. El tubo flexible puede ser un tubo intravenoso y puede disponerse a través de los orificios 8518 (véase la figura 85B) en la primera porción de concha 8504 y/o la segunda porción de concha 8502. El relleno sustancialmente incompresible **8621** (véase la figura 86) está contenido dentro de una carcasa rígida que comprende una primera porción de concha **8504** y una segunda porción de concha **8502**. La primera porción de concha **8504** y segunda porción de concha **8502** están conectados por una bisagra **8505** que permite que un usuario abra la carcasa para insertar y extraer un tubo flexible en el que la válvula 8500 controla el flujo de fluido a través del mismo. El émbolo **8512** se encaja en el relleno sustancialmente incompresible **8621** a través de un orificio **8511** en la primera porción de concha **8504**, deformando finalmente el tubo.

La primera porción de concha **8504** y segunda porción de concha **8502** se sujetan en una posición cerrada mediante un pestillo (8503, 8506) una vez que el tubo flexible se coloca en el alojamiento. El pestillo comprende un componente macho **8503** en la segunda porción de concha **8502** y un componente hembra **8506** en la primera porción de concha **8504**. El componente macho **8503** se extiende desde la segunda porción de concha **8502** en el lado opuesto al pivote como múltiples dedos. El componente femenino **8506** es una palanca con un extremo de entrada **8506a** y un extremo de salida **8506b**. El pestillo sujeta la concha 8502, 8504 cerrada colocando el extremo de salida **8506b** del componente hembra **8506** sobre el componente macho **8503**, y rotando el componente hembra **8506** sobre la parte superior de la segunda porción de concha 8502 como se representa en la figura 85B. Los elementos de conexión 8501 conectan la porción hembra **8506** a la primera porción de concha 8504 de manera que cuando el componente hembra del pestillo se rota para cerrarse, el extremo de salida **8506b** del borde redondeado del componente hembra 8506 (es decir, el extremo de salida 8506b es un borde redondeado) se comprime contra el componente macho 8503 del pestillo 8503, 8506. Esta característica crea una fuerza sobre el componente macho **8503** cuando la porción hembra **8506** se hace rotar, que aprieta la primera porción de concha **8504** y segunda porción de concha **8502** entre sí.

El émbolo **8512** se guía hacia la primera porción de concha 8504 por una guía **8508** unida a la primera porción de concha 8504 y se alimenta por un actuador lineal **8510**. La guía **8510** alinea el émbolo **8512** con el orificio **8511** en la primera porción de concha 8504. El actuador **8510** está unido a la guía **8508** en un extremo de la guía 8508 que es opuesto al extremo de la guía 8508 unida a la primera porción de concha 8504.

La figura 85C muestra una porción de la válvula 8500 con partes retiradas para mayor claridad. Como se muestra en la figura 85C, el émbolo **8512** está conectado al árbol de salida **8520** en el actuador **8510** que acciona el émbolo **8512** dentro y fuera de la primera porción de concha 8504. Los resortes **8516** se colocan entre los brazos estabilizadores del émbolo **8514** y el actuador **8510** para forzar el émbolo **8512** lejos del actuador **8510**. Los resortes 8516 ayudan a contrarrestar la fuerza ejercida sobre el émbolo por el relleno 8621 (véase la figura 86) permitiendo un actuador 8510 que ejerce menos fuerza máxima.

En algunos ejemplos que no representan la invención, la cabeza del émbolo **8512a** tiene un área más pequeña que la sección transversal longitudinal del tubo dentro del alojamiento de válvula 8502, 8504. El cabezal más pequeño 8512a da como resultado un cambio de presión más pequeño en comparación con un desplazamiento similar con un cabezal más grande. En algunos ejemplos que no representan la invención, esto puede permitir cambios más precisos en la deformación del tubo por el actuador **8510**.

La primera porción de concha **8504** y segunda porción de concha **8502** tienen recortes semicirculares en los lados adyacentes al lado articulado para crear los orificios 8518 (véase la figura 85B). Los recortes están posicionados para alinearse cuando la carcasa está en la posición cerrada, creando el orificio **8518**. El orificio **8518** permite que un tubo flexible (tal como un tubo de infusión intravenosa de PVC) atraviese la carcasa rígida cerrada 8502, 8504 sin deformarse.

La figura 86 muestra una vista en sección transversal del alojamiento de válvula con el relleno sustancialmente incompresible **8621** encerrado en el mismo. El relleno sustancialmente incompresible **862** está encerrado en la primera y segunda porciones de concha 8502, 8504. La primera capa **8628** y segunda capa **8626** se ponen dentro de la primera porción de concha **8504**, mientras que la tercera capa **8624** y cuarta capa **8622** se ponen dentro de la segunda porción de concha **8502**. La segunda capa **8626** y tercera capa **8624** se ponen en el medio cuando la carcasa está cerrada y formar un conducto **8618**, en el que se coloca el tubo, para ayudar en la deformación consistente del tubo. El conducto **8618** conecta los orificios **8618** definidos por las porciones de concha cerrada 8502, 8504.

Los materiales utilizados para fabricar algunos tubos flexibles pueden ser susceptibles a la fluencia, lo que afecta la capacidad del tubo para recuperar su forma original después de múltiples deformaciones. La segunda capa **8626** y tercera capa **8624** son más rígidos que la primera capa **8628** y cuarta capa **8622** para reformar consistentemente el tubo cuando la fluencia comienza a afectar la forma del tubo. La segunda capa más rígida **8626** y tercera capa **8624** se ven menos afectados por la fluencia que el tubo y volverán a su forma original después de muchas deformaciones. Por lo tanto, cuando el relleno **8621** está intentando reformar la forma original del conducto 8618, reformará el tubo dentro del conducto.

También, en algunos ejemplos que no representan la invención, el tubo tiene tendencia a pegarse a sí mismo cuando se deforma hasta un punto en el que las superficies internas del tubo entran en contacto entre sí. Esto hace que sea difícil controlar tasas de goteo muy bajas cuando el tubo está casi completamente cerrado. Las capas rígidas que rodean el tubo **8624**, **8626** aplican fuerzas suficientes para dominar las fuerzas adhesivas, lo que da como resultado que el tubo se abra uniformemente.

La primera capa **8528** y cuarta capa **8522** llenan el espacio entre la segunda capa **8526** y tercera capa **8524**, y las porciones de concha **8502**, **8504**. La segunda capa **8526** y la tercera capa **8524** son más suaves para distribuir la fuerza del émbolo 8512 de manera uniforme en toda la sección del tubo dentro de las porciones de concha **8602**, **8504**. En lugar de trasladar la fuerza directamente al área del tubo inmediatamente por encima del émbolo 8512, el émbolo 8512 aumenta la presión en las porciones de concha 8602, 8504. Esto provoca una deformación sustancialmente uniforme de la sección encerrada del tubo. La deformación uniforme es ventajosa porque las fuerzas de fricción entre el líquido y el tubo ayudan con la precisión del caudal de las válvulas. Una sección deformada más larga imparte más fuerza de fricción sobre el líquido que fluye a través, ralentizando su caudal. La extensión de la sección del tubo que se regula por válvula permite un caudal bajo con un mayor, diámetro de lumen más manejable.

Las capas blandas 8622, 8628 tienen preferentemente una dureza Shore OO de aproximadamente 20 a aproximadamente 25. Las capas duras tienen preferentemente una dureza Shore A de aproximadamente 15. En algunos ejemplos que no representan la invención, los materiales preferidos para el relleno incluyen silicona, uretano, viton o nitrilo.

Las figuras 87A-87D muestran un aparato de control de flujo **8700** de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El aparato de control de flujo **8700** incluye una carcasa de aparato **8702** que encierra una válvula **8732** y un corte de seguridad **8734** (véase la figura 87B). Como se ve fácilmente en la figura 87B, la carcasa **8702** incluye una puerta **8702b** y un cuerpo **8702a**. Una funda de cámara cuentagotas **8714** que tiene un componente superior **8714a** y un componente inferior **8714b** está unido al cuerpo 8702a y está configurado para orientar la cámara cuentagotas verticalmente. Un láser **8708** y dispositivo de difracción **8716** se unen al cuerpo 8702a de la carcasa 8702 y se alinean para difractar la luz láser de modo que crea un patrón en una cámara cuentagotas cargada en la funda de la cámara cuentagotas **8714** (la cámara cuentagotas no se muestra en la figura 87). Un sensor de imagen **8710**, que tiene la cámara cuentagotas y los patrones de difracción en su campo de visión, también está unido a la carcasa del aparato 8702.

En algunos ejemplos que no representan la invención, el haz láser se divide primero por un divisor de haz en haces primero y segundo de tal manera que un primer haz se dirige hacia un dispositivo de difracción superior 8716a y el segundo haz se dirige hacia un dispositivo de difracción inferior 8716b. El divisor de haz puede ser parte de la lente de salida de haz láser.

El dispositivo de difracción superior 8716a dirige su patrón a una sección superior de la cámara cuentagotas y el dispositivo de difracción inferior 8716b dirige su patrón a una sección inferior de la cámara cuentagotas. Los dispositivos de difracción 8716a, 8716b puede usar, en algunos ejemplos que no representan la invención, películas de óptica binaria para redirigir y reformar los haces láser en patrones. La película superior del dispositivo de difracción superior 8716a convierte el haz en una matriz de puntos, o en algunos ejemplos que no incorporan la invención, un solo punto. Esto crea el contraste para el sensor de imagen **8710** para seguir el crecimiento de la gota que se desarrolla en la parte superior de la cámara cuentagotas. La película inferior del dispositivo de difracción inferior 8716b convierte

el haz en un patrón de franjas horizontales. Las franjas crean el contraste para el sensor de imagen **8710** para determinar si el fluido está fluyendo continuamente en lugar de gotear.

Como se ve fácilmente en la figura 87B, este ejemplo que no representa la invención tiene un brazo de cierre de válvula **8720** conectado a la puerta **8702b** de la carcasa **8702** y al extremo de entrada **8722a** del componente de pestillo hembra **8722**. Cuando la puerta **8702b** se abre, el brazo de cierre **8720** tira del extremo de entrada **8722a** del componente de pestillo hembra **8722** haciendo que rote hacia arriba y lejos de la válvula **8732**. Esto libera la presión ejercida sobre la válvula **8732** desde el extremo de salida **8722b** del componente de pestillo hembra **8722**. Una vez que el componente de pestillo hembra **8722** desenchaja el componente de pestillo macho **8728**, el brazo de cierre **8720** abre las conchas de carcasa de válvula **8732a**, **8732b** tirando del componente de pestillo hembra **8722** lejos de la válvula **8732**. Cuando la puerta **8702b** está completamente abierta, las conchas **8732a**, **8732b** están lo suficientemente abiertos para que un operador retire o inserte un tubo que se regulando con válvula en la válvula **8732** (la posición abierta se muestra en la figura 87B). Una vez que se coloca un tubo en la válvula **8732**, un operador cierra la puerta **8702b**. El cierre de la puerta **8702b** hace que el brazo de cierre **8720** se encaje en el componente de pestillo hembra **8722** de modo que el extremo de salida **8722b** del componente de pestillo hembra **8722** se encaja con el componente de pestillo macho **8728** por lo que un accionamiento adicional rota el componente de pestillo hembra **8722** en una posición fija (similar a la posición de la válvula **8500** mostrada en la figura 85B). El brazo de cierre **8720** añade eficiencia al proceso de manipulación del aparato **8700** y mejora la seguridad al asegurar que la válvula **8732** está bien cerrada cuando la puerta **8702b** está cerrada.

El operador pone el tubo a través del corte de seguridad **8734** (la mecánica física del corte de seguridad se describe con respecto a la figura 69) junto con la válvula **8732** al manipular el aparato **8700** (véase la figura 87C). El corte de seguridad **8734** utiliza brazos de oclusión accionados por resorte **8739a**, **8739b** para comprimir el tubo en un tope trasero **8741** cuando se activa. Un solenoide aplica la fuerza para activar el mecanismo y liberar los brazos de oclusión **8739a**, **8739b**. Una vez que los brazos de oclusión **8739a**, **8739b** se liberan, cortan sustancialmente el flujo a través del tubo y, en última instancia, al paciente, comprimiendo el tubo contra el tope trasero **8741**. El corte de seguridad **8734** se activa por un procesador que usa un sensor de seguridad para detectar eventos no planificados. Los eventos no planificados pueden incluir pérdida de potencia, caída del aparato **8700**, el fluido fluye continuamente a través de la cámara cuentagotas, o el caudal no se correlaciona correctamente con la posición **8732** de la válvula. El último de estos ejemplos puede abordar una situación en la que el tubo está ensortijado en algún punto entre el aparato y el paciente.

Un brazo de restablecimiento de corte de seguridad **8735** puede unirse a la puerta **8702b** y está configurado para restablecer la válvula de corte de seguridad **8734** a la posición de flujo libre al abrir la puerta **8702b** de la carcasa **8702**. La válvula de corte de seguridad **8734** usada en este ejemplo que no representa la invención es similar a la válvula descrita en la figura 69. Sin embargo, en la Figura 87, el brazo de oclusión **711** en la figura 69 se extiende más allá del tornillo **714** de la figura 69 creando una pestaña que sobresale de la parte inferior. La válvula de corte de seguridad **8734** de la figura 87B incluye esta pestaña **8740** como se muestra en la figura 87C.

Haciendo referencia a la figura 87C, el brazo de restablecimiento **8735** incluye tres elementos **8736**, **8738**, **8742**. Un primer elemento **8736** del brazo de restablecimiento **8735** está unido a la puerta **8702b** y a un segundo elemento **8738** del brazo de restablecimiento **8735**. El segundo elemento **8738** del brazo de restablecimiento **8735** está unido a un tercer elemento **8742** del brazo de restablecimiento **8735**. La apertura de la puerta **8702b** acciona el primer elemento **8736**, que a su vez acciona el segundo elemento **8738** y el tercer elemento **8742**. El tercer elemento **8742** tiene una proyección configurada para encajar la pestaña **8740** y la fuerza de vuelta a la posición paralela de no encaje (como se muestra en la figura 69D) cuando se encaja en la pestaña **8740**. En ejemplos adicionales que no representan la invención, el restablecimiento del corte de seguridad **8734** se puede lograr con menos o más elementos si se desea.

La figura 87D muestra un ejemplo que no representa la invención diseñada para detener el flujo de fluido a través del tubo con válvula cuando la puerta **8702b** está en una posición abierta. Una pestaña de compresión **8744** puede usarse para cortar sustancialmente el flujo a través del tubo que se regula con válvula cuando la puerta de la carcasa de aparato **8702b** está abierta. Al instalar un tubo, un operador inserta el tubo en la hendidura **8745** entre la pestaña de compresión **8744** y el cuerpo de carcasa **8702a**. Cuando la puerta está abierta, toda la fuerza de la pestaña de compresión **8744** se ejerce sobre el tubo, cortando sustancialmente el flujo al deformar el tubo. Cuando la puerta **8704b** está cerrada, una cuña **8746** unida a la puerta **8702b** se fuerza en la hendidura **8745** y manteniendo abierta la pestaña de compresión **8744**. Al mantenerse abierta la pestaña **8744** permite que el tubo se vuelva a abrir permitiendo el flujo de fluido. Esta característica se usa como un mecanismo de seguridad para asegurarse de que no se administre líquido de la cámara cuentagotas al paciente cuando un operador está manipulando el aparato.

El accionamiento de la válvula **8732** provoca cambios de presión menores en la carcasa de aparato **8702**. Una matriz de orificios **8748** puede definirse en el cuerpo de carcasa de aparato **8702a**. Estos orificios permiten que la presión dentro de la carcasa iguale la presión fuera de la carcasa **8702**, lo que puede aumentar la precisión en algunos ejemplos que no incorporan la invención.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 87A, en algunos ejemplos que no representan la invención, una luz de estado **8718** puede usarse para visualizar visualmente el estado del aparato de control de flujo **8700**. La luz **8718** está unida

al aparato de control de flujo 8700 en una ubicación que puede ser vista fácilmente por una persona cercana. En algunos ejemplos que no representan la invención, la luz de estado 8718 emitirá un primer color cuando el fluido esté fluyendo y un segundo color cuando el flujo se haya detenido. En otros ejemplos que no representan la invención, la luz de estado 8718 emitirá un primer color cuando el aparato de control de flujo 8700 esté funcionando correctamente, un segundo color cuando el aparato de control de flujo 8700 ha detectado un problema, y un tercer color cuando el aparato de control de flujo 8700 está en pausa. La luz de estado 8718 también puede configurarse para parpadear cada vez que una gota cae en la cámara cuentagotas. Esta característica permite que un operador vea la tasa de goteo desde una distancia donde no sería posible leer la pantalla 8704.

Cierto ejemplo que no representa la invención puede usar una batería como fuente de alimentación. Otros ejemplos que no incorporan la invención pueden ser una combinación de una batería y un adaptador de pared de CA, o simplemente y un adaptador de pared de CA.

En otro ejemplo que no representa la invención, el aparato 8700 incluye botones de entrada **8706** y una pantalla **8704**. Los botones de entrada **8706** se puede utilizar para controlar el flujo de líquido a través de la cámara cuentagotas. Esto permite que un operador establezca el caudal inicialmente y ajuste el caudal cuando se desee. En otros ejemplos que no representan la invención, pueden configurarse botones de entrada **8706** para ajustar cualquier parámetro ajustable del aparato 8700. Los botones de entrada **8706** pueden iluminarse en diferentes colores para ayudar al usuario. Por ejemplo, se puede usar un botón de entrada verde de los botones de entrada 8706 para aumentar o disminuir el caudal, un botón amarillo de los botones de entrada 8706 puede usarse para pausar el flujo, y un botón rojo de los botones de entrada 8706 pueden usarse para detener el flujo de fluido. La pantalla **8704** puede mostrar información de infusión que incluye el caudal actual y el caudal establecido, para informar a un operador. La pantalla **8704** también puede mostrar información sobre el paciente, el dispositivo, o el fluido que se suministra por el dispositivo. Por ejemplo, el estado de las baterías, cualquier alarma, o la secuencia de identificación del paciente.

Un procesador también puede estar en comunicación con una luz de estado **8718**. El procesador puede indicar a la luz de estado **8718** para emitir un primer color cuando el fluido está fluyendo y un segundo color cuando el flujo se ha detenido. La luz de estado **8718** también puede emitir una primera luz de color cuando la bomba está operativa y una segunda luz de color cuando se ha detectado un problema. El primer color probablemente será verde y el segundo color probablemente será rojo.

Ciertos ejemplos que no representan la invención pueden usar un dispositivo de salida de audio para comunicarse con un operador. Por ejemplo, este dispositivo puede señalar un error, actualizar a un operador sobre el estado de la bomba, o guiar a un operador a través de una configuración del aparato de control de flujo 8700.

Haciendo referencia en este momento a las figuras. 88A-88E: La figura 88A muestra una vista en perspectiva de un aparato de flujo de fluido 8800 usado para controlar el flujo de fluido a través de una cámara cuentagotas 8820 conectada a un tubo 8821, en donde el aparato 8800 tiene la puerta de carcasa 8809b abierta; La figura 88B muestra una vista en perspectiva de únicamente la válvula 8801 de la figura 88A; la figura 88C muestra el funcionamiento interno de la válvula 8801 de la figura 88B; la figura 88D muestra un diagrama simplificado que ilustra el funcionamiento del mecanismo de corte de válvula en una posición cerrada de la puerta 8809b; y la figura 88E muestra un diagrama simplificado para ilustrar el mecanismo de corte de válvula en la posición abierta de la puerta 8809b de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención.

El aparato de control de flujo 8800 impide el flujo a través de un tubo 8821 dentro de la válvula 8801 cuando la puerta de carcasa **8809b** está abierta. La puerta de carcasa 8809b está acoplada de manera pivotante al cuerpo de carcasa 8809a. En este ejemplo que no representa la invención, el actuador **8802** y émbolo unido **8816** (véase figura 88c) están conectados a la válvula 8801 mediante resortes de corte **8806** (véase la figura 88B) que fuerzan al émbolo **8816** hacia el relleno dispuesto dentro del alojamiento de la válvula 8801. El émbolo **8816** está unido al actuador **8802** por un eje propulsor roscado **8812**, y, en algunos ejemplos que no representan la invención, puede rotar libremente sobre el eje propulsor 8812. Esto permite que el émbolo **8816** mantenga una orientación constante mientras el eje propulsor **8812** rota. Una media tuerca **8811** en el extremo del elemento de encaje **8810** está conectada operativamente al aparato de flujo de fluido 8800 de tal manera que la media tuerca 8811 tiene la capacidad de encajarse y desencajarse del eje propulsor roscado **8812** con las roscas de la media tuerca roscada 8811.

Cuando la puerta de carcasa de aparato **8809b** (véase la figura 88A) está cerrada, la media tuerca **8811** (véase la figura 88C) se encaja en el eje propulsor **8812** para permitir que el actuador **8802** controle la posición del émbolo **8816** al rotar el eje propulsor roscado 8812. La apertura de la puerta de carcasa de aparato **8809b** (véase la figura 88A) desencaja la media tuerca **8811** (véanse las figuras 88B-88C) del eje propulsor **8812** (accionando la media tuerca 8811 lejos del eje propulsor), dejando solo que los resortes de corte **8806** controlen la posición del émbolo **8816**. Los resortes de corte **8806** accionan el émbolo **8816** en el relleno con suficiente fuerza para cortar sustancialmente el flujo de fluido a través del tubo 8821 acoplado a la cámara cuentagotas 8820 (véase también la figura 88A). Este mecanismo puede servir para el mismo propósito que la pestaña de compresión descrita en la figura 87.

Las figuras 88D-88E ilustran el mecanismo que encaja y desencaja la media tuerca **8811** en el eje propulsor roscado **8812**. Un elemento de encaje **8810** tiene media tuerca **8811** en un extremo y se conecta de manera pivotante a un

elemento pivotante **8803** en el otro extremo. El elemento pivotante **8803** está anclado por una bisagra **8818** (acoplada al cuerpo de carcasa **8809a**) y está posicionado para encajarse mediante un componente de empuje **8805** conectado a la puerta de carcasa **8809b**. El componente de empuje **8805** está acoplado a la puerta **8809b** (mostrada en la figura **88A**).

La figura **88D** muestra la posición del mecanismo cuando la puerta de carcasa **8809b** está cerrada. En esta posición, el componente de empuje **8805** no está encajado con el elemento pivotante **8803**, dejando solo que la fuerza del resorte **8814** influya en la posición de los elementos pivotantes **8803** y elementos de encaje **8810** conectados. El resorte **8814** desvía el elemento pivotante **8803** para rotar en la dirección en sentido antihorario, con respecto a la vista de la figura **88D**. La fuerza de rotación se traduce en una fuerza que empuja sobre el elemento de encaje **8810** en el eje propulsor roscado **8812** debido a la bisagra **8818**.

La figura **88E** muestra la posición del mecanismo cuando la puerta de carcasa **8809b** está abierta. La apertura de la puerta **8809b** hace que el componente de empuje **8805** rote y se encaje en el elemento pivotante **8803**. Esto contrarresta la fuerza del resorte **8814** y hace rotar el elemento pivotante **8803** en el sentido horario, con respecto a la vista de la figura **88E**. La rotación en el sentido horario del elemento pivotante **8810** desencaja el elemento de encaje **8803** del eje propulsor roscado **8812**.

La figura **89** muestra un método para controlar el flujo de fluido a través de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El método incluye un acto de instalación **8902**. Durante el acto de instalación **8902** un tubo flexible en comunicación fluida con una cámara cuentagotas se deforma sustancialmente mientras un operario lo instala en un aparato de control de flujo de fluido. En el acto de reformateo **8904**, el tubo se reforma sustancialmente a su tamaño inicial una vez que se completa el proceso de instalación. En acto de formación de imágenes **8906**, se capturan imágenes de la cámara cuentagotas en comunicación fluida con el tubo. En el acto de estimación **8908**, las imágenes del acto anterior se usan para estimar el caudal a través de la cámara cuentagotas. En el acto de comunicación **8910**, el caudal estimado se comunica a un cliente de monitorización de fluidos. En el acto de recepción **8912**, se recibe un caudal deseado de uno utilizado. El usuario puede ser un cliente de monitorización de fluidos o un operador de dispositivo. En el acto de comparación **8914**, el caudal estimado se compara con el caudal deseado y se produce una diferencia. En el acto determinante **8916**, la magnitud y la dirección del accionamiento de la válvula para lograr el caudal deseado se determinan utilizando la diferencia con respecto al acto anterior.

Se hace referencia ahora a la figura **89B**, en el acto de accionamiento **8918**, la válvula se acciona de acuerdo con la magnitud y dirección determinadas para lograr el caudal deseado. El accionamiento de la válvula se puede lograr aumentando la presión alrededor de una sección definida del tubo que deforma el tubo y modifica la forma de la luz dentro del tubo. El ajuste de presión se puede lograr disponiendo un alojamiento rígido alrededor de una sección definida del tubo y encajando un émbolo con un material de relleno sustancialmente incompresible encerrado dentro del alojamiento. El material de relleno traslada el émbolo de encaje para presionarse dentro del alojamiento, deformando así el tubo.

En el acto de iluminación **8920**, se emite una luz para indicar el estado del aparato que realiza este método. Se puede emitir un primer color de luz para indicar que el fluido está fluyendo y se puede emitir una segunda luz para indicar que el flujo se ha detenido. Se puede usar un primer color de luz para indicar que el aparato está funcionando correctamente y se puede usar una segunda luz para indicar que se ha detectado un problema.

En el acto de monitorización **8922**, el método monitoriza eventos no planificados. Los eventos no planificados pueden ser una pérdida de potencia o la caída de un aparato que realiza este método. En acto de corte **8924**, el flujo de fluido a través de la cámara cuentagotas se detiene cuando el acto de monitorización detecta un evento no planificado. En el acto de eliminación **8926**, el tubo se deforma para reducir sustancialmente su tamaño de luz mientras se retira de un aparato que realiza este método.

Como se muestra en la figura **90**, se muestra un sistema **9000**. El sistema **9000** puede usarse con el aparato de control de flujo **8700** de las figuras **81A-87D** o el aparato de control de flujo **8800** de las figuras **87A-87D**. El sistema **9000** incluye un procesador **9002** en comunicación con el sensor de imagen **9006** y el actuador de válvula **9004**. El procesador **9002** recibe datos de imagen del sensor de imagen **9006**. Una vez que el procesador **9002** ha recibido los datos de imagen del sensor de imagen **9006**, el procesador usa los datos para estimar un caudal. El procesador **9002** a continuación, compara el caudal estimado con un caudal deseado y produce una diferencia entre los dos valores. El procesador **9002** ajusta el actuador de la válvula **9004** basándose en el valor para lograr el caudal deseado.

El procesador **9002** también puede estar en comunicación con un sensor de seguridad **9008** y el corte de seguridad **9010**. En este ejemplo que no representa la invención, el procesador **9002** recibe datos del sensor de seguridad **9008** y determina cuándo debe detenerse el flujo de fluido basándose en criterios predeterminados (tales como pérdida de potencia, flujo continuo o mal funcionamiento del dispositivo). Una vez que el procesador determina que debe detenerse el flujo de fluido, activa el corte de seguridad **9010**.

El procesador **9002** también puede estar en comunicación con los botones de entrada **9012**. El procesador **9002** recibe datos de los botones de entrada **9012** y usa esos datos para controlar el actuador de válvula **9004** o activar el corte

de seguridad **9010**. Por ejemplo, cuando el operador presiona el botón de aumento de flujo **9012** el procesador **9002** recibe una señal del botón **9012** y ajusta el actuador de válvula **9004** en consecuencia, o cuando el operador presiona el botón de parada **9012** el procesador **9002** recibe una señal y dirige el corte de seguridad **9010** para la activación. El procesador **9002** también puede enviar datos a los botones de entrada **9012**, tales como datos relacionados con el color con el que debería iluminarse el mando botón.

El procesador **9002** también puede estar en comunicación con la pantalla **9014**. El procesador **9002** recibe datos de los diversos componentes del aparato, como el actuador de válvula **9004**, el sensor de seguridad **9008**, el sensor de imagen **9006**, o los botones de entrada **9012** y luego emitir los datos en forma legible por humanos en la pantalla **9014**. Por ejemplo, el procesador **9002** recibe datos del sensor de imagen **9006**, estima un caudal y muestra el caudal estimado en la pantalla **9014**.

El procesador **9002** también puede estar en comunicación con la luz de estado **9018**. El procesador **9002** recibe datos de diversos componentes del aparato, como el actuador de válvula **9004**, el sensor de seguridad **9008**, el sensor de imagen **9006**, o los botones de entrada **9012**, crea una señal para enviar a la luz de estado **9018** basándose en los datos, y emite la señal a la luz de estado **9018**. Los ejemplos incluyen parpadeo de la luz **9018** cada vez que cae una gota en la cámara cuentagotas, la luz **9018** se pone en verde cuando la bomba está operativa, la luz **9018** se pone en amarillo cuando la bomba está en pausa, o la luz **9018** se pone en rojo cuando la bomba no está funcionando correctamente.

El procesador **9002** también puede estar en comunicación con una fuente de alimentación o batería **9016**. El procesador **9002** recibe datos de la fuente de alimentación o la batería **9016** con respecto a la salida de potencia. Por ejemplo, recibir tensión de la batería **9016** para estimar cuánta carga tiene. El procesador **9002** también puede enviar datos a la fuente de alimentación **9016** para ajustar su potencia de salida.

La figura 91 muestra un aparato 9100 configurado para controlar el flujo de fluido a través de una cámara cuentagotas conectada a un tubo y comunicarse con un interrogador de RFID de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El aparato 9100 puede transmitir datos a y desde un interrogador de identificación por radiofrecuencia (RFID) disponible comercialmente sin el uso de una etiqueta de RFID especializada.

Como se muestra en la figura 91, una primera estructura metálica **9102** está acoplada a una segunda estructura metálica **9104**. Preferentemente, la primera estructura metálica **9102** y la segunda estructura metálica **9104** son componentes preexistentes del conjunto. Por ejemplo, la primera estructura metálica **9102** podría ser una primera concha **9106** y la segunda estructura metálica **9104** podría ser una segunda concha. Alternativamente, la primera estructura metálica **9102** podría ser una primera geometría metálica **9110**, tal como un alojamiento metálico de un solenoide, y la segunda estructura metálica **9104** podría ser una segunda geometría metálica **9112**, tal como un plano de tierra de una placa de circuito PCB. Si bien es preferible que la primera estructura metálica **9102** y la segunda estructura metálica **9104** sean componentes preexistentes del conjunto, en algunos ejemplos específicos que no representan la invención, estas estructuras podrían añadirse al conjunto únicamente para este uso.

Al menos una estructura de adaptación de impedancia **9116**, tal como un inductor o condensador, puede acoplarse con la primera estructura metálica **9102** y la segunda estructura metálica **9104** para hacer coincidir la impedancia del aparato con la frecuencia del interrogador. En algunos ejemplos que no representan la invención, más de una estructura de adaptación de impedancia **9116** pueden usarse en combinación, tal como una combinación de un inductor y un condensador (por ejemplo, en una configuración en paralelo o en serie, para formar un circuito de tanque).

Al menos para el propósito de la continuidad del suelo, un filtro paso bajo **9114** se acopla preferentemente con la primera estructura metálica **9102** y la segunda estructura metálica **9104**. El filtro paso bajo **9114** preferentemente tiene una frecuencia de corte suficientemente por debajo de la frecuencia (aproximadamente 900 MHz) de un interrogador **9122** RFID disponible comercialmente.

El aparato 9100 opera realizando al menos dos funciones. En una primera función, el aparato 9100 se adapta en impedancia a la frecuencia del interrogador usando la al menos una estructura de adaptación de impedancia **9116**, limitando o prohibiendo esencialmente la reflexión de la frecuencia del interrogador. En una segunda función, las estructuras metálicas **9102**, **9104** se cortocircuitan entre sí usando un mecanismo de cortocircuito **9118**, tal como un transistor o interruptor. El cortocircuito puede controlarse mediante un microprocesador **9120**. Este cortocircuito elimina momentáneamente la adaptación de impedancia y provoca un cambio en la reflexión. La transición de la primera función a la segunda función provoca un cambio en el coeficiente de reflexión de la primera estructura metálica acoplada **9102** y segunda estructura metálica **9104**. Al poner en cortocircuito las estructuras metálicas **9102**, **9104** juntas como se desee, los datos pueden transmitirse a un interrogador de RFID comercialmente disponible **9122**, codificarse en la gamma de reflexión resultante.

En algunos ejemplos que no representan la invención, una obstrucción (por ejemplo, condensación o gotitas debido a salpicaduras) puede dificultar a un sensor de imagen la obtención de una imagen precisa de una cámara cuentagotas (por ejemplo, la cámara cuentagotas 4 y el sensor de imagen 11 de la figura 1). La figura 92 es una imagen de una cámara cuentagotas obstruida 9200 de este tipo. La cámara cuentagotas **9202** incluye una gota de fluido **9204** y una

obstrucción **9206**. La obstrucción **9206** puede incluir gotitas de fluido a partir de la condensación o salpicaduras en algunos ejemplos que no representan la invención. La figura 93 muestra un diagrama de flujo de un método 9300 para obtener una imagen de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El método 9300 incluye actos **9302**, **9304**, **9306**, y **9308**. El método 9300 puede implementarse por el procesador **15** de la figura 1 y puede implementarse como un método implementado por procesador, como un conjunto de instrucciones configuradas para su ejecución por uno o más procesadores, en hardware, en software, similares, o alguna combinación de los mismos.

El acto **9302** del método 9300 incluye capturar una imagen de una cámara cuentagotas. El acto **9304** del método 9300 incluye determinar que la imagen de la cámara cuentagotas incluya una obstrucción visual. La obstrucción visual puede ser similar a la obstrucción visual mostrada en la figura 92 en algunos ejemplos que no representan la invención. El acto **9306** del método 9300 incluye aplicar una función de desenfoque a la imagen capturada del acto **9302** tras determinarse que la imagen capturada del acto **9302** contiene una obstrucción visual. La función de desenfoque puede ser cualquier función que disminuya la cantidad o elimine una cantidad de detalle en la imagen capturada del acto **9302**. En algunos ejemplos que no representan la invención, la función de desenfoque puede aplicarse sin tener en cuenta una determinación de que la imagen capturada del acto **9302** contiene una obstrucción visual, es decir, la función de desenfoque siempre se aplica a la imagen capturada del acto **9302**.

En algunos ejemplos que no representan la invención, la función de desenfoque del acto **9306** puede incluir aplicar un filtro paso bajo a la imagen capturada del acto **9302**. El filtro paso bajo u otra función de desenfoque puede aplicarse en una dirección horizontal (p. ej., una dirección X en coordenadas cartesianas) de la imagen capturada del acto **9302**, o una dirección vertical (por ejemplo, una dirección Y en coordenadas cartesianas) de la imagen capturada del acto **9302**. En algunos ejemplos que no representan la invención, el filtro paso bajo o la función de desenfoque pueden aplicarse tanto en una dirección horizontal como vertical (por ejemplo, tanto en una dirección X como Y en coordenadas cartesianas) de la imagen capturada del acto **9302**.

En algunos ejemplos que no representan la invención, la función de desenfoque del acto **9306** puede incluir aplicar una función de desenfoque gaussiano a la imagen capturada del acto **9302**. Si la función de desenfoque o el filtro paso bajo se aplica en una dirección vertical u horizontal, como se ha descrito anteriormente, el filtro paso bajo o función de desenfoque puede incluir entonces una función de desenfoque gaussiano unidimensional en algunos ejemplos que no representan la invención. Si la función de desenfoque o el filtro paso bajo se aplica tanto en una dirección vertical como horizontal, como se ha descrito anteriormente, el filtro paso bajo o función de desenfoque puede incluir entonces una función de desenfoque gaussiano bidimensional en algunos ejemplos que no representan la invención.

Después de aplicar la función de desenfoque, se debe eliminar suficiente detalle de la imagen capturada de modo que el acto **9308** puede llevarse a cabo. El acto **9308** incluye determinar si la imagen capturada del acto **9302** contiene una coincidencia con una plantilla. En algunos ejemplos que no representan la invención, un procesador (por ejemplo, el procesador **15** de la figura 1) puede usar una función de coincidencia de plantilla para determinar si la imagen capturada del acto **9302** contiene una coincidencia con la plantilla. En algunos ejemplos que no representan la invención, la función de coincidencia de plantilla puede ser una función de coincidencia de plantilla de OpenCV. La plantilla puede incluir al menos una imagen parcial de una gota de fluido. En algunos ejemplos que no representan la invención, la plantilla puede incluir al menos una imagen parcial de una gota de fluido que está retroiluminada por una fuente de iluminación. En otro ejemplo más que no representa la invención, la fuente de iluminación puede incluir una matriz de ledes (por ejemplo, la matriz de ledes **20** de la figura 1).

La figura 94 es una representación gráfica 9400 de un ejemplo que no representa la invención que incorpora una pluralidad de gotas que crecen sucesivamente dentro de una cámara cuentagotas hasta que cada una cae, como se ve por un sensor de imagen (por ejemplo, la cámara cuentagotas **4** y sensor de imagen **11** de la figura 1). El sensor de imagen comunica una señal de salida a un procesador (por ejemplo, el procesador **15** de la figura 1), el procesador configurado para determinar a partir de la señal de salida cuándo ha caído una gota de fluido dentro de la cámara cuentagotas. La curva **9408** a la izquierda del marcador de tiempo **9406** representa la señal de salida del sensor de imagen antes de la aplicación de una función de desenfoque (por ejemplo, la función de desenfoque del acto **9206** de la figura 92). De la misma manera, la curva **9410** a la derecha del marcador de tiempo **9406** representa la señal de salida del sensor de imagen después de la aplicación de la función de desenfoque. De acuerdo con la curva **9408** y la curva **9410** de la figura 94, la aplicación de la función de desenfoque puede reducir la cantidad de ruido en la señal de salida del sensor de imagen. Esta reducción de ruido en la señal de salida permite que el procesador identifique de manera más eficiente, desde la señal de salida del sensor de imagen, cuándo una gota de fluido ha caído dentro de la cámara cuentagotas.

En algunos ejemplos que no representan la invención, el procesador está configurado para reconocer que ha caído una gota dentro de la cámara cuentagotas, pero solo si se han producido ciertos eventos actuales y eventos anteriores, es decir, el procesador realiza una función de histéresis. En un ejemplo que no representa la invención, el procesador reconocerá que ha caído una gota dentro de la cámara cuentagotas cuando la curva cruza un límite umbral inferior **9404**, pero solo si la curva ha cruzado previamente un límite umbral superior **9402** desde el cruce anterior del límite umbral inferior **9404**. Esta función de histéresis puede usarse para evitar que el procesador registre erróneamente que ha caído una gota debido al ruido en la señal de salida del sensor de imagen.

Con referencia ahora a la **FIG. 95**, en algunos ejemplos que no representan la invención, puede ser deseable confiar en algún medio que no sea o además de un ruido audible o un indicador visual para transmitir el estado de un dispositivo **9500**. Esto puede ser deseable cuando un dispositivo **9500** se usa en un entorno con altos niveles de ruido ambiental y/o alto nivel de luz ambiental, respectivamente. Esto, en algunos ejemplos que no incorporan la invención, puede lograrse de manera económica utilizando un analizador de firmas **9502**.

Durante el funcionamiento de dispositivo normal **9500**, se crearán emisiones EM. Estas emisiones son un artefacto natural de cómo se ejecutan las funciones digitales por el dispositivo **9500**. Adicionalmente, las funciones digitales específicas del dispositivo **9500** producirán firmas EM de una manera predecible. Es decir, cuando el dispositivo realiza una función digital **9500**, puede producirse una emisión EM correspondiente a esa función. En la figura 95, el dispositivo **9500** incluye un componente **9504** que puede realizar una función digital. Este componente, por ejemplo, puede ser un microprocesador, un reloj, etc.

Las firmas de EM de funciones específicas pueden determinarse empíricamente. Un analizador de firma **9502** puede monitorizar las emisiones EM del dispositivo **9500**. Una firma de EM recibida puede coincidir con su significado determinado empíricamente. De este modo, un analizador de firma **9502** puede adivinar qué funciones digitales está realizando el dispositivo **9500** usando las emisiones EM del dispositivo **9500**.

En un ejemplo específico, el dispositivo **9500** puede ser un dispositivo de administración de medicación. Un dispositivo de administración de medicación puede generar una alarma de oclusión durante la operación. La generación de esta alarma de oclusión hará que se emita una firma de EM específica desde el dispositivo de administración de medicación. Un analizador de firma **9502** que monitoriza las emisiones desde el dispositivo de administración de medicación puede recibir y analizar esta firma de emisión específica y determinar de este modo que el dispositivo de administración de medicación está emitiendo una alarma de oclusión.

Varios componentes que crean emisiones EM pueden estar contenidos dentro de un protector EM **9506**. Este protector **9506** puede suprimir las emisiones del dispositivo **9500** de tal manera que el dispositivo **9500** no interfiere con otros dispositivos (no mostrados) en las cercanías y se ajusta a cualquier requisito local. El protector **9506**, sin embargo, no eliminará totalmente las emisiones del dispositivo **9500**. Seguirán ocurriendo emisiones de frecuencia de amplitud reducida **9508** que satisfagan los niveles de cumplimiento normativo. En un ejemplo que usa un analizador de firma **9502** para monitorizar la firma EM de un dispositivo **9500**, el analizador de firmas **9502** puede colocarse adecuadamente fuera del protector **9506** y puede monitorizar estas emisiones de frecuencia de amplitud reducida **9508**. En tales ejemplos que no representan la invención, el analizador de firmas **9502** puede ser un receptor de RF tal como un receptor de banda estrecha. Un receptor de este tipo puede sintonizarse a frecuencias de emisión muy específicas y reducidas. Adicionalmente, puede ser deseable usar un receptor de banda estrecha porque dicho receptor es relativamente barato.

En algunos ejemplos que no representan la invención, un dispositivo de bomba médica puede realizar un seguimiento del número de conjuntos de infusión que administra el dispositivo de bomba médica. El dispositivo de bomba médica puede realizar un seguimiento de los conjuntos de infusión utilizando una radio de software, conectada operativamente al dispositivo de bomba médica. La radio de software puede incluir un cable enrollado encajado operativamente con un microchip en el dispositivo de bomba médica, de modo que el microchip pueda transmitir señales a través del cable enrollado. La radio de software, en algunos ejemplos que no representan la invención, puede usarse para transmitir una señal de comunicación a un dispositivo de mano que está configurado para recibir la señal. La señal de comunicación puede ser un número de conjuntos de infusión que ha administrado el dispositivo de bomba médica.

Además, en algunos ejemplos que no representan la invención, el dispositivo de bomba médica puede comunicarse con el dispositivo de mano a través de un altavoz en el dispositivo de mano configurado para recibir una señal acústica o de audio desde el dispositivo de bomba médica. La señal de audio, en algunos ejemplos que no representan la invención, puede incluir datos digitales que se codifican en la señal de audio.

En algunos ejemplos que no representan la invención, el dispositivo de bomba médica puede comunicarse con un dispositivo de mano utilizando un sensor de movimiento en el dispositivo de mano. El sensor de movimiento puede recibir una entrada de movimiento desde un generador de movimiento incluido en el dispositivo de bomba médica. El generador de movimiento, en algunos ejemplos que no representan la invención, puede ser un motor paso a paso y, además, en algunos ejemplos que no representan la invención, el sensor de movimiento puede ser un acelerómetro. El dispositivo de mano puede configurarse para determinar un número de conjuntos de infusión que el dispositivo de bomba médica ha administrado a partir de la entrada de movimiento recibida por el sensor de movimiento.

El dispositivo de bomba médica puede configurarse para emparejarse con un dispositivo de mano para establecer comunicación inalámbrica con el dispositivo de mano. En algunos ejemplos que no representan la invención, el dispositivo de bomba médica puede establecer una conexión Bluetooth con el dispositivo de mano. En otros ejemplos más que no representan la invención, el dispositivo de bomba médica puede establecer una señal de comunicación inalámbrica con el dispositivo de mano utilizando señales de comunicación de campo cercano (NFC).

En algunos ejemplos que no representan la invención, el dispositivo de bomba médica puede comunicarse con un dispositivo de mano utilizando una cámara que se incluye en el dispositivo de mano. Más específicamente, la cámara del dispositivo de mano puede configurarse para detectar una señal de modulación visual. En algunos ejemplos que no representan la invención, la señal de modulación visual puede provenir de una luz de techo incluida en el dispositivo de bomba médica. El dispositivo de mano puede usar la señal de modulación visual para determinar un número de conjuntos de infusión que se han administrado por el dispositivo de bomba médica.

Las figuras 96A-96X muestran varias vistas de un aparato 9600 para controlar el flujo de fluido de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Haciendo referencia a la figura 96A, el aparato 9600 incluye un cuerpo 9602 que tiene una puerta 9604 acoplada de manera pivotante al cuerpo 9602. El aparato 9600 también incluye un acoplador 9606 para acoplarse a una cámara cuentagotas (no mostrada en la figura 96A). El acoplador 9606 coloca una cámara cuentagotas de tal manera que el conjunto de cámara 9614 puede ver la cámara cuentagotas con un patrón de fondo 9608 detrás de la cámara cuentagotas.

La puerta 9604 está acoplada de manera pivotante al cuerpo 9602 de tal manera que la puerta 9604 puede abrirse para la inserción de una cámara cuentagotas acoplada a una línea IV. La puerta 9604 puede abrirse mediante un oclisor de deslizamiento acoplado a la cámara cuentagotas. Es decir, el oclisor de deslizamiento puede servir como llave para abrir la puerta 9604 insertando el oclisor de deslizamiento en un ojo de cerradura 9610.

El aparato 9600 también incluye una correa 9612 para que el aparato se pueda transportar y colgar fácilmente, tal como en un gancho de un poste. Un ojo de cerradura 9610 puede recibir un oclisor de deslizamiento (no mostrado) para que la puerta 9604 pueda abrirse.

La figura 96B muestra una vista frontal del aparato 9600. Obsérvese que el patrón de fondo 9608 y el conjunto de cámara 9614 están en ángulo para facilitar la visualización fácil del proveedor de atención médica de una cámara cuentagotas.

Como se observa mejor en las figuras 96C-96D, un acoplador superior 9616 asegura una cámara cuentagotas al acoplador 9606. En la figura 96E, el conjunto de cámara 9614 es fácilmente visible. En la figura 96F-96G, la parte inferior y superior, respectivamente, del aparato 9600 es visible en el que la unión de la puerta 9604 al cuerpo 9602 es fácilmente visible.

La figura 96H muestra una vista en primer plano del patrón de fondo 9608. El patrón de fondo 9608 incluye marcas de referencia 9636 para ayudar al sensor de imagen a determinar la alineación de la cámara cuentagotas cuando se fija al acoplador 9606. El patrón de fondo también tiene un patrón despojado para ayudarlo a detectar condiciones de flujo continuo. También, a través del centro hay un divisor donde el lado izquierdo es blanco mientras que el lado derecho 9638 es negro para ayudar a proporcionar contraste con la gota.

En algunos ejemplos que no representan la invención, no se usan marcas de referencia 9636 y se usa una coincidencia de plantilla para hacer coincidir la plantilla con el área 9650. El área 9650 está designada por el recuadro con línea de puntos y no es parte del patrón de fondo 9608 mostrado en la figura 96H. Sino más bien, el procesador 15, 90 puede usar una plantilla para determinar la ubicación designada por el área 9650 y usar esa área para orientar el sensor de imagen de modo que el sensor de imagen pueda identificar el centro aproximado del patrón de fondo 9608.

Haciendo referencia a la figura 96I, el acoplador superior 9616 se ve fácilmente en relación con la ranura 9620. La ranura 9620 permite que un tubo de la cámara cuentagotas se reciba en la misma de modo que el acoplador superior 9616 fije la cámara cuentagotas al acoplador 9606. La figura 96J muestra la vista 9614 del conjunto de cámara.

Haciendo referencia ahora a la figura 96K, el aparato se muestra con la puerta 9604 en una posición abierta. También puede verse en la figura 96K el acoplador inferior 9618.

Cuando la puerta 9604 está en la posición abierta, un brazo 9640 abre una carcasa de válvula 9642 de una válvula 9644, como se observa en la figura 96L. Un pestillo 9622 puede fijar la puerta en la posición cerrada y puede abrirse colocando una llave (por ejemplo, una abrazadera deslizante enchavetada) en el ojo de cerradura 9610.

La figura 96M muestra una vista en primer plano de la válvula 9644 para que se vea fácilmente cómo el brazo 9640 abre la carcasa de válvula 9642 para permitir la inserción de un tubo de infusión. La figura 96N muestra una vista en primer plano del ojo de cerradura 9610 y el pestillo 9622.

La figura 96O muestra una vista superior del pestillo 9622 con una cubierta de la puerta 9604 retirada. El pestillo 9622 está conectado a una palanca 9626, que puede pivotar a lo largo de un pivote 9630. Una protuberancia 9628 se encaja con la palanca 9626 para liberar el pestillo 9622. Un resorte 9634 desvía el pestillo 9622 hacia el receptor de pestillo 9624 mostrado en la figura 96P. El resorte 9634 está fijado a la palanca 9626 a través de un collar 9632. El receptor de pestillo 9624 está configurado para encajarse con el pestillo 9622, y el pestillo 9622 está configurado igualmente para acoplarse con el receptor de pestillo 9624. La figura 96Q muestra el receptor de pestillo 9624 en una vista en sección transversal, mientras que la figura 96R muestra el pestillo 9622 encajado con el receptor de pestillo 9624.

cuando la puerta 9604 está cerrada y asegurada. El resorte 9634 mantiene el pestillo 9622 encajado de forma segura con el receptor de pestillo 9624 y evita el desenganche del pestillo 9622 a menos que una llave (por ejemplo, oclisor de deslizamiento) se inserte en el ojo de cerradura 9610.

- 5 La figura 96S muestra el funcionamiento interno del aparato 9600. El cuerpo 9602 mostrado en las figuras 96A-96R se ha eliminado en las figuras 96S-96X para mostrar más claramente el funcionamiento interno del aparato 9600.

10 En la figura 96S, el aparato 9600 incluye un motor 9834 que está unido a un árbol 9836. El motor 9834 acciona el árbol 9836 linealmente entre una posición retraída y una posición extendida. Es decir, el motor 9834 mueve el árbol 9836 dentro y fuera del motor 9834 en una dirección paralela a un eje central del árbol 9836. El árbol 9836 está acoplado mecánicamente a la palanca ranurada 9840. El árbol 9836 incluye un pasador 9838 que está dispuesto dentro de una ranura 9854 de la palanca ranurada 9840 de manera que la ranura 9854 forma una guía para guiar el pasador 9838 dentro de la ranura 9854.

15 La palanca ranurada 9840 pivota a lo largo de un pivote 9842. El pivote 9842 puede incluir un pasador, un cojinete y/o cualquier otra forma conocida de pivotar a lo largo de un punto o eje. La activación del motor 9834 para mover el árbol 9836 hace que el pasador 9838 se deslice dentro de la ranura 9854 de la palanca ranurada 9840, lo que hace que la palanca ranurada 9840 pivote a lo largo del pivote 9842 de la palanca ranurada 9840. La palanca ranurada 9840 también está acoplada mecánicamente al émbolo 4844 efectuando su movimiento.

20 La palanca ranurada 9840 incluye un pasador 9846 que está dispuesto dentro de una ranura 9856 del émbolo 9844. El émbolo 9844 se acciona dentro y fuera del relleno como se ha descrito con anterioridad a medida que la palanca ranurada 9840 pivota a lo largo del pivote 9842.

25 La figura 96T muestra la guía 9850 que permite que el émbolo 9844 (véase la figura 96S) se deslice hacia o lejos del relleno dentro de la válvula 9644 (véase la figura 96V). La guía 9850 es parte de la cubierta de válvula 9848 (véase la figura 96U). El movimiento del émbolo 9844 puede comprimir o descomprimir el relleno que comprime o descomprime de este modo el tubo como se ha descrito anteriormente para impedir o aumentar el flujo de fluido a través del tubo, respectivamente.

30 Las figuras 96U-96V muestran la cubierta 9852 retirada (véase la figura 96S para una vista de la cubierta). La figura 96V muestra un primer plano de las porciones internas de la válvula que incluye la carcasa de válvula 9642. Cuando la puerta 9604 está cerrada, el brazo 9640 acciona la carcasa de válvula 9642 hacia una posición cerrada para rodear de ese modo un tubo dispuesto dentro de la válvula 9644. Cuando la válvula 9644 está cerrada, el émbolo 9844 puede accionarse dentro y fuera de la válvula 9644 para comprimir el relleno contra el tubo dispuesto en el mismo para controlar el flujo de fluido a través del tubo y, por lo tanto, hacia un paciente.

35 La figura 96W muestra una vista lateral del funcionamiento interno del aparato 9600. Como puede verse fácilmente en la figura 96W, el accionamiento del motor 9834 provoca el accionamiento del émbolo dentro y fuera de la válvula. La figura 96X muestra la cubierta de válvula 9848 retirada.

40 Las figuras 97A-97AC muestran varias vistas de un aparato 9700 para controlar el flujo de fluido de acuerdo con una realización de la presente divulgación. A continuación, haciendo referencia a la figura 97A, el aparato incluye un cuerpo 9702 y una base de acoplamiento 9704. El cuerpo 9702 incluye una abertura 9708 configurada para recibir una cámara cuentagotas 9706. El cuerpo 9702 puede alojar y/o contener el caudalímetro 7 de la figura 1, el caudalímetro 67 de la figura 5, el sistema de formación de imágenes 78 de la figura 6, el sistema de formación de imágenes 84 de la figura 8, u otro caudalímetro de un sistema de formación de imágenes divulgado en el presente documento (cada uno con o sin un patrón de fondo y/o con o sin iluminación activa), o alguna combinación de los mismos.

45 La base de acoplamiento 9704 puede incluir una o más baterías, baterías secundarias u otros componentes electrónicos. La base de acoplamiento 9704 puede incluir un transceptor Wifi, transceptor Bluetooth u otro transceptor de comunicaciones. En algunas realizaciones, la base de acoplamiento 9704 únicamente proporciona una de estas funciones para el aparato.

50 Por ejemplo, la base de acoplamiento 9704 puede incluir un acoplamiento inalámbrico (por ejemplo, acoplamiento magnético) entre la base de acoplamiento 9704 y el alojamiento 9702 para comunicarse entre ellos de modo que los componentes dentro del alojamiento 9702 puedan usar la base de acoplamiento 9704 y/o la energía pueda transferirse desde una o más baterías dentro de la base de acoplamiento 9704 a los circuitos y/o baterías dentro del alojamiento 9702.

55 En algunas realizaciones de la presente divulgación, la base de acoplamiento 9704 incluye un convertidor de CA a CC para cargar una o más baterías de la base de acoplamiento, cargar una o más baterías dentro del alojamiento 9702 y/o alimentar la electrónica dentro de la base de acoplamiento 9704 y/o alojamiento 9702. En otras realizaciones adicionales, la base de acoplamiento 9704 transfiere potencia de CA a la circuitería dentro del alojamiento 9702 (por ejemplo, a través de contactos eléctricos, mediante acoplamiento magnético, etc.); La potencia de CA puede convertirse de CA a CA antes de la transferencia, puede tener una frecuencia, fase y/o tensión cambiada durante la

conversión de CA a CA.

La figura 97B muestra la base de acoplamiento 9704 sin el alojamiento 9702 acoplado en el mismo, La figura 97C muestra a un usuario acoplado el alojamiento 9702 dentro de la base de acoplamiento 9704, y la figura 97D muestra el alojamiento 9702 antes de acoplarse en la base de acoplamiento 9704. La base de acoplamiento 9704 tiene un labio de alineación 9710 que facilita la alineación suficiente del alojamiento 9702 con la base de acoplamiento 9704 antes del acoplamiento completo. El alojamiento 9702 incluye una muesca 9712 que está alineada con una muesca 9714 en la base de acoplamiento de modo que la línea de fluido 9716 pueda pasar a través de las muescas 9712, 9714.

En algunas realizaciones de la presente divulgación, la base de acoplamiento 9704 incluye un sensor de inclinación configurado para determinar una inclinación de la base de acoplamiento 9704. La base de acoplamiento 9704 puede comunicar la inclinación a un procesador en el alojamiento 9702 que, (por ejemplo, cuando el alojamiento 9702 está acoplada en la base de acoplamiento 9704) puede usar la información de inclinación. Por ejemplo, si la base de acoplamiento 9704 comunica una inclinación que es mayor que un umbral predeterminado, el aparato 9700 puede ocluir el flujo de fluido a través del tubo y/o hacer sonar una alarma.

La figura 97E muestra el alojamiento 9702 acoplado a la base de acoplamiento 9704. Sobre la parte superior del alojamiento 9702, el aparato 9700 incluye una barra de luz 9716. La barra de luz 9716 puede incluir una pluralidad de diodos emisores de luz ("LED") integrados en un difusor. La barra de luz 9716 también incluye una muesca 9718 para permitir que pase la línea de fluido.

En algunas realizaciones, se puede disponer una retroiluminación detrás del 9706 para hacer brillar una luz donde se forman las gotas. La luz puede usarse para crear una luz puntual cuando se forman las gotas, lo que permite que un usuario vea la acción de caída a cierta distancia. Es decir, se forma un "brillo" de luz de acuerdo con la formación de las gotas y el goteo de las gotas.

La cámara cuentagotas 9706 incluye una tapa superior 9720 que puede interactuar con un acoplador 9722, que se ve fácilmente en la figura 97F. El acoplador 9722 recibe la tapa superior de la cámara cuentagotas 9720. El acoplador 9722 incluye protuberancias de sujeción 9724 (un tipo de pestillo). El acoplador 9722 también incluye una guía 9726 que guía una tapa superior 9720 para fijarse dentro del acoplador 9722. La guía 9726 puede estar inclinada hacia arriba para permitir más fácilmente la inserción de la tapa superior 9720. Haciendo referencia a la figura 97G, las protuberancias de sujeción 9724 se ven fácilmente cuando el acoplador 9722 se ve desde una vista en perspectiva.

Las figuras 97H-97O muestran el caudalímetro 9700 en una posición descargada con las figuras 97I-97O que muestran el caudalímetro 9700 con porciones retiradas de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

La figura 97H muestra el caudalímetro 9700 con una luz 9901 para iluminar una cámara cuentagotas insertada en el caudalímetro 9700. La luz 9901 puede ser una luz de difusión y/o puede estar basada en ledes. Como se ha mencionado anteriormente, la luz 9901 se posiciona para iluminar una abertura de una cámara cuentagotas cargada donde se forman las gotas de manera que se forma un "parpadeo" o punto brillante a medida que las gotas gotean a través de la cámara cuentagotas. Este parpadeo se puede ver desde cierta distancia y ayuda a un cuidador a observar visualmente la tasa de caída desde la distancia. También, la abertura 9708 permite que la cámara cuentagotas esté parcialmente protegida ópticamente (debido a que la cámara cuentagotas está en un espacio rebajado) para reducir el ruido óptico que recibe un sensor de imagen interno dentro del caudalímetro 9700.

La luz 9901 puede modularse de tal manera que no esté activa cuando se ilumine la retroiluminación mencionada anteriormente. Es decir, pueden modularse de tal manera que solo una de la luz 9901 y la retroiluminación esté activa a la vez (por ejemplo, usando modulación PWM) de modo que las dos luces se enciendan alternativamente.

Una cubierta de retención de tubo retraída 9902 es parcialmente visible en la figura 97H. También se muestra en la figura 97H un elemento de contacto de tubo 9904. Cuando se inserta una cámara cuentagotas en la abertura 9708, un tubo de la cámara cuentagotas entra en contacto con el elemento de contacto de tubo 9904. La figura 97I muestra una vista en primer plano del elemento de contacto de tubo 9904.

La figura 97J muestra el mecanismo interno del caudalímetro 9700, por ejemplo, con el alojamiento retirado. Se muestra una porción de encaje de tubo 9912 y está conectada al elemento de contacto de tubo 9904. Cuando se inserta un tubo en la abertura 9708 (la figura 97H muestra la abertura 9708), el tubo se encaja con el elemento de contacto de tubo 9904 que está acoplado a la porción de encaje de tubo 9912. La fuerza sobre la porción de acoplamiento de tubo 9912 hace que esta rote a lo largo de un eje de rotación.

También se muestra en la figura 97J, hay una cubierta de retención de tubo 9902 acoplada a una bandera 9903. La bandera 9903 puede ser visible dentro de una ventana 9916 (véanse las figuras 97H-97I) cuando la cubierta de retención de tubo 9902 está en la posición cerrada (descrita a continuación). Sin embargo, en algunas realizaciones, no se usa ninguna bandera y no se necesita ninguna ventana para la bandera.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 97J, como se ha mencionado anteriormente, el tubo puede presionar contra el elemento de contacto de tubo 9904 lo que provoca una fuerza en la porción de encaje de tubo 9912 impartiendo así una fuerza de rotación en el brazo rotatorio dividido 9910 (véase la figura 97K). Como se muestra en la figura 97K, el brazo rotatorio dividido 9910 incluye una porción de brazo 9911 y una porción de encaje de tubo 9912. Un resorte de torsión 9909 desvía la porción de encaje de tubo 9912 contra la porción de brazo 9911. Se puede añadir una extensión a la porción de encaje de tubo 9912 para ayudar a cubrir un tubo insertado.

Un carro 9914 puede deslizarse a lo largo de una dirección paralela al eje central de un árbol 9918. Es decir, el árbol 9918 permite que el carro 9914 se acerque o se aleje de un cojinete de árbol 9920 que, a su vez, permite que una corredera 9907 coopere con un pasador 9922. El carro 9914 también incluye un pasador de carro 9913 que puede moverse en un retén 9924 para retener el brazo 9905 en una posición particular.

Un brazo 9905 tiene un imán 9906 que puede usarse por un sensor de efecto Hall (no mostrado) en una placa de circuito (tampoco mostrada) para que pueda determinarse la posición del brazo 9905. Es decir, el brazo 9905 se acciona hacia fuera y/o hacia dentro a medida que rota la porción de brazo 9911 del brazo rotatorio dividido 9910.

La figura 97L muestra una vista en ángulo de la porción de brazo 9911 que se acopla con la porción de acoplamiento de tubo 9912. La superficie 9926 de la porción de brazo 9911 está en contacto con la superficie 9928 de la porción de encaje de tubo 9912. Cabe destacar que en la posición sin carga mostrada en la figura 97L, el brazo 9905 está en una posición retraída manteniendo así el imán 9906 alejado de un sensor de efecto Hall (no mostrado).

La figura 99M muestra una vista superior de los componentes internos del caudalímetro 9700. La figura 97N muestra una vista en primer plano de la porción de encaje de tubo 9912 que tiene el elemento de contacto de tubo 9904. También, el resorte de torsión 9909 se muestra desviando la porción de brazo 9911 del brazo rotatorio dividido 9910 contra la porción de encaje de tubo 9912 del brazo rotatorio dividido 9910.

En la figura 970, se muestra un ojo de cerradura de abrazadera deslizante 9930 que puede aceptar una abrazadera deslizante. Se puede usar una abrazadera deslizante para descargar el tubo del caudalímetro 9700.

Las figuras 97P-97W muestran el caudalímetro 9700 en una posición cargada con las figuras 97Q-97W que muestran el caudalímetro 9700 con porciones retiradas de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

Como se muestra en la figura 97P, después de insertar una cámara cuentagotas, una cubierta de retención de tubo 9901 se cierra sobre el tubo de infusión intravenosa y una bandera 9903 es visible en la ventana 9916. La cubierta de retención de tubo 9902 evita que un usuario extraiga un tubo del caudalímetro 9700.

La figura 97Q muestra una vista en primer plano del elemento de contacto de tubo 9904 (que se empujará por un tubo), la cubierta de retención de tubo 9902 y la bandera 9903. La bandera 9902 está acoplada mecánicamente a la cubierta de retención de tubo 9902.

La figura 97R muestra el caudalímetro 9700 con partes retiradas, tal como el alojamiento. Cabe destacar que, como se mencionó anteriormente, la bandera 9903 está acoplada mecánicamente a la cubierta de retención de tubo 9902. A medida que la cubierta de retención de tubo 9902 pivota a una posición cerrada a lo largo de un pasador 9923, la bandera 9903 también pivota. Cuando la cubierta de retención de tubo 9902 está en la posición completamente cerrada, la bandera 9903 es visible para el usuario.

Como se muestra en la figura 97S, el tubo ha presionado contra el elemento de contacto de tubo 9904 provocando que la porción de acoplamiento de tubo 9912 haga rotar el brazo rotatorio dividido 9910 como se muestra en la figura 97T. La rotación ha hecho rotar el imán 9906 para actuar hacia un sensor de efecto Hall (no mostrado) de modo que un procesador pueda determinar que la cubierta de retención de tubo 9902 está en la posición cerrada. La rotación también ha provocado que el carro 9914 accione el lugar del pasador de carro 9913 en un retén 9934 y se mueva de tal manera que la corredera 9907 coopere con el pasador 9922 para cerrar la cubierta de retención de tubo 9902. La cubierta de retención de tubo 9902 puede pivotar a lo largo de un pasador 9932 (véase la figura 97S).

Haciendo referencia en este momento a las figuras 97U-97V, la posición extendida del brazo 9905 y el imán 9906 es fácilmente visible. Un resorte de equilibrio 9908 mantiene el carro 9914 en su posición por fricción del pasador de carro 9913 en el retén 9934. La posición del imán 9906 se ve fácilmente en la figura 97W.

Las figuras 97X-97AC muestran el caudalímetro 9700 en una posición cargada y con la cubierta de retención de tubo 9902 abierta con las figuras 97Y-97AC que muestra el caudalímetro 9700 con porciones retiradas de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

Cuando se inserta una abrazadera deslizante 9938, la cubierta de retención de tubo 9902 se retrae. Como se muestra en la figura 97Y, cuando se inserta la abrazadera deslizante 9938, el carro 9914 se acciona hacia el cojinete de árbol 9920, que a su vez acciona la corredera 9907 de tal manera que el pasador 9922 acoplado a la cubierta de retención de tubo 9902 acciona la cubierta de retención de tubo 9902 a una posición retraída.

También, debido a que el carro 9914 se acciona hacia el cojinete de árbol 9920, el pasador de carro 9913 empuja la porción de brazo 9911 de tal manera que rota el imán 9906 lejos del sensor de efecto Hall (no mostrado). Haciendo referencia a la figura 97Z, por favor tenga en cuenta que debido a que el elemento de contacto de tubo 9904 todavía está en contacto con el tubo, la porción de brazo 9911 se acciona mientras la porción de acoplamiento de tubo 9912 permanece estacionaria. Por tanto, la superficie 9926 de la porción de brazo 9911 se aleja de la superficie 9928 de la porción de acoplamiento de tubo 9912. El brazo rotatorio dividido 9910 se desvía para hacer rotar la superficie 9928 de la porción de acoplamiento de tubo 9912 hacia la superficie 9926 de la porción de brazo 9911.

Haciendo referencia a las figuras 97AA-97AC, una vez que se extrae el tubo, el elemento de contacto de tubo 9904 puede actuar de tal manera que la superficie 9926 de la porción de brazo 9911 se acciona hacia la superficie 9928 de la porción de acoplamiento de tubo 9912.

La figura 98 muestra una vista en perspectiva superior de una cámara cuentagotas 9706 que puede usarse por el aparato de las figuras 97A-97G de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Se muestra la tapa superior 9720 e incluye muescas 9728 que definen los dedos de resorte 9730. Opcionalmente, la tapa superior 9720 puede incluir círculos huecos 9732 dentro de las muescas 9728 para permitir suficiente flexibilidad de los dedos de resorte 9730. También opcionalmente, los dedos de resorte 9730 pueden incluir una muesca de liberación de presión 9736 que permite además que los dedos de resorte 9730 se doblen hacia dentro. La figura 99 muestra una vista superior de la cámara cuentagotas de la figura 98. Los dedos de resorte 9730 pueden flexionarse hacia dentro cuando la cámara cuentagotas 9706 se inserta en el acoplador 9722 (véanse las figuras 97A-97G).

La figura 100 muestra una vista en sección superior de la cámara cuentagotas 9706 de la figura 99 que se inserta en el aparato 9700 de las figuras 97A-97G de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Como se muestra, los dedos de resorte 9730 pueden arquearse hacia dentro fijando las protuberancias 9724 a medida que la cámara cuentagotas 9706 se inserta en el acoplador 9722. Es decir, las protuberancias de sujeción 9724 pueden hacer que los dedos de resorte 9730 se flexionen hasta que la tapa superior 9720 de la cámara cuentagotas 9706 se asegure en el acoplador 9722. Las muescas de liberación de presión 9736 permiten que los dedos de resorte 9730 se doblen más para reducir de ese modo el tamaño de la sección transversal de las muescas 9728 de modo que los dedos de resorte 9730 puedan flexionarse hacia dentro. La figura 101 muestra la tapa superior 9720 en una posición sujeta en el acoplador 9722. Obsérvese que la muesca que se proyecta hacia dentro 9734 coincide cooperativamente con las protuberancias de sujeción 9724.

La figura 102 muestra una vista en primer plano de la tapa superior de la cámara cuentagotas de la figura 98 que se inserta en una abertura del aparato de las figuras 97A-97G de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Obsérvese que los brazos 9738 rodean la parte superior de la tapa superior 9720. Los brazos 9738 pueden encajar a presión alrededor de la parte superior de la tapa superior 9720 para sujetarlos mejor en la misma.

La figura 103 muestra una vista en sección transversal del aparato de las figuras 97A-97G donde la tapa superior de la cámara cuentagotas está sujeta en la misma de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La protuberancia de sujeción 9727 se ve fácilmente como dispuesta dentro de la muesca que se proyecta hacia dentro 9734. Cuando la tapa superior 9720 está sujeta dentro del aparato 9700, la protuberancia de seguridad 9724 evita que la cámara cuentagotas sea retirada por una fuerza horizontal fuera del aparato 9700.

Sin embargo, con la rotación de la parte inferior de la cámara cuentagotas 9706, se libera la tapa superior 9720. Las figuras 104-105 muestran una vista en sección transversal del aparato de las figuras 97A-97G con la tapa superior 9720 de la cámara cuentagotas 9706 para ilustrar la liberación de la cámara cuentagotas 9702 del aparato 9700. Como se ve en las figuras 104-106, la rotación de la parte inferior de la cámara cuentagotas 9702 fuera del aparato 9700 permite que la muesca que se proyecta hacia dentro 9734 se deslice hacia fuera de la protuberancia de sujeción 9727. Un proceso similar ocurre en ambos lados de la cámara cuentagotas 9706 para liberar la cámara cuentagotas 9702 del aparato 9700.

En algunos ejemplos que no representan la invención, los pestillos de sujeción 9724 (o nervaduras) en las figuras 100, 101, 103-105 que capturan y bloquean las muescas (9734) en su lugar pueden ser de metal (o cualquier material duradero para el desgaste), tal como una tira estrecha de chapa metálica o acero para resortes, de modo que la cámara cuentagotas sea el material de sacrificio y la nervadura dure la vida útil del dispositivo.

La figura 106 muestra un ejemplo de la cámara cuentagotas 9704 que usa resonancia mecánica para la detección de gotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La cámara cuentagotas 9704 incluye un tubo flácido 8742. Un detector de resonancia 9744 puede detectar una resonancia mecánica del tubo flácido 9742.

A medida que se forma una gota en el extremo del tubo flácido 9742, el tubo flácido 9742 se convierte en un péndulo que tiene una longitud creciente a medida que se forma la gota en el extremo del tubo flácido 9742. El detector de resonancia 9744 puede tener un generador de vibración para hacer que el tubo flácido 9742 oscile. Esta oscilación puede medirse para estimar el volumen de la gota, el crecimiento de la gota y/o la tasa de crecimiento de la gota. El detector de resonancia 9744 puede incluir una cámara para monitorizar la oscilación o puede detectar cómo las

vibraciones del generador de vibraciones se ven afectadas por el tubo flácido 9742 (por ejemplo, usando un micrófono, sensor piezoeléctrico, etc.). El generador de vibraciones puede ser uno o más de un altavoz, un motor de vibración, un dispositivo piezoeléctrico, actuador lineal, etc.

La figura 107 muestra un ejemplo de la cámara cuentagotas 9746 que usa una fuente de luz óptica 9750 y una viga en voladizo 9748 para la detección de gotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Cuando las gotas golpean la viga en voladizo 9748, la viga se desvía en función del tamaño de la gota. Un haz de luz 9750 se refleja fuera de la viga en voladizo 9748 hacia un receptor 9826. El receptor 9826 estima la curvatura de la viga en voladizo y correlaciona esa curvatura con un tamaño de gota y/o cuando la gota golpea la viga en voladizo 9748. El receptor 9826 puede ser un sensor de CCD lineal configurado para correlacionar el píxel de CCD que recibe el haz de luz con el ángulo de curvatura del haz en voladizo 9748.

La figura 108A muestra una cámara cuentagotas 9752 que tiene un elemento antipinzamiento 9754 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Como se ve en la figura 108B, se muestra una vista en sección transversal del elemento antipinzamiento 9754 de la figura 108A. El elemento antipinzamiento 9754 incluye un manguito interno 9756 que es interno al tubo 9758. La superficie interior 9756 incluye una pluralidad de alambres 9760. Los alambres distribuyen la fuerza desde una válvula de pellizco a lo largo de la longitud del tubo 9758 provocando de este modo que el tubo se colapse a lo largo de una longitud del tubo en respuesta a una válvula de pellizco. Una válvula de pellizco aplica una fuerza a lo largo de una sección estrecha del tubo 9758. La válvula de pellizco puede tener un émbolo con un borde que contacta con el tubo 9758 ortogonal a un eje central definido por el tubo 9758 a lo largo de su longitud.

En lugar de hacer que el tubo se colapse directamente alrededor del área donde el émbolo entra en contacto con el tubo 9758, la pluralidad de alambres paralelos 9760 hace que el tubo se colapse a lo largo de una sección más larga del tubo, preferentemente en algunos ejemplos que no representan la invención, a lo largo de toda la longitud del elemento antipinzamiento 9754. Al aumentar la sección de tubería 9759 que se colapsa cuando se encaja por un elemento antipinzamiento, el caudal tiene una respuesta que está más linealizada que sin un elemento antipinzamiento, facilitando así un sistema de control para controlar el flujo de fluido a través del tubo 9758.

La pluralidad de alambres 9760 puede ser sólida, roscada, flexible, rígida, semiflexible, o alguna combinación de los mismos. Es decir, algunos de los alambres 9760 (o algunas subsecciones) pueden ser alambres rígidos mientras que los alambres 9760 (o subsecciones) pueden ser flexibles o semirrígidos, etc.

La figura 109A muestra una cámara cuentagotas 9762 con un manguito exterior 9766 (véase la figura 109B) que tiene alambres paralelos 9760 como un elemento antipinzamiento 9764 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El elemento antipinzamiento 9764 funciona de manera similar al elemento antipinzamiento 9754 de las figuras 108A-108B.

La figura 110A muestra una cámara cuentagotas 9768 que tiene un elemento antipinzamiento 9770 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Como se ve fácilmente en el elemento antipinzamiento 9770 en la vista en sección transversal de la figura 110B, el elemento antipinzamiento 9770 de las figuras 110A-110B incluye un manguito exterior 9772 que tiene un alambre en espiral 9774. El alambre en espiral 9774 distribuye más uniformemente la fuerza de pinzamiento a lo largo de la longitud del elemento antipinzamiento 9770.

La figura 111A muestra una cámara cuentagotas 9776 con un manguito interior 9780 que tiene un alambre en espiral 9774 como un elemento antipinzamiento 9778 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La figura 111B muestra una vista en sección transversal del elemento antipinzamiento 9778 de la figura 111A. El elemento antipinzamiento 9778 funciona de manera similar al elemento antipinzamiento 9770 de las figuras 110A-110B.

La figura 112 muestra una cámara cuentagotas 9782 que tiene un elemento antipinzamiento 9784. El elemento antipinzamiento 9784 puede incluir diferentes geometrías de tubo de acuerdo con varios ejemplos que no representan la invención. Es decir, las figuras 113-116 muestran varias vistas en sección transversal de varios ejemplos que no representan la invención de la sección de tubería que es un elemento antipinzamiento de la figura 112 de acuerdo con varios ejemplos que no incorporan la invención.

La figura 113 muestra una vista en sección transversal de un ejemplo que no representa la invención del elemento antipinzamiento 9782, designado generalmente como 9786. El elemento antipinzamiento 9786 incluye una pluralidad de conductos en forma de lágrima 9794, cada uno de los cuales tiene un punto apuntado hacia un eje central del tubo aguas abajo.

La figura 114 muestra una vista en sección transversal de un ejemplo que no representa la invención del elemento antipinzamiento 9782, designado generalmente como 9788. El elemento antipinzamiento 9788 tiene un conducto central 9796 con una pluralidad de conductos laterales 9798 en comunicación fluida con el conducto central 9796. Cada uno de los conductos laterales 9798 tiene un extremo plano en un extremo opuesto al conducto central.

La figura 115 muestra una vista en sección transversal de un ejemplo que no representa la invención del elemento

antipinzamiento 9782, designado generalmente como 9790. El elemento antipinzamiento 9790 tiene un conducto central 9796 con una pluralidad de conductos laterales 9800 en comunicación fluida con el conducto central 9796. Cada uno de los conductos laterales 9800 tiene un extremo redondo en un extremo opuesto al conducto 9796 central.

5 La figura 116 muestra una vista en sección transversal de un ejemplo que no representa la invención del elemento antipinzamiento 9782, designado generalmente como 9792. 64. El elemento antipinzamiento 9782 es una sección del tubo aguas abajo que tiene una pluralidad de conductos paralelos 9802.

10 Las figuras 117-120 muestran varias vistas de una cámara cuentagotas de ajuste a presión 9804 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La cámara cuentagotas 9804 incluye una tapa superior 9806 que tiene una superficie superior 9808 que está orientada en una dirección generalmente horizontal cuando está en una posición vertical. La tapa superior 9806 incluye una guía 9810 con un extremo de ventilación 9816 y un extremo redondeado 9814. Dos brazos 9812 se extienden fuera del extremo redondeado 9814 y hacia el extremo de ventilación 9816.

15 La tapa superior 9806 está configurada para encajar en un acoplador de ajuste a presión de una cámara de flujo. Como se muestra en la figura 118, la cámara cuentagotas 9804 incluye dos brazos 9812 que se extienden desde un extremo redondeado 9814 hacia el extremo de ventilación de la guía 9810. Los brazos 9812 están acoplados al extremo redondeado 9814 a través de bisagras integrales 9818.

20 Los brazos 9812 incluyen lengüetas 9820 aproximadamente a mitad de camino entre el extremo 9814, 9816 de la guía 9810. Cada una de las lengüetas 9820 incluye rampas 9822, 9824. Las rampas 9822, 9824 controlan la cantidad de fuerza necesaria para encajar la cámara cuentagotas 9804 en un caudalímetro. Como se ve fácilmente en las figuras 119-120, se muestran los brazos 9812 y están a una distancia predeterminada de la superficie superior 9808.

25 Las figuras 121-122 muestran la cámara cuentagotas de ajuste a presión 9804 de las figuras 117-120 fijada dentro de un caudalímetro de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La cámara cuentagotas 9804 puede insertarse en el caudalímetro 9832. Los brazos 9812 pueden encajar en pistas complementarias 9828 para guiar la cámara cuentagotas 9804 hacia el interior del cuerpo del caudalímetro 9832. Como se observa mejor en la Figura 122, los brazos 9812 pueden fijarse a presión a los pasadores 9830. Obsérvese que la forma y/o el ángulo de las rampas 9822, 9824 controlan la fuerza necesaria para insertar la cámara cuentagotas 9804 dentro y fuera del caudalímetro 9832.

35 La figura 123 muestra una cámara cuentagotas 10000 que tiene una marca de referencia 10004 (la figura 10004 muestra un primer plano de la marca de referencia 10004) para que un sensor de imagen determine la ubicación de la cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Un sensor de imagen puede aprovechar la marca de referencia 10004 usándolo para calcular la posición de la cámara cuentagotas 10000. La figura 125 muestra una cámara cuentagotas 10006 que tiene alas 10008, cada una de las cuales incluye una marca de referencia 10010 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Las alas 10008 pueden usarse para colocar la cámara cuentagotas 10006 dentro de una abertura de un caudalímetro (por ejemplo, como se divulga en el presente documento). Las marcas de referencia 10010 y/o 10004 de las figuras 123-125 pueden moldearse en el material base.

45 Las figuras 126-127 muestran una cámara cuentagotas 10012 que tiene elementos de iluminación 10014 configurados para iluminar internamente las paredes de la cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Los elementos de iluminación internos 10014 pueden hacer brillar luz en las paredes de la cámara cuentagotas 10012 o en la cavidad interna de la cámara cuentagotas 10012. También puede estar presente una barra de luz de led 10026 para iluminar la cámara y/o la periferia de la barra de luz de led 10026.

50 La figura 128 muestra una cámara cuentagotas 100016 con una franja sólida 10018 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La franja sólida 10018 puede usarse por el sensor de imagen para determinar el nivel del líquido. Es decir, la franja sólida puede desplazarse ópticamente desde la perspectiva de la cámara (por ejemplo, hacia la izquierda o derecha de la cámara cuentagotas con respecto al lado no sumergido de la franja 10019). Este desplazamiento puede usarse para estimar el nivel del líquido.

55 La figura 129 muestra una cámara cuentagotas 10020 con un ala 10022 con un código de barras 2-D 10024 incrustado en la misma de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El código de barras 10024 puede estar en una o más de las alas 10022. El código de barras 2-D puede ser único para cada conjunto de administración acoplado a la cámara cuentagotas 10020.

60 Las figuras 130-131 muestran una cámara cuentagotas 10028 que está enchavetada e incluye un patrón de fondo 10032 que se ilumina mediante luz que brilla a través de un borde del patrón de fondo 10032 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La figura 131 muestra la tapa superior 10030, mientras que la figura 130 muestra la tapa superior 10030 retirada. La forma plana del patrón de fondo 10032 proporciona una clave para la cámara cuentagotas que cuando se inserta en un caudalímetro complementario solo es posible una orientación. En algunos ejemplos que no representan la invención, el patrón de fondo 10032 solo usa tinta que es visible en el rango del espectro infrarrojo.

La figura 132 muestra una cámara cuentagotas 10034 que tiene una punta arponada 10036 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La punta arponada 10036 mantiene la cámara cuentagotas 10034 fija dentro de un contenedor (por ejemplo, charco de fluido de vidrio).

La figura 133 muestra una cámara cuentagotas 10038 que tiene una cámara de forma cilíndrica con elementos de iluminación 10042 para iluminar un patrón de fondo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Debido a la forma redonda de la cámara, el patrón de fondo es visible desde cualquier ángulo. El patrón de fondo puede usar tuberías ópticas 10044 para iluminar el patrón de fondo. La tubería óptica en espiral 10044 (es decir, conducto de luz) puede o no ser parte del patrón de fondo.

La figura 134 muestra una cámara cuentagotas 10040 que tiene una cámara de forma rectangular con elementos de iluminación 10042 para iluminar un patrón de fondo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El patrón de fondo es visible en las cuatro paredes de la cámara cuentagotas, lo que permite que la cámara cuentagotas 10040 se coloque en cualquiera de las cuatro orientaciones en un caudalímetro cooperante. Los conductos de luz 10046 pueden colocarse en la cámara cuentagotas para dirigir la luz desde el elemento de iluminación 10042. Los conductos de luz 10046 pueden o no ser parte del patrón de fondo.

Las figuras 135A-135C muestran una tapa superior con 10048 un mecanismo de bombeo de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Con referencia a las figuras 135A-135B, la tapa superior 10048 incluye una válvula volcánica 10050 (sin embargo, se puede usar cualquier válvula de fluido) y un puerto de fluido 10056. Una bomba acoplada al puerto de fluido puede bombear fluido (por ejemplo, aire) dentro o fuera del puerto 10056. También, se puede acoplar un sensor de presión al puerto 10056 para medir la presión interna de la cámara cuentagotas. La bomba (no mostrada) puede ser una bomba de pistón o una bomba basada en fuelle.

Se puede colocar una película o membrana delgada sobre la válvula 10050 de modo que una fuerza (fuerza neumática, fuerza de fluido, o dispositivo físico) presionada contra la válvula 10050 cierra el flujo de fluido desde un puerto de entrada 10052 de la válvula 10050 al puerto de salida 10054 de la válvula 10050.

La tapa superior 10048 puede ser parte de cualquier cámara cuentagotas conocida por un experto en la materia y/o una descrita en el presente documento. Como se muestra en el dibujo en sección transversal de la figura 135C, la tapa superior 10048 puede acoplarse a una cámara cilíndrica a través de la interfaz 10058. La figura 135C muestra una vista en sección transversal a lo largo de la sección A-A mostrada en la figura 135B. Aguas abajo de la cámara cuentagotas formada por la tapa superior 10048 puede haber un oclisor aguas abajo. Sin embargo, en algunos ejemplos que no representan la invención, se puede utilizar una oclusión aguas arriba.

La acción de bombeo puede funcionar de la siguiente manera. El oclisor aguas abajo se cierra y la válvula 10050 se abre. A continuación, el aire se succiona a través del puerto de fluido 10056. La válvula 10050 se cierra a continuación. A continuación, se abre el oclisor aguas abajo. A continuación, el aire se introduce en el puerto de fluido 10056. En algunos ejemplos que no representan la invención, el aire colocado de vuelta a través del puerto de fluido 10056 es aspirado por el mismo volumen del aire. El volumen de fluido descargado aguas abajo puede caracterizarse por:  $V_{\text{agua}} = V_{\text{carrera}} + c\Delta P/P1P2$ .

En algunos ejemplos que no representan la invención, un pistón acoplado al puerto 10056 se mueve hacia adelante y hacia atrás provocando oscilaciones de presión en la cámara cuentagotas. Cuando la presión cae, se extrae una gota. Cuando se eleva la presión, el fluido es forzado a salir por el fondo. En algunos ejemplos que no representan la invención, se utiliza una válvula de retención, sin embargo, se puede utilizar una válvula o válvulas activas. Se puede determinar el volumen desplazado por el pistón. Se puede calcular un caudal basándose en la monitorización de la presión (por ejemplo,  $V_{\text{agua}} = V_{\text{carrera}} + c\Delta P/P1P2$ ). Usando esto, el sistema se puede configurar de tal manera que tengamos dos medios independientes para medir el caudal: observando las gotas como se describe en el presente documento usando el sensor de imagen y/o usando el cambio de presión. En algunos ejemplos que no representan la invención, usando estos dos métodos, se pueden utilizar ejecuciones de calibración a intervalos establecidos con fluidos conocidos para aumentar la precisión. En algunos ejemplos que no representan la invención, una clase de fluido (el tamaño de gota varía ligeramente en función de una clase (tipo de fluido (por ejemplo, fluidos basados en la viscosidad) se puede usar una comparación del número de gotas con la cantidad de fluido medido usando presión para clasificar el fluido.

En algunos ejemplos que no representan la invención, se puede usar una infusión que usa ambos métodos, pero si un método no está disponible, el sistema puede cambiar al que esté operativo para continuar la infusión. En algunos ejemplos adicionales que no representan la invención, las válvulas se pueden conmutar para permitir que el dispositivo bombee hacia atrás. Al bombear hacia atrás, si se puede determinar si una infusión está obteniendo o no un flujo constante (la conexión a la vena es buena), no existe flujo (atascado en la persona, pero no en una vena, o vena colapsada), o existe demasiado flujo (pérdida de toda conexión, tirando del aire). En algunos ejemplos que no representan la invención, se pueden usar una o más válvulas activas.

La figura 136 muestra una cámara cuentagotas 10060 que tiene una pluralidad de elementos de iluminación 10062 de

acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Los elementos de iluminación 10062 pueden ser ledes. Los elementos de iluminación 10062 pueden iluminar fuera de la cámara cilíndrica, dentro de la cámara cilíndrica, o en un borde de la cámara cilíndrica para guiar la luz a lo largo de la pared de la cámara cilíndrica. Un contacto 10064 puede interactuar con unos contactos eléctricos de un caudalímetro para alimentar la pluralidad de elementos de iluminación 10062. En algunos ejemplos que no representan la invención, el contacto 10064 es, en cambio, una bobina inductiva que recibe energía eléctrica de forma remota desde el caudalímetro a través de un acoplamiento inductivo, que luego se usa para alimentar los elementos de iluminación 10062.

La figura 137 muestra una cámara cuentagotas 10066 que tiene una pluralidad de salientes internos 10068 para facilitar el flujo de líquido de condensación en la pared interna de la cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Los salientes internos 10068 facilitan la formación de gotas desde la condensación de la pared interna y ayudan a guiar el líquido en una dirección vertical hacia el tubo aguas abajo.

La figura 138 muestra un caudalímetro 10070 acoplado a una bolsa a través de un resorte 10072 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Una bolsa acoplada puede colgarse en un poste con el caudalímetro acoplado a la bolsa a través del resorte 10072.

La figura 139 muestra una sección transversal de una cámara cuentagotas de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La cámara incluye un primer lado 10074 que tiene un patrón impreso por una primera tinta y un segundo lado 10076 que tiene un patrón impreso por una segunda tinta. Las dos tintas pueden responder a diferentes longitudes de onda de luz (por ejemplo, fotofluorescente). Una estructura de iluminación 10078 puede hacer brillar una luz en la cámara basándose en qué tinta se desea que aparezca en el campo de visión del sensor de la imagen.

La figura 140 muestra un caudalímetro 10080 acoplado a una cámara cuentagotas a través de fiadores 10082 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Hay una conexión entre la cámara y la bolsa de fluido a través de una conexión 10084. La cámara cuentagotas puede ajustarse a presión en el caudalímetro 10080 en la parte inferior de una cámara cuentagotas.

Las figuras 141A-141B muestran una cámara cuentagotas que tiene una marca de referencia 10088 en un ala y una marca de referencia 10090 dentro de la cámara cuentagotas 70086 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. El líquido dentro de la cámara cuentagotas 70086 puede hacer que la marca de referencia 10090 se desplace ópticamente en posición cuando el nivel de líquido está por encima de la marca de referencia 10090. Este cambio en la posición óptica (de la figura 141A a la figura 141B) puede usarse por el sensor de imagen como una indicación de que el líquido está por encima de la marca de referencia 10090. La marca de referencia 10088 puede usarse por el sensor de imagen para determinar la posición de la cámara cuentagotas 10086.

La figura 142A muestra una cámara cuentagotas 10092 con un código de barras 10094 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. La figura 142B muestra varios códigos de barras 10096 ilustrativos que pueden usarse en la cámara cuentagotas. La figura 143 muestra una cámara cuentagotas con una etiqueta de RFID 10100.

La figura 144 muestra un dibujo esquemático de una bomba de lanzadera 10102 que usa válvulas de retención de pico de pato 10104, 10106 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Cualquier pulsación mecánica entre las válvulas 10104, 10106 de ida y vuelta hará que el fluido fluya en una dirección permitida por las válvulas. La pulsación empuja el fluido a través de la dirección de corrección a través de la válvula unidireccional cuando el pulso empuja el líquido en esa dirección. La agitación puede producirse lejos de una cámara cuentagotas evitando que las gotas se agiten demasiado.

La figura 145 muestra un dibujo esquemático de una bomba de lanzadera 10108 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. Hay dos válvulas unidireccionales 10110, 10112 y una lanzadera 10114 sujeta a pulsación. La pulsación hace que el fluido vaya en una dirección permitida por las válvulas 10110, 10112.

La figura 146 muestra un dibujo esquemático de una bomba de lanzadera 10116 que usa una leva excéntrica 10120 acoplada a un motor 10118 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. A medida que el motor acciona la leva 10120, hace que la lanzadera 10116 emita pulsos como se muestra por la flecha. El retroceso y la fuerza permiten que dos válvulas unidireccionales impulsen fluido a través de la lanzadera como se indica por las flechas de flujo.

La figura 147 muestra una cámara cuentagotas 10122 que usa una bomba de pistón 10124 y válvulas de retención 10126, 10128 de acuerdo con un ejemplo que no representa la invención. A medida que se acciona la bomba de pistón 10124, las válvulas de retención 10126, 10128 bombean fluido hacia abajo.

En ejemplos alternativos que no representan la invención, se puede añadir un tapón o esponja a la cámara 10122 en la parte inferior de la cámara, un tapón o esponja que tiene una válvula unidireccional, permitiendo únicamente el flujo "hacia abajo". Esto flotará o absorberá hasta la parte superior del nivel principal. Usando un electroimán en el dispositivo, el tapón se puede empujar hacia abajo, forzando el fluido a salir por el fondo de la cámara cuentagotas y

extrayendo más fluido desde la boquilla. Esto nos permite integrar el mecanismo de bombeo en la cámara cuentagotas y monitorizar las gotas con el sensor de imagen mencionado aquí. Esto puede reemplazar y/o complementar las válvulas de retención 10126, 10128. La cámara cuentagotas 10122 puede usarse dentro del cebado automático.

5 En algunos ejemplos que no representan la invención, el fármaco correcto puede verificarse de forma cruzada usando difracción láser a través de la gota. Cuando se adquiere la primera gota en el proceso de puesta en marcha, el flujo se puede detener temporalmente y la difracción láser se puede realizar en la solución. Al caracterizar estos, se puede determinar cuál es la solución que está a punto de infundirse antes de la infusión.

10 La identificación del fluido puede hacerse por densidad. Al agregar pequeños anillos en la cámara cuentagotas que flotan libremente y de diferentes densidades, el sensor de imagen puede observar qué anillos flotan hacia la parte superior del cebador y cuáles se hunden hasta el fondo para determinar la densidad del fluido. Los anillos están correlacionados con la densidad del fluido. La identificación del fluido puede realizarse basándose en el tamaño de gota usando el sensor de imagen.

15 Las disposiciones mostradas en los dibujos se presentan únicamente para demostrar ciertos ejemplos de la divulgación. Y, los dibujos descritos son solo esquemáticos y no limitativos. En los dibujos, para fines ilustrativos, el tamaño de algunos de los elementos puede exagerarse y no dibujarse a una escala particular. Adicionalmente, los elementos mostrados en los dibujos que tienen los mismos números pueden ser elementos idénticos o pueden ser elementos similares, dependiendo del contexto.

20 Cuando el término "que comprende" se usa en la presente descripción y reivindicaciones, no excluye otros elementos o etapas. Cuando se usa un artículo indefinido o definido cuando se hace referencia a un sustantivo singular, por ejemplo, "un", "una", o "el", "la", esto incluye un plural de ese sustantivo a menos que se indique específicamente lo contrario. Por consiguiente, el término "que comprende" no debe interpretarse como restringido a los elementos enumerados a continuación; no excluye otros elementos o etapas, por lo que el alcance de la expresión "un dispositivo que comprende los elementos A y B" no debe limitarse a dispositivos que consisten únicamente en los componentes A y B. Esta expresión significa que, con respecto a la presente divulgación, los únicos componentes relevantes del dispositivo son A y B.

30 Es más, los términos "primer/a", "segundo/a", "tercero/a", y similares, ya sea que se use en la descripción o en las reivindicaciones, se proporcionan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico. Debe entenderse que los términos así utilizados son intercambiables en circunstancias apropiadas (a menos que se divulgue claramente lo contrario) y que las disposiciones de la divulgación descrita en el presente documento son capaces de operar en otras secuencias y/o disposiciones que se describen o ilustran en el presente documento.

35

# REIVINDICACIONES

1. Un aparato (9700) para infundir fluido en un paciente, comprendiendo el aparato (9700):

5 un alojamiento (9702) que tiene una abertura (9708) en un lado frontal del alojamiento (9702), en donde la abertura (9708) está dimensionada para recibir una cámara cuentagotas que tiene un tubo de entrada y un tubo de salida; un elemento de contacto de tubo (9904) configurado para contactar uno del tubo de entrada y el tubo de salida de la cámara cuentagotas cuando el uno del tubo de entrada y el tubo de salida de la cámara cuentagotas se inserta en la abertura (9708), en donde el elemento de contacto de tubo (9904) está configurado para rotar en respuesta al contacto entre el tubo de entrada y el tubo de salida;

10 un resorte de torsión (9909); un brazo rotatorio dividido (9910) que comprende una porción de brazo (9911) y una porción de encaje de tubo (9912), en donde la porción de encaje de tubo (9912) incluye el elemento de contacto de tubo (9904), en donde la porción de brazo (9911) comprende un retén (9934) y en donde el resorte de torsión (9909) está configurado para desviar rotacionalmente el elemento de contacto de tubo (9904) contra la porción de brazo (9911), de tal manera que la porción de brazo (9911) rota a lo largo de un eje en respuesta a la rotación del elemento de contacto de tubo (9904);

15 un árbol (9918) acoplado a un cojinete (9920); un carro (9914) acoplado al árbol (9918), comprendiendo el carro (9914) un pasador de carro (9913) configurado para encajarse con el retén (9934);

20 una corredera (9907); y una cubierta de retención de tubo (9902) acoplada a un pasador adicional (9922), en donde el pasador de carro (9913) está configurado para encajarse con el retén (9934) tras la rotación de la porción de brazo (9911), de tal manera que el carro (9914) y la corredera (9907) se accionan lejos del cojinete (9920),

25 en donde el accionamiento de la corredera (9907) lejos del cojinete (9920) hace que la corredera (9907) coopere con el pasador adicional (9922) para cerrar de manera pivotante la cubierta de retención de tubo (9902).

2. El aparato (9700) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un ojo de cerradura de abrazadera deslizante (9930), en donde, cuando la cámara cuentagotas se carga inicialmente, el brazo rotatorio (9910) rota en una primera dirección.

3. El aparato (9700) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una retroiluminación colocada detrás de la cámara cuentagotas para dirigir una luz hacia una abertura (9708) de la cámara cuentagotas.

35 4. El aparato (9700) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la retroiluminación hace brillar la luz a través de la cámara cuentagotas y fuera de la abertura (9708) del alojamiento (9702).

5. El aparato (9700) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un patrón de fondo dispuesto en una pared interior dentro de la abertura (9708) del alojamiento (9702).

40 6. El aparato (9700) de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además una luz de fondo configurada para iluminar el patrón de fondo.

45 7. El aparato (9700) de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además una retroiluminación colocada detrás de la cámara cuentagotas para dirigir una luz hacia una abertura (9708) de la cámara cuentagotas.

8. El aparato (9700) de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además un circuito de modulación para modular la luz de fondo y la retroiluminación.

50 9. El aparato (9700) de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la luz de fondo y la retroiluminación se modulan de manera desfasada entre sí.

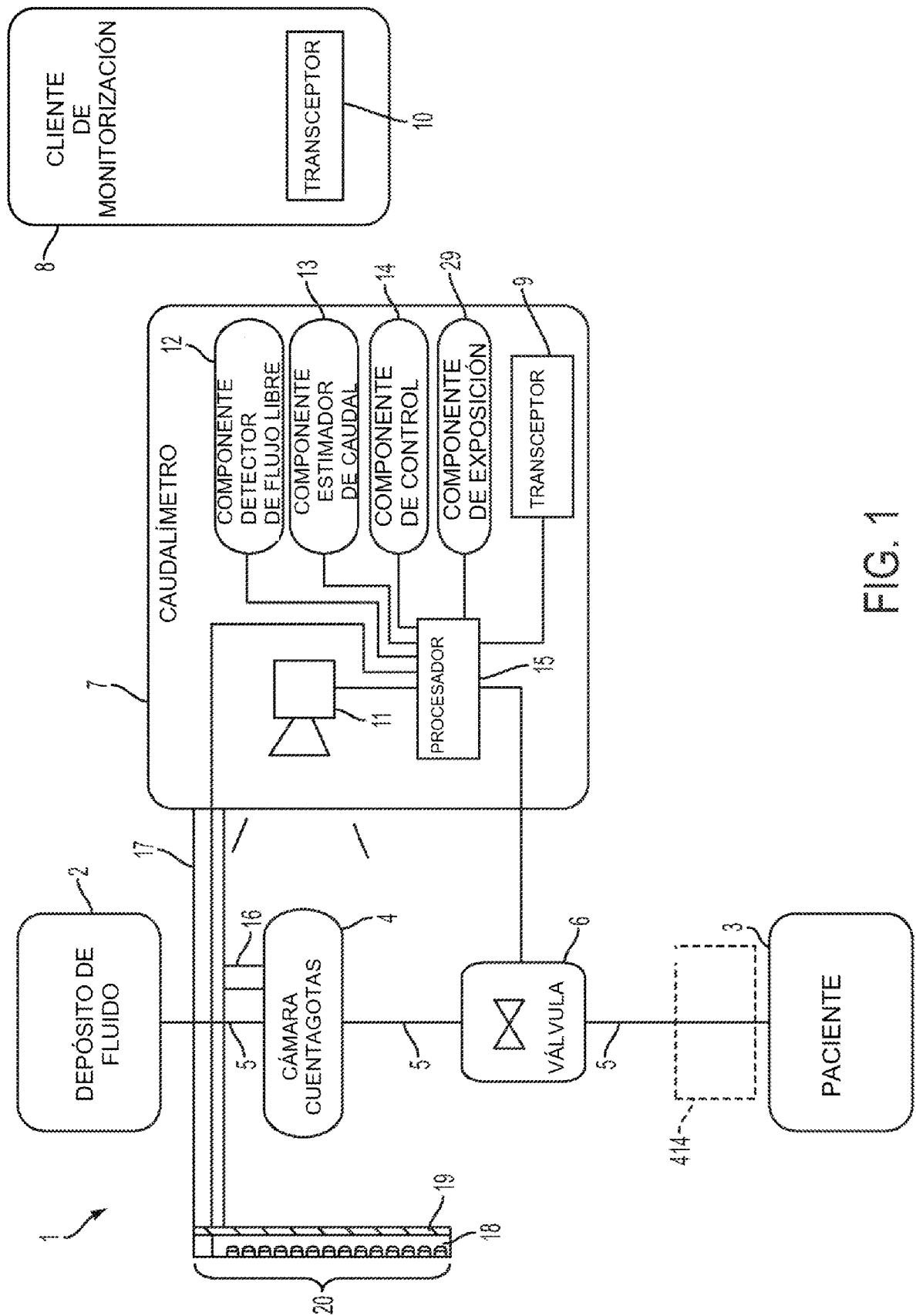


FIG. 1

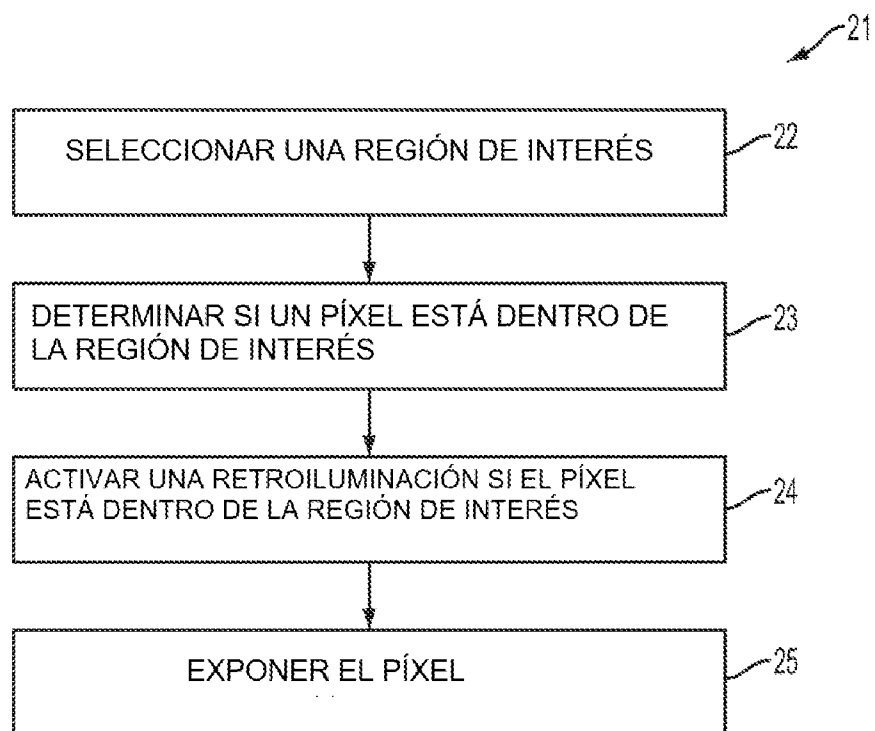


FIG. 2

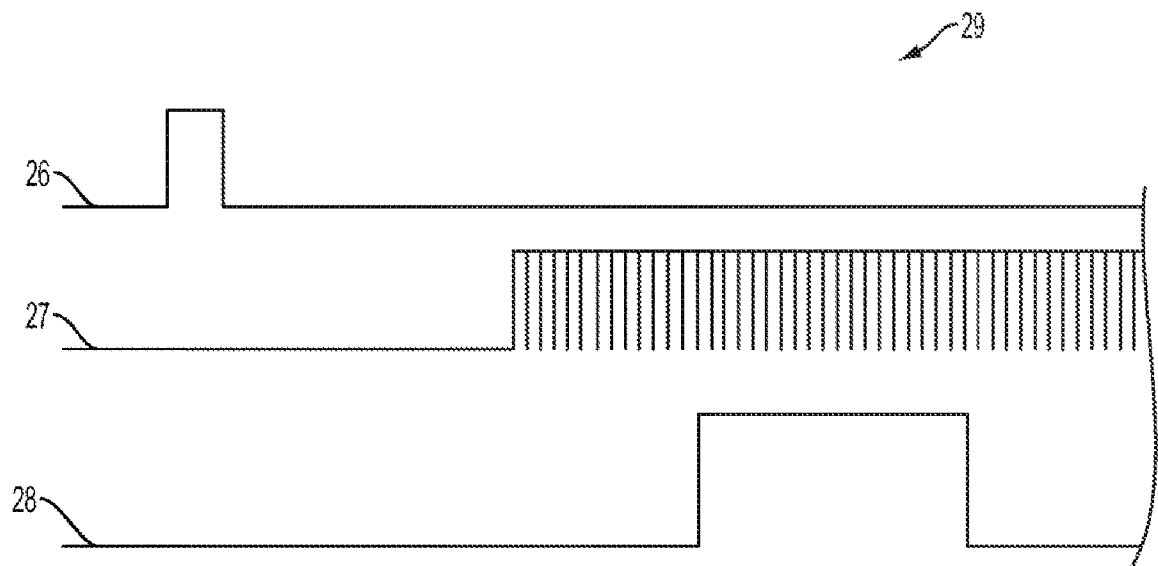


FIG. 3

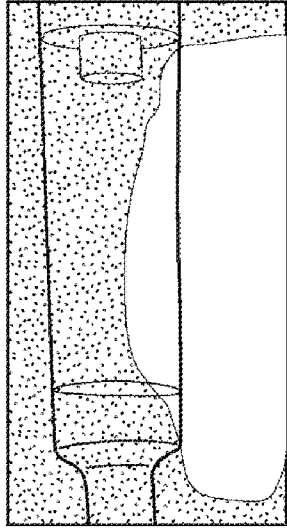


FIG. 4A

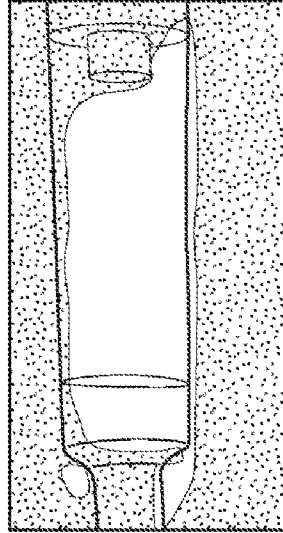


FIG. 4B

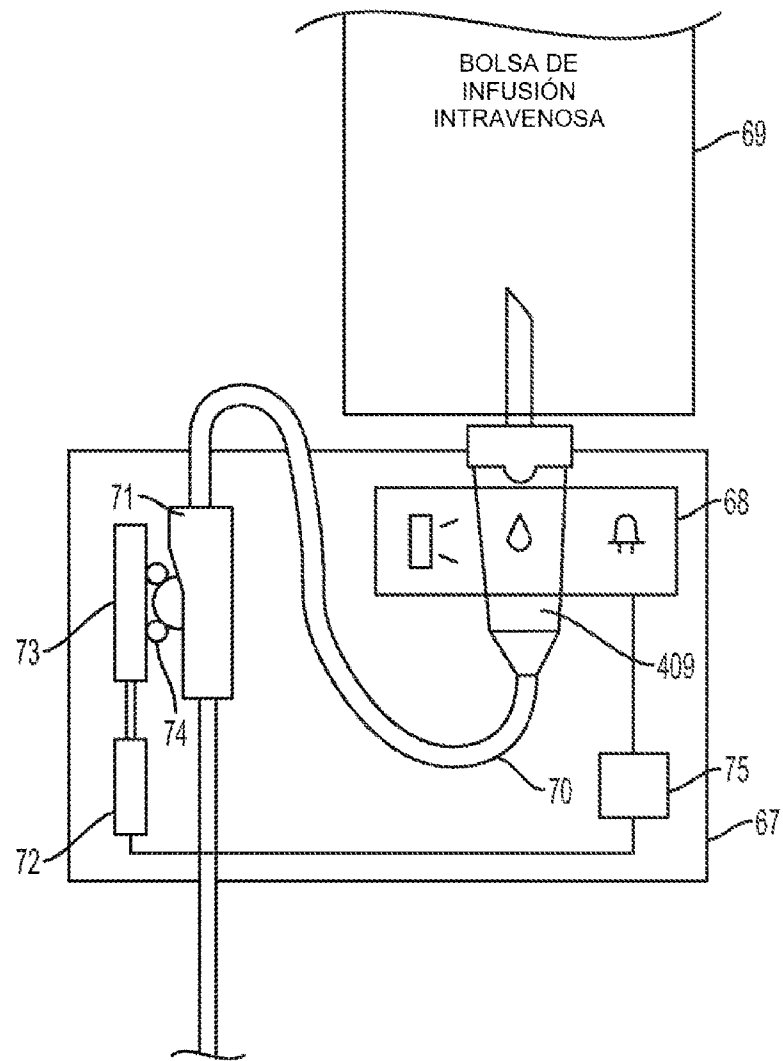


FIG. 5

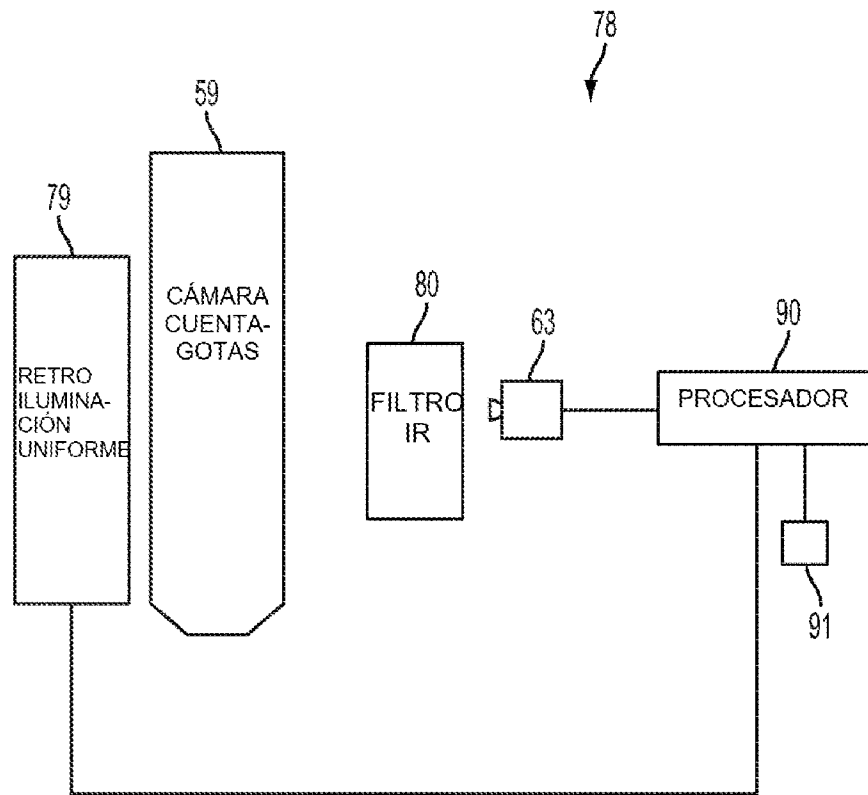


FIG. 6

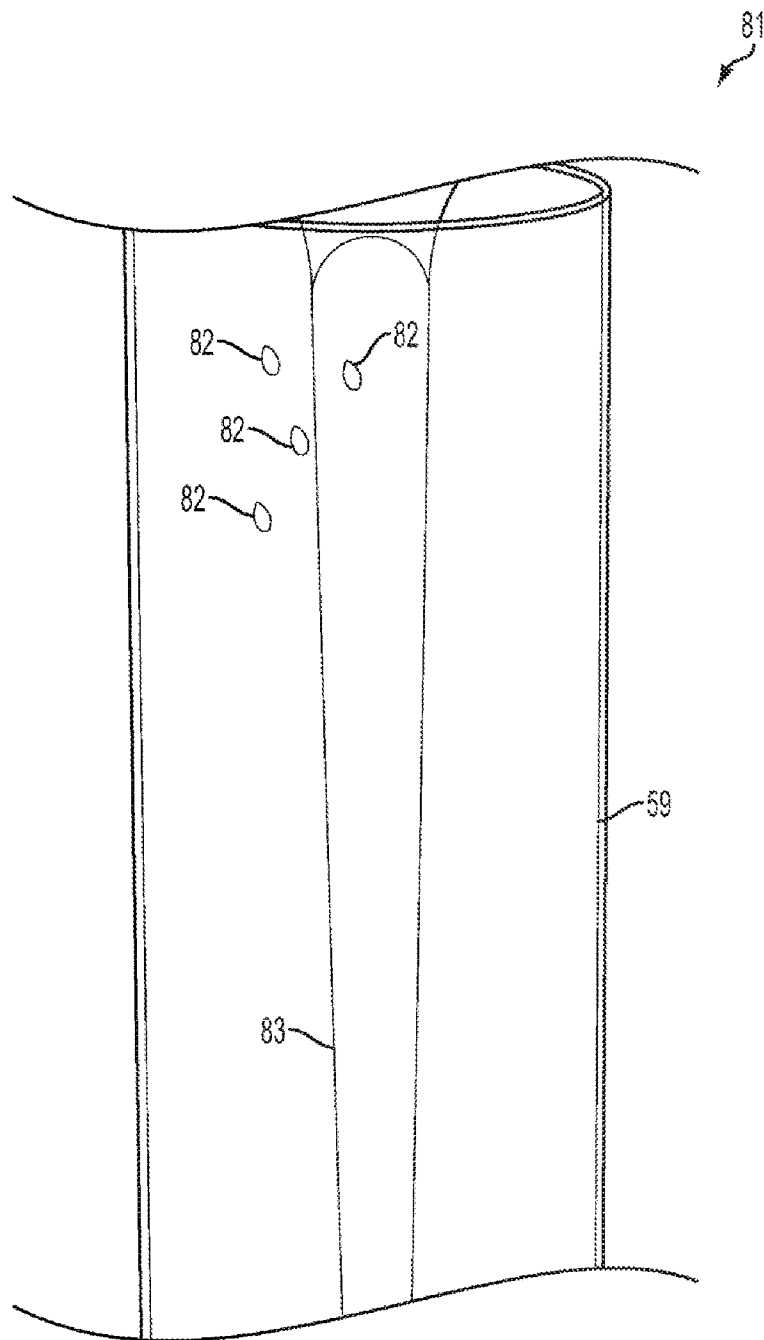


FIG. 7

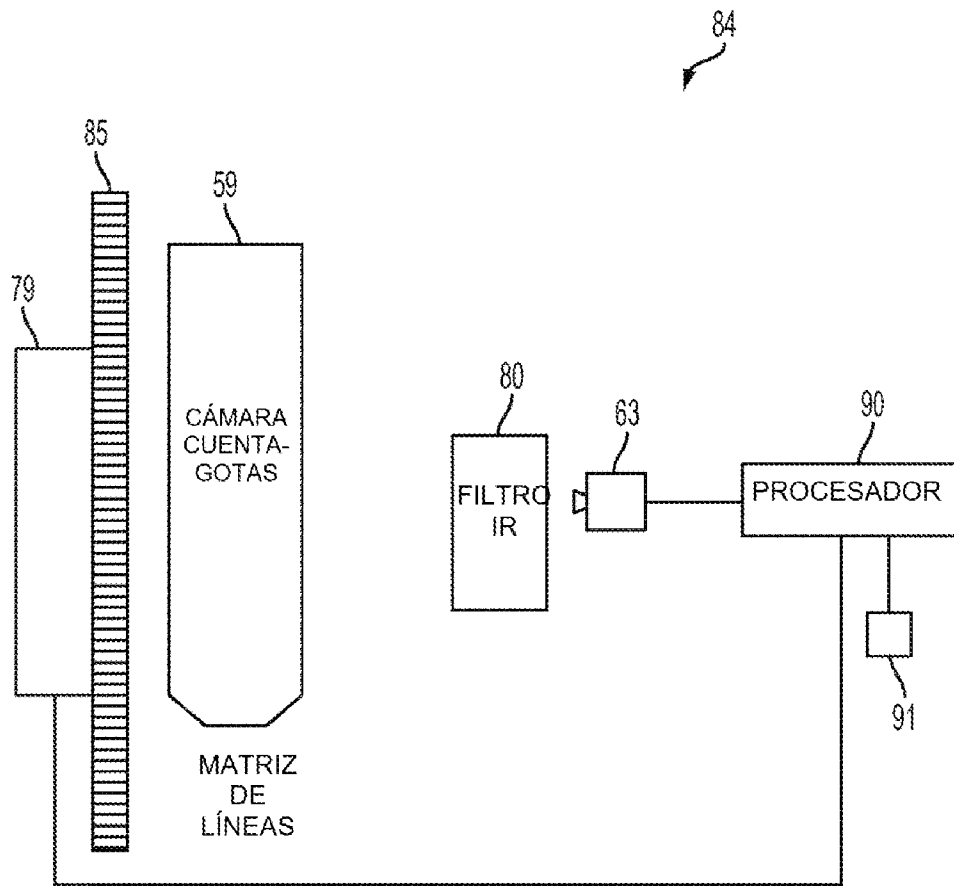


FIG. 8

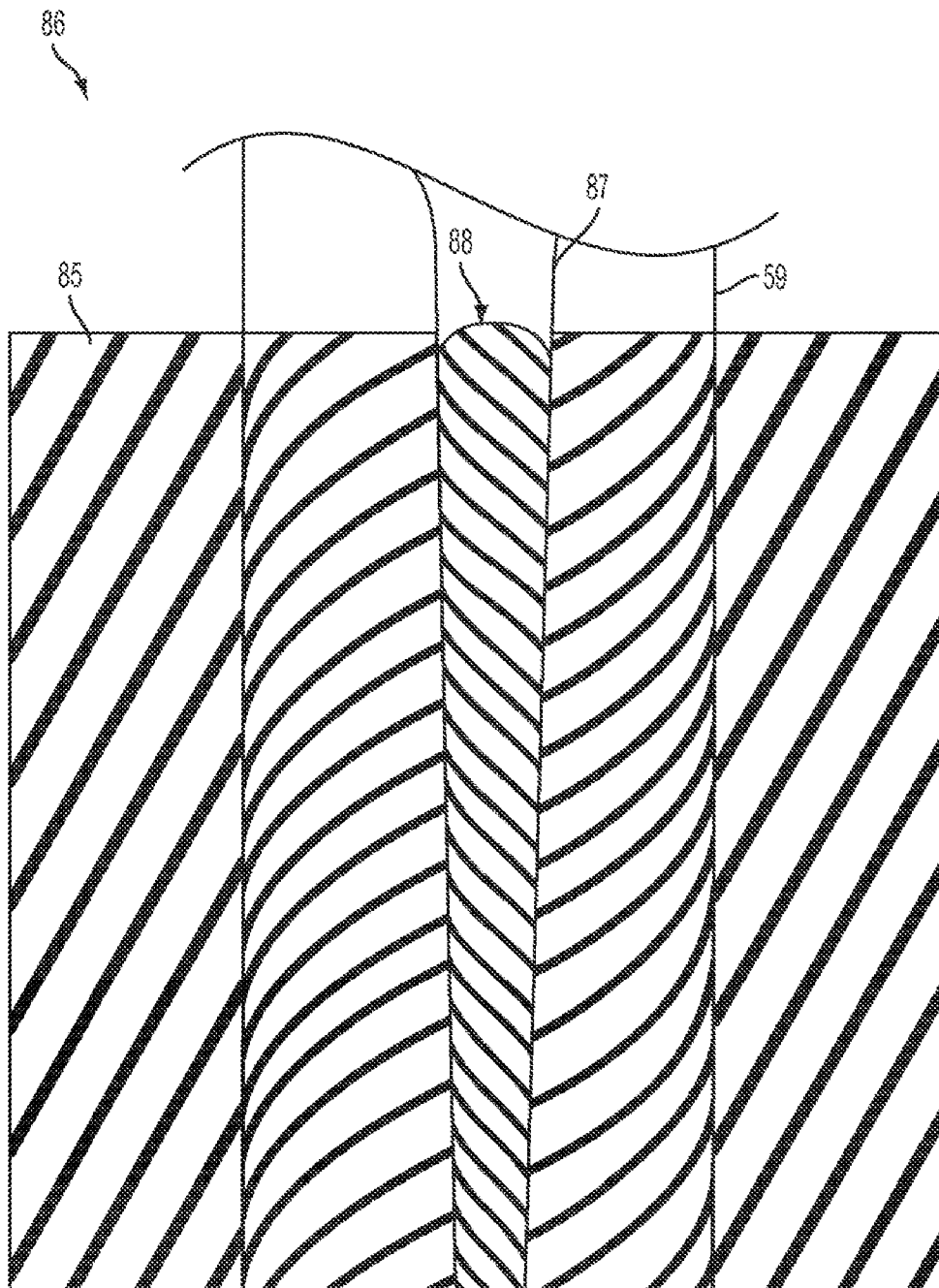


FIG. 9



TÍPICA IMAGEN DE FONDO

FIG. 10

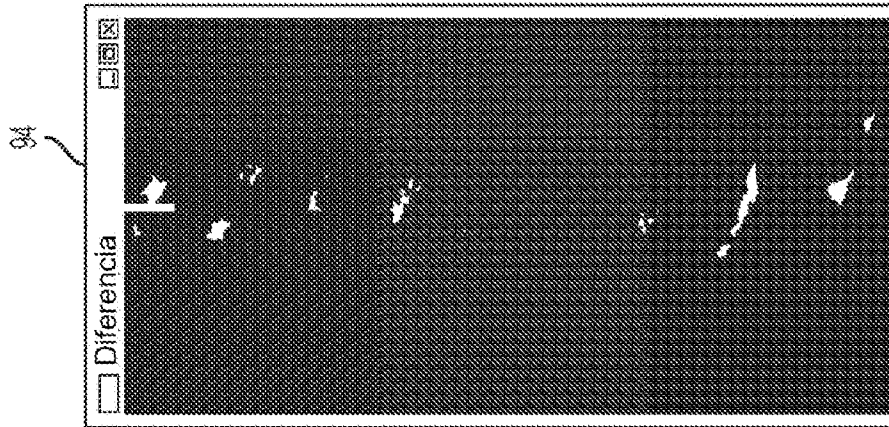


FIG. 13

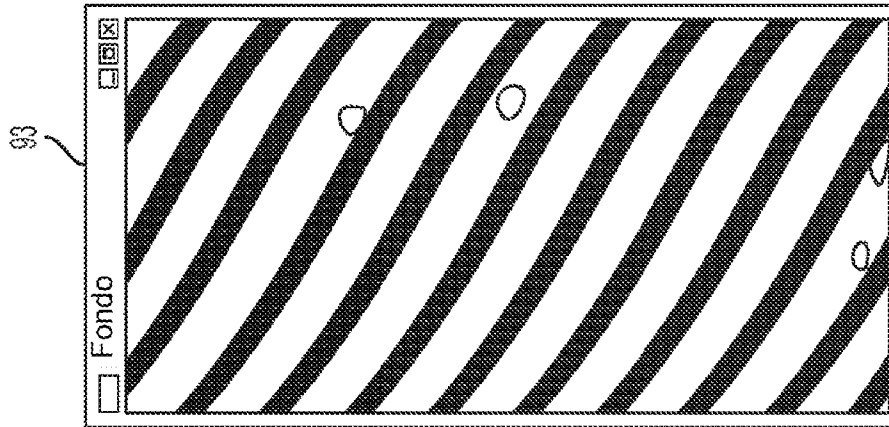


FIG. 12

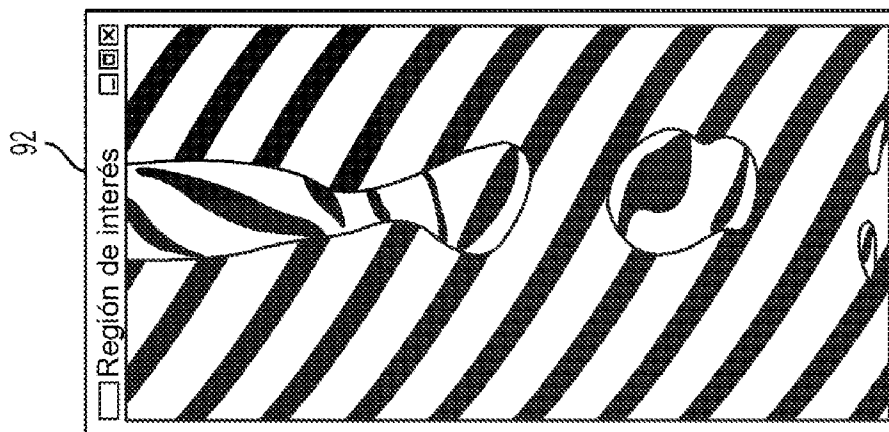


FIG. 11

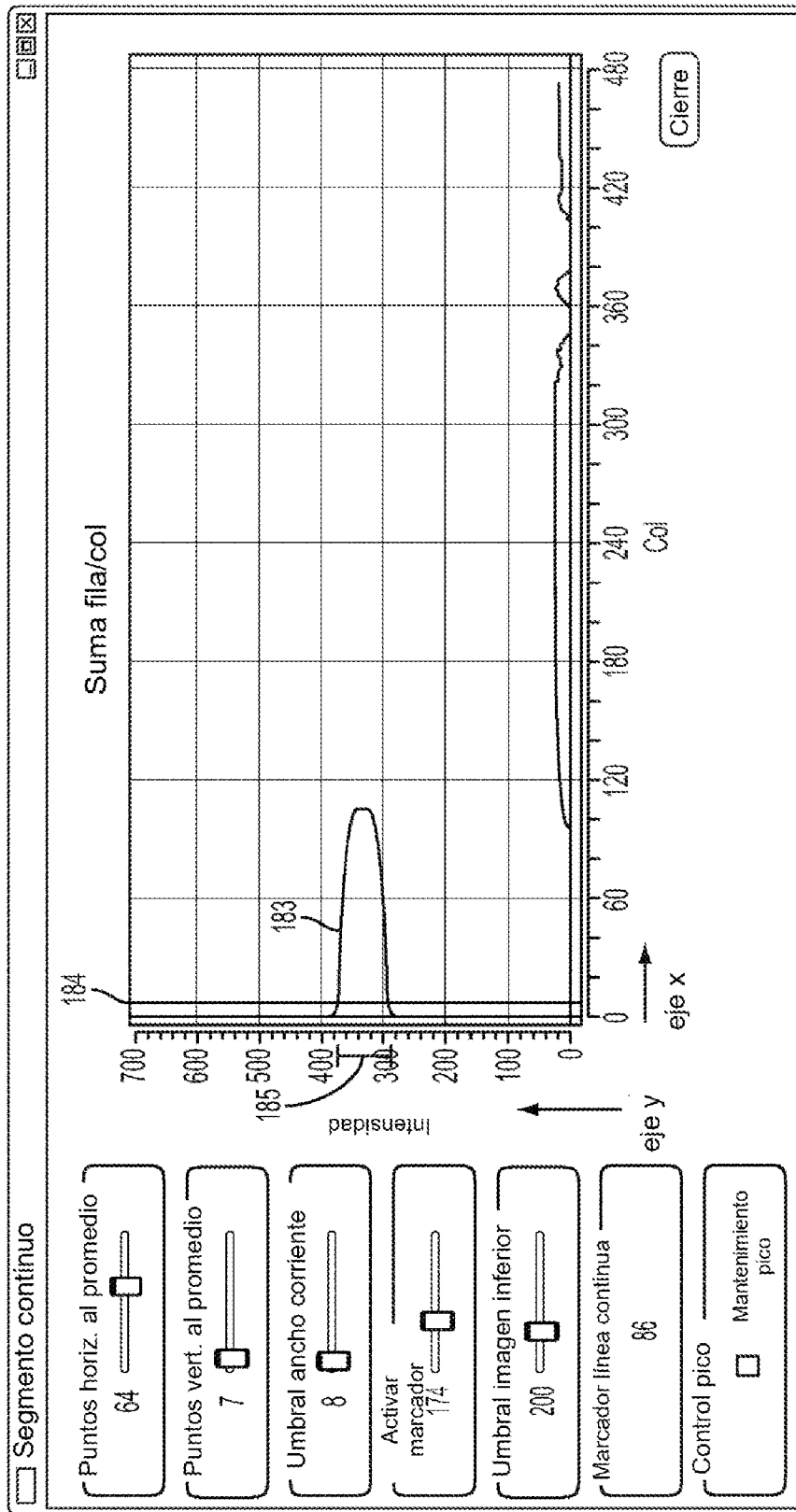


FIG. 14

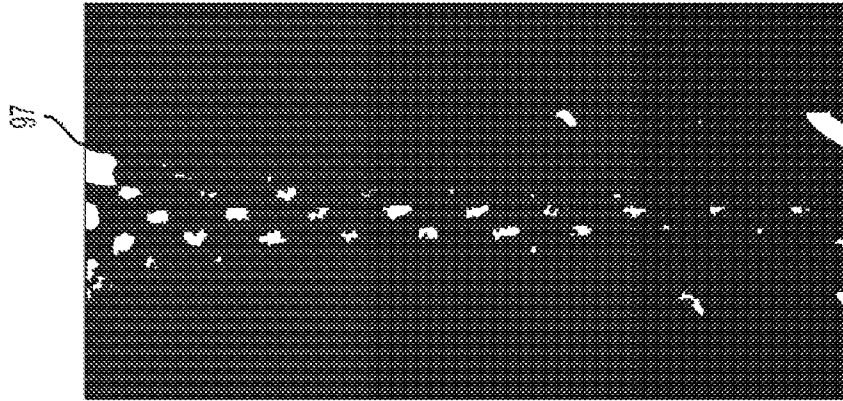


FIG. 17

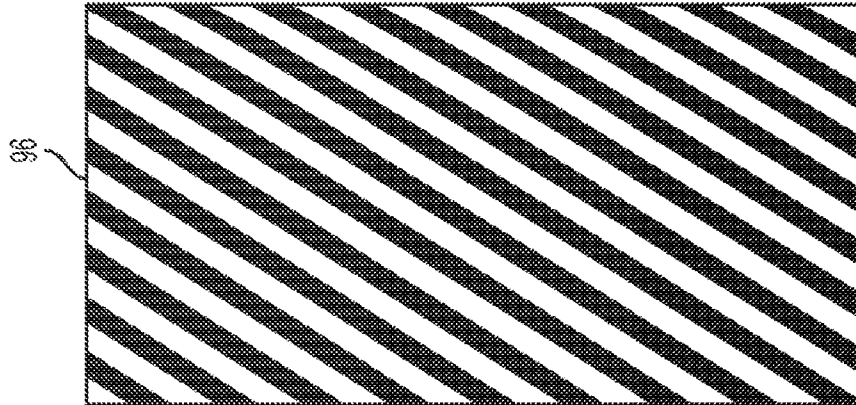


FIG. 16

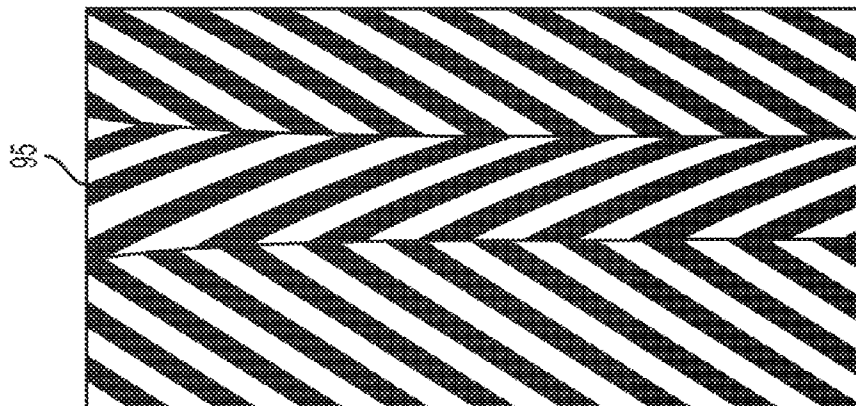


FIG. 15

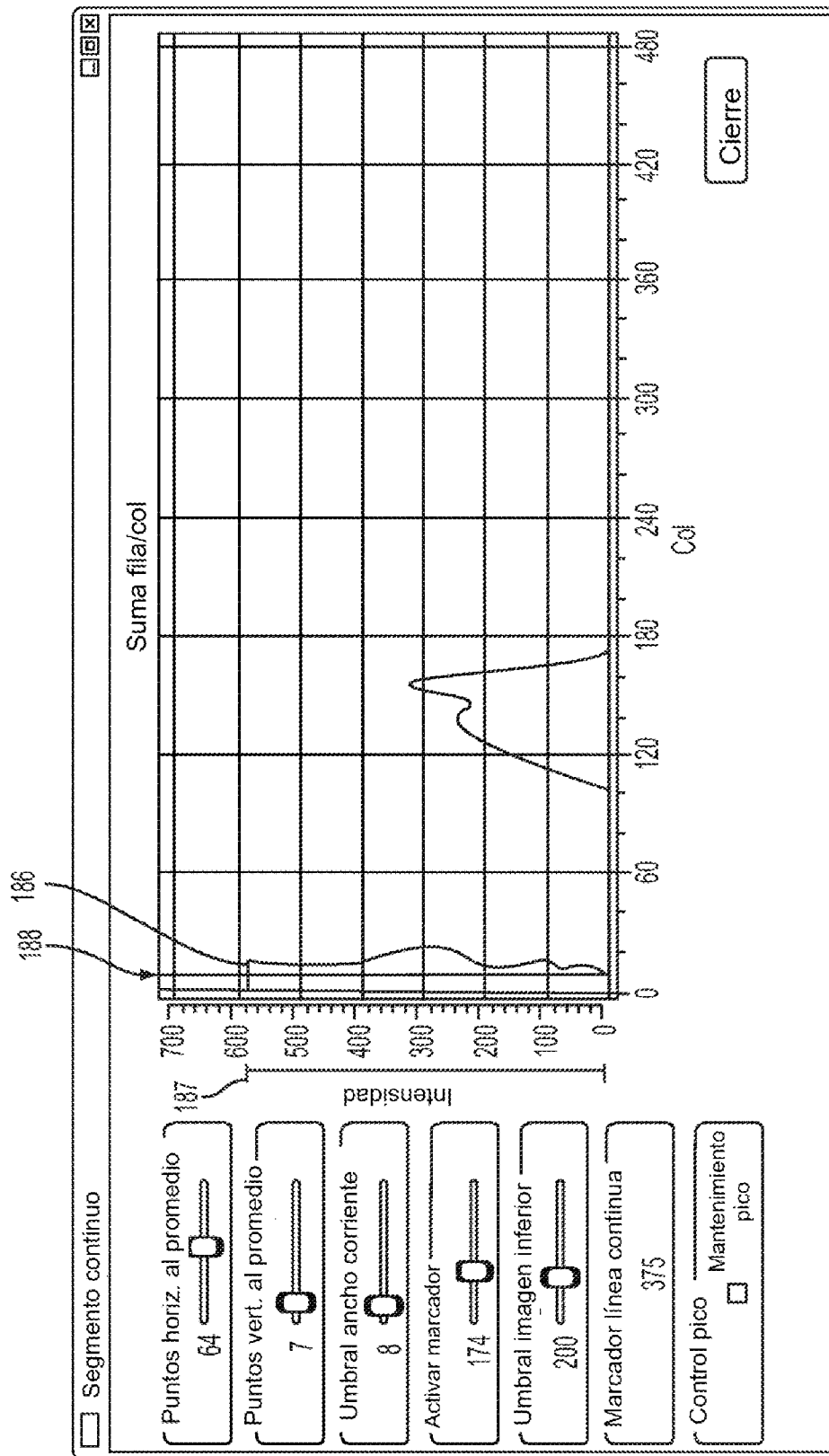


FIG. 18

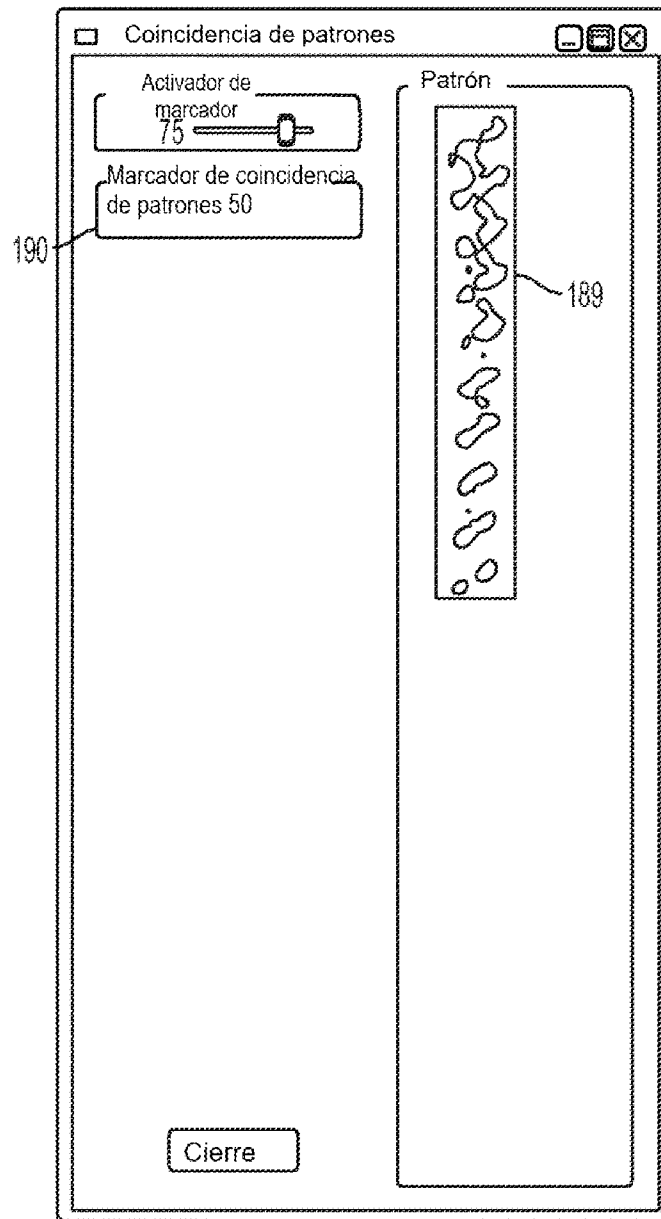


FIG. 19

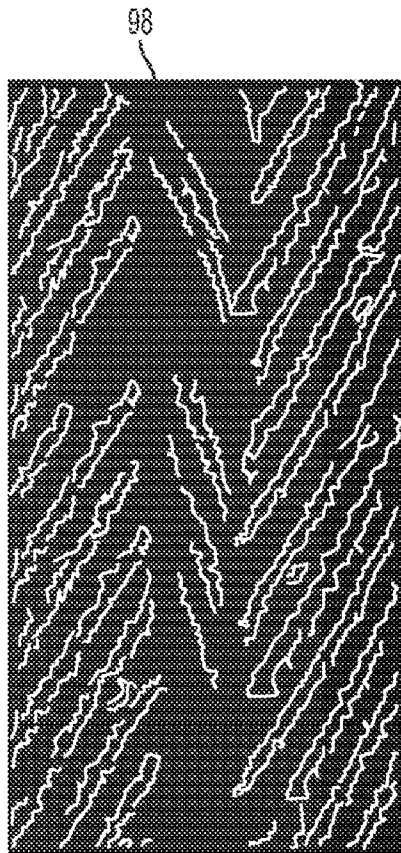


FIG. 20

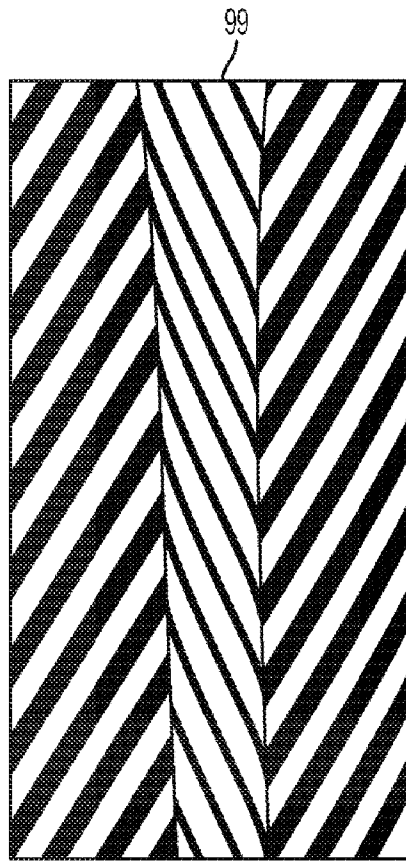
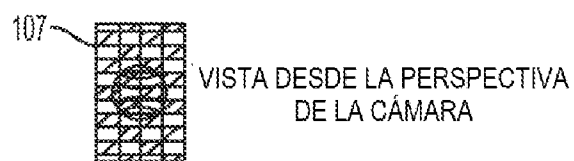
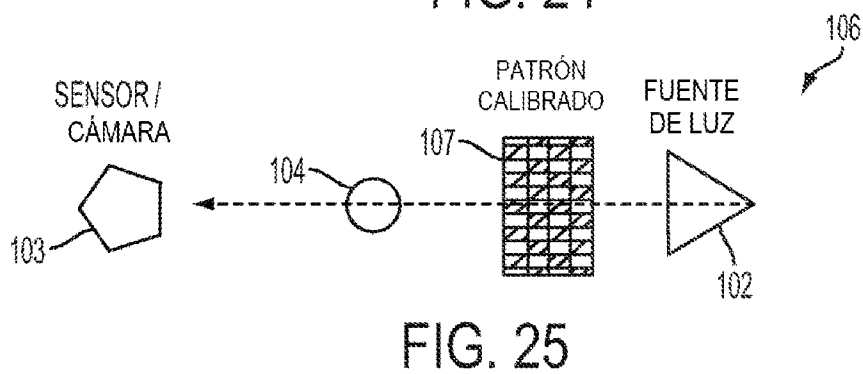
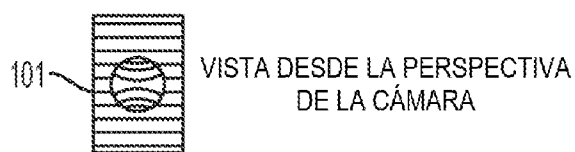
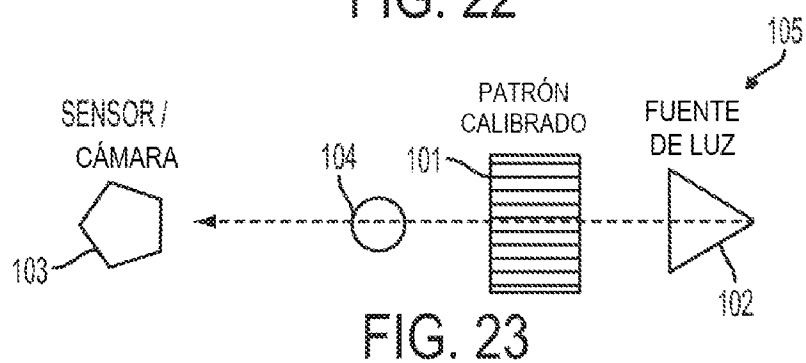
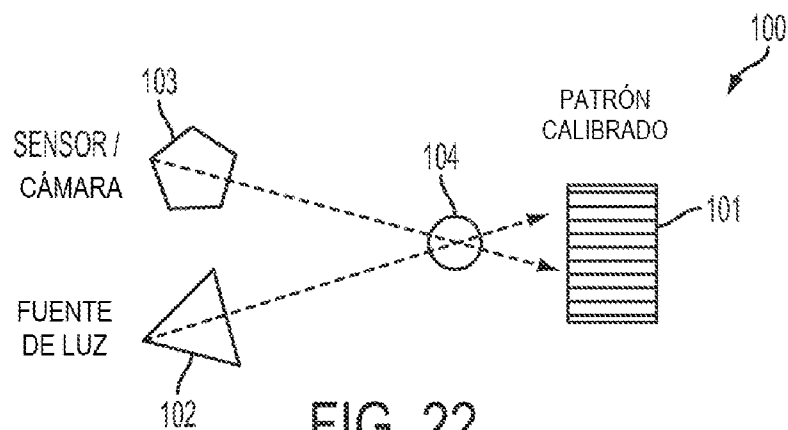
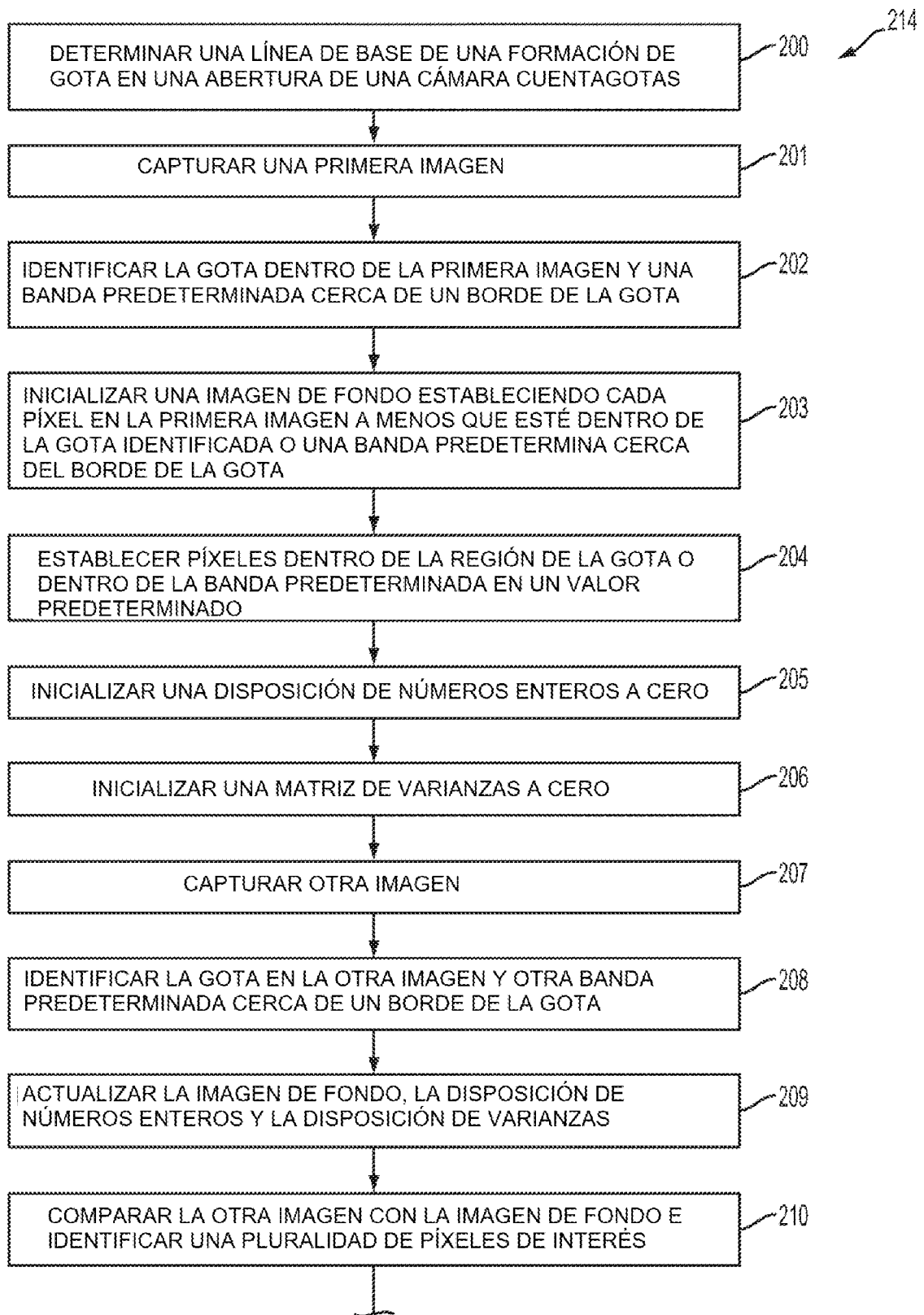


FIG. 21





A LA FIG. 28

FIG. 27

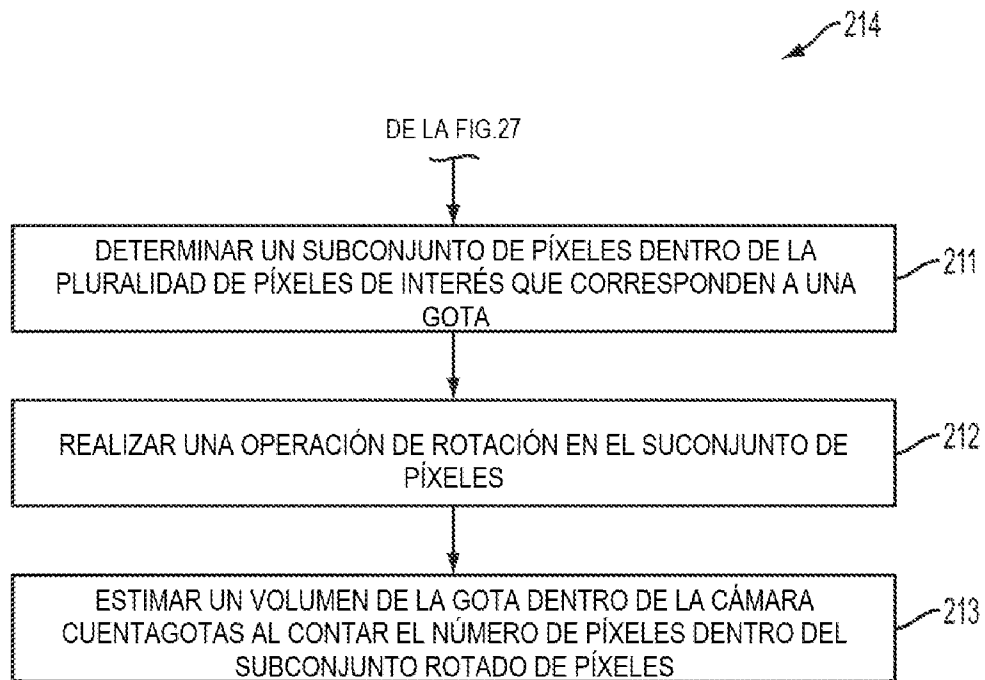


FIG. 28

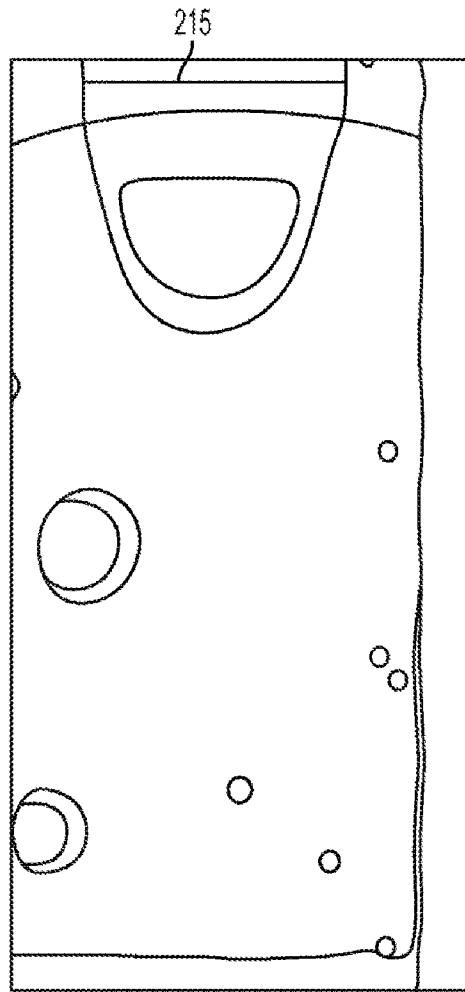


FIG. 29

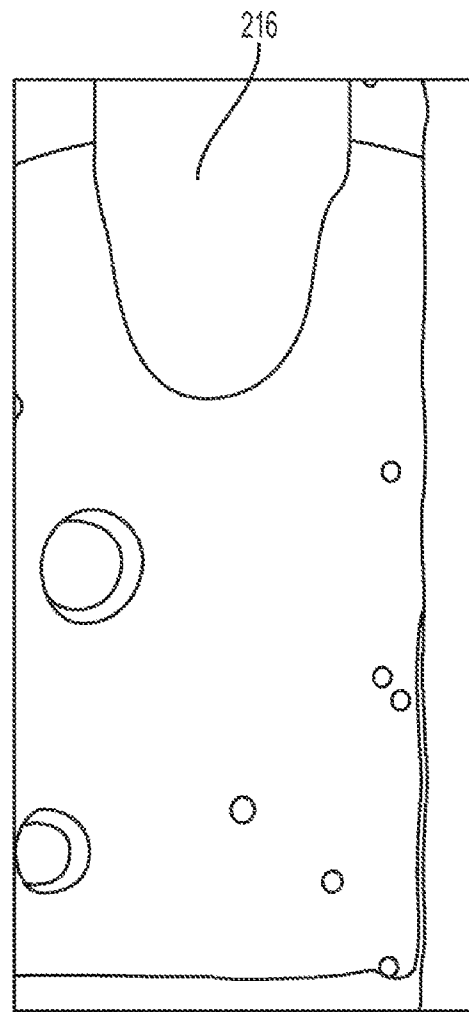


FIG. 30

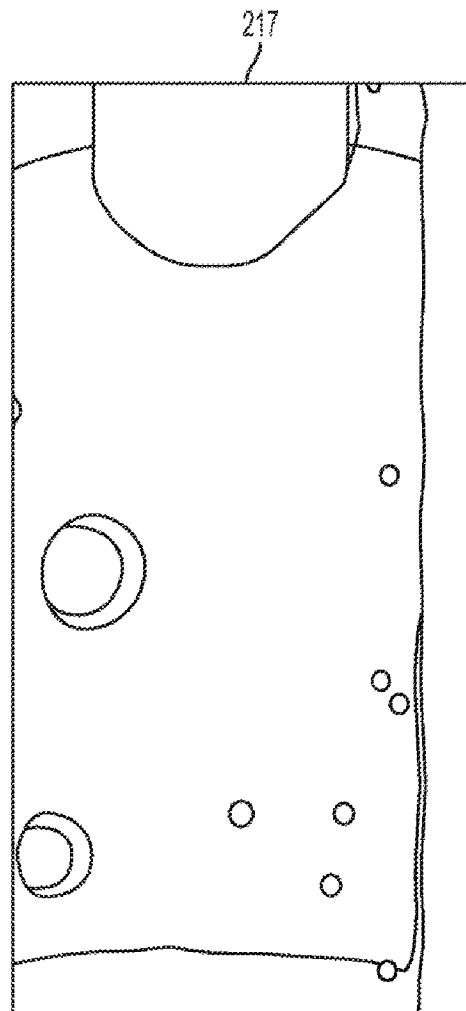


FIG. 31

1. SI EL PÍXEL DE ENTRADA ESTÁ A LA IZQUIERDA O LA DERECHA DE LA LÍNEA DE BASE (LÍNEA VERDE) EN LA IMAGEN, ENTONCES SU VALOR DE SALIDA SE ESTABLECE EN CERO
2. SI LA MATRIZ DE RECuento DE FONDO PÍXEL DE ENTRADA INDICA QUE SE HAN USADO MENOS DE UN NÚMERO DE IMÁGENES PREDETERMINADO (P.EJ. 100) PARA HACER ESTE VALOR DE FONDO DE PÍXEL, ENTONCES
  - a. SI LA INTENSIDAD DE PÍXEL DE ENTRADA ES MENOR QUE LA INTENSIDAD DE UMBRAL (P.EJ. 140 EN UN RANGO DE 0-255), ENTONCES ESTABLECER EL VALOR DE SALIDA DE PÍXEL DISTINTO DE CERO (255).
  - b. SI LA INTENSIDAD DE PÍXEL DE ENTRADA ES MAYOR O IGUAL A LA INTENSIDAD DE UMBRAL ENTONCES ESTABLECER EL VALOR DE SALIDA DE PÍXEL EN CERO.
3. SI LA MATRIZ DE RECuento DE FONDO PÍXEL DE ENTRADA ES MAYOR QUE EL NÚMERO DE IMÁGENES PREDETERMINADO, ENTONCES
  - a. SI EL CUADRADO DE LA DIFERENCIA ENTRE LA INTENSIDAD DE PÍXEL DE ENTRADA Y LA INTENSIDAD DE PÍXEL DE FONDO ES MAYOR QUE LA ESTIMACION DEL PÍXEL DE LA VARIANZA DE FONDO MULTIPLICADA POR  $\gamma^2$ , ENTONCES ESTABLECER EL VALOR DE SALIDA DE PÍXEL DISTINTO DE CERO (255). (ESTO DICE EFECTIVAMENTE SI EL VALOR DE PÍXEL ACTUAL ES MAYOR DE  $\gamma$ , ENTONCES EL PÍXEL ES DISTINTO)
  - b. SI EL CUADRADO DE LA DIFERENCIA ENTRE LA INTENSIDAD DE PÍXEL DE ENTRADA Y LA INTENSIDAD DE PÍXEL DE FONDO ES MENOR O IGUAL A LA ESTIMACION DEL PÍXEL DE LA VARIANZA DE FONDO MULTIPLICADA POR UNA CONSTANTE  $\gamma^2$ , ENTONCES ESTABLECER EL VALOR DE SALIDA DE PÍXEL EN CERO

FIG. 32

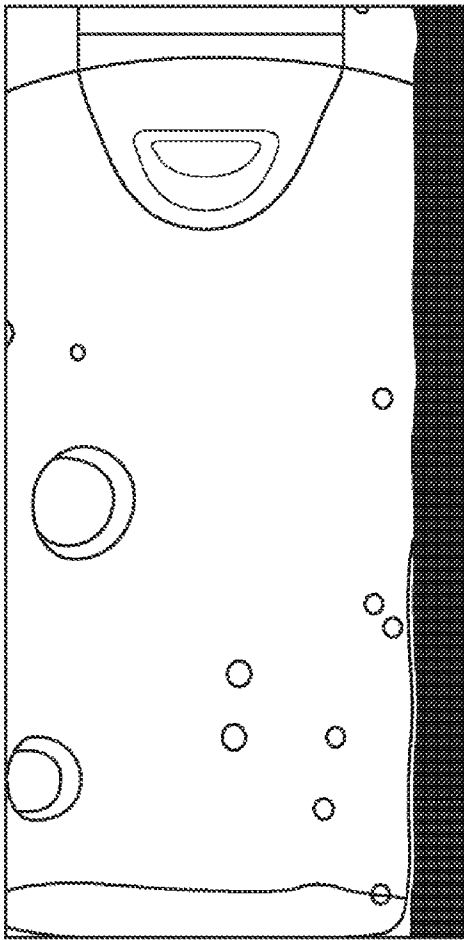


FIG. 33

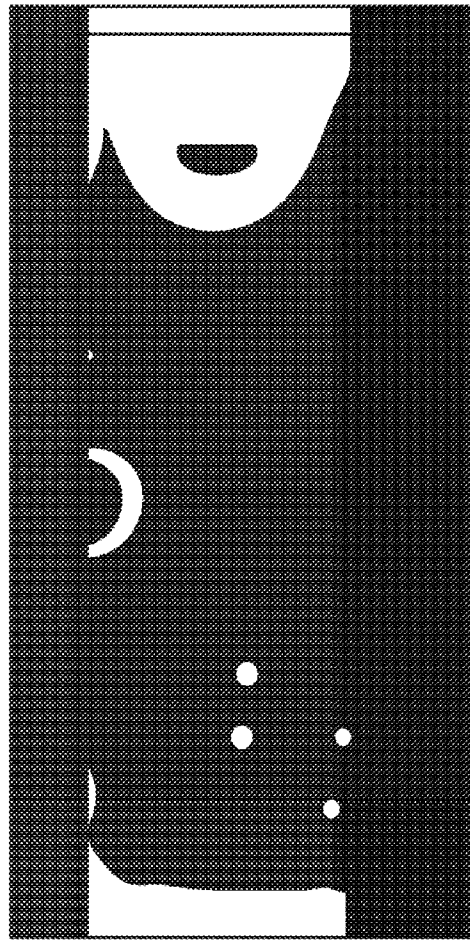


FIG. 34

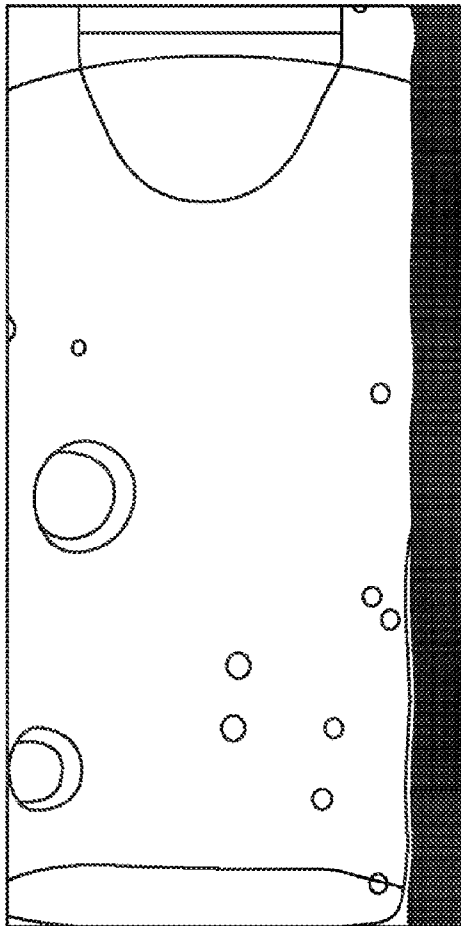


FIG. 35

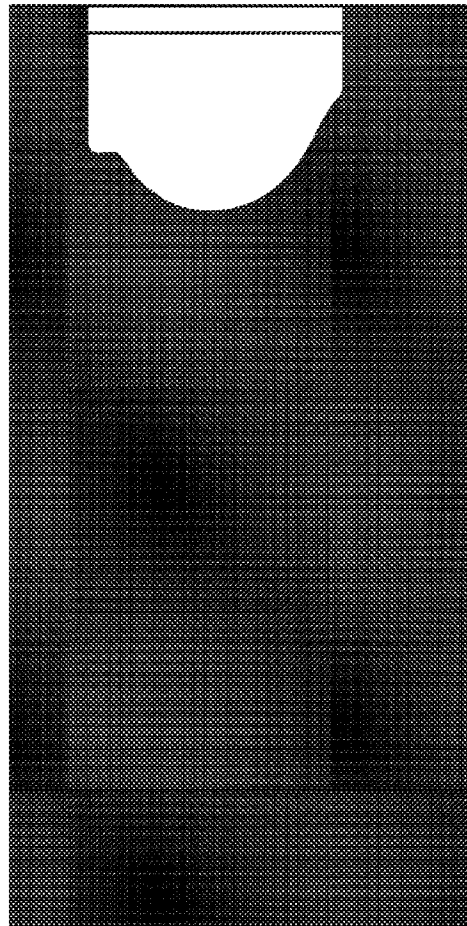


FIG. 36

1. EMPUJAR LA UBICACIÓN DEL PRIMER PÍXEL SOBRE UNA PILA
2. MIENTRAS LA PILA NO ESTÁ VACÍA:
  - a. RETIRAR LA SIGUIENTE UBICACIÓN  $(i,j)$  DE LA PILA
  - b. HACER QUE EL VALOR DE PÍXEL DE SALIDA EN  $(i,j)$  SEA BLANCO
  - c. EXAMINAR LOS OCHO PÍXELES ADYACENTES A  $(i,j)$  :
    - j. SI EL PÍXEL DE ENTRADA ADYACENTE  $(i,\varphi)$  ES BLANCO, PERO EL PÍXEL DE SALIDA  $(i,\varphi)$  ES NEGRO AÑADIR LA UBICACIÓN  $(i,\varphi)$  A LA PILA
  - d. VOLVER A 2

FIG. 37

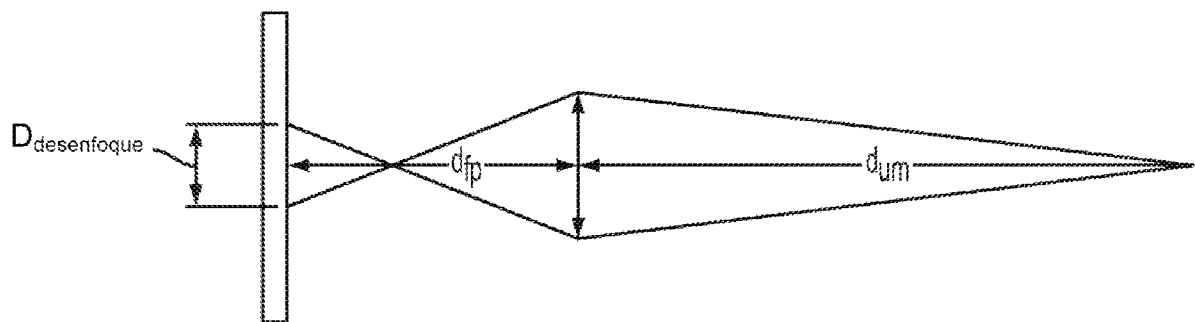


FIG. 38

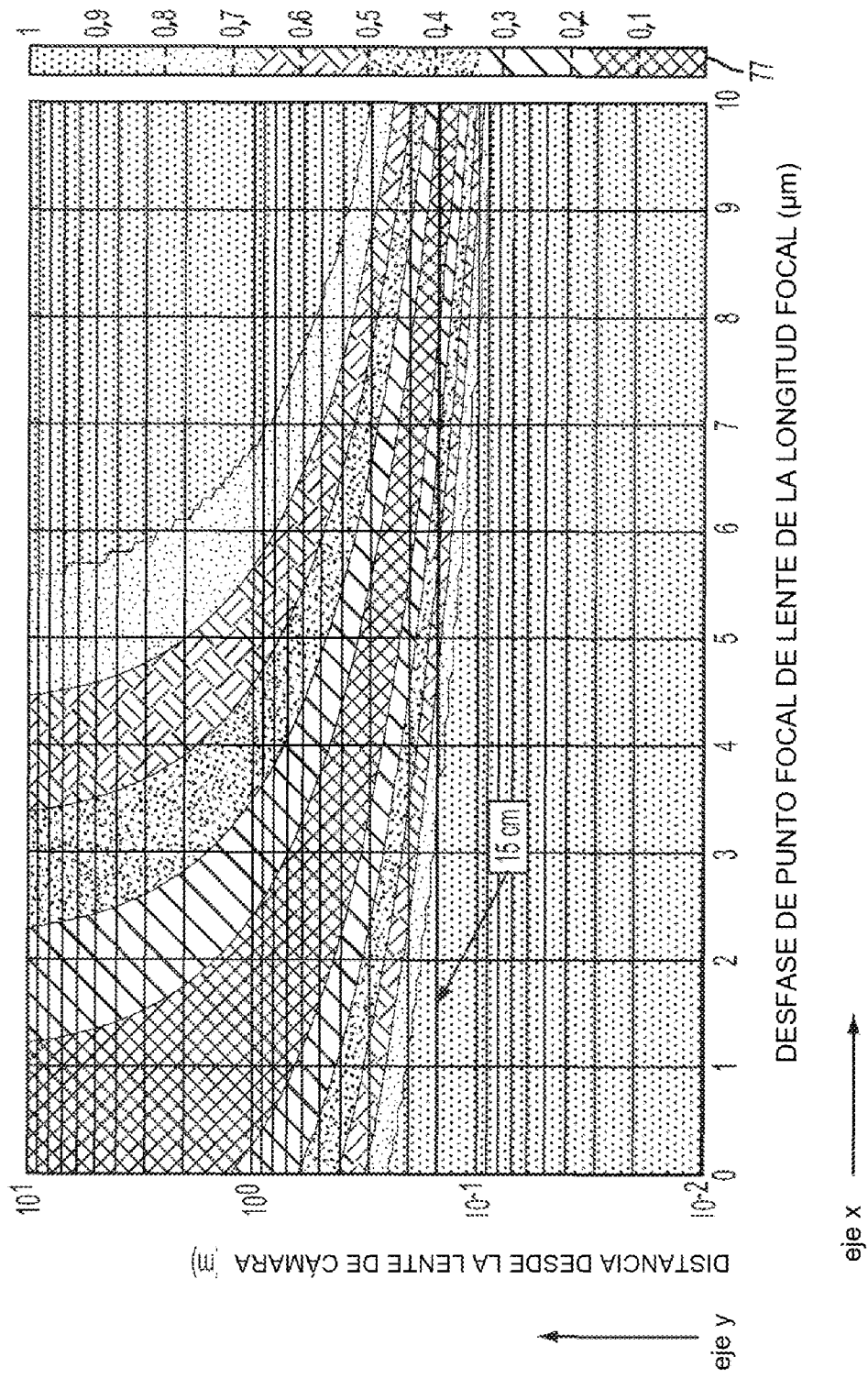


FIG. 39

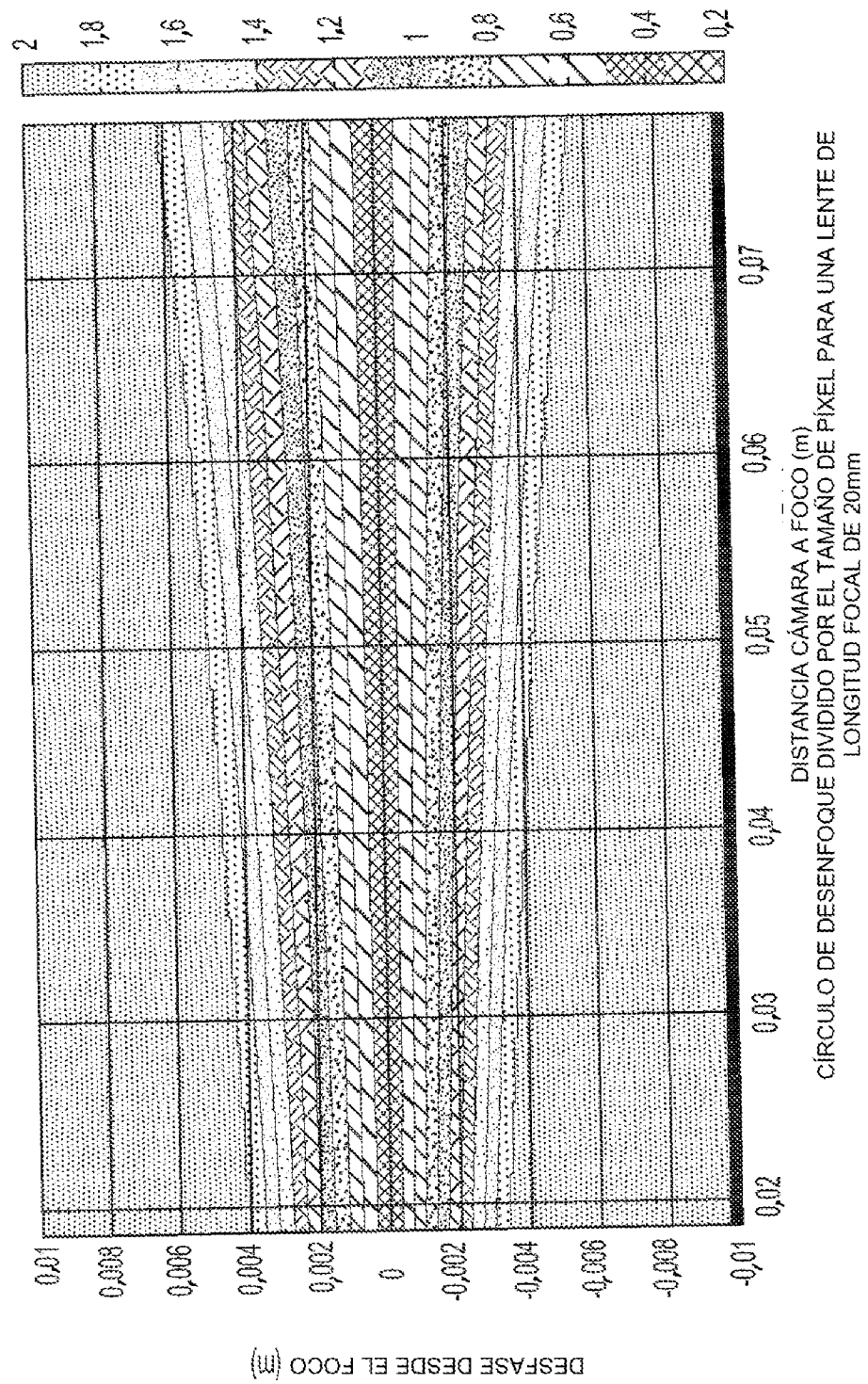
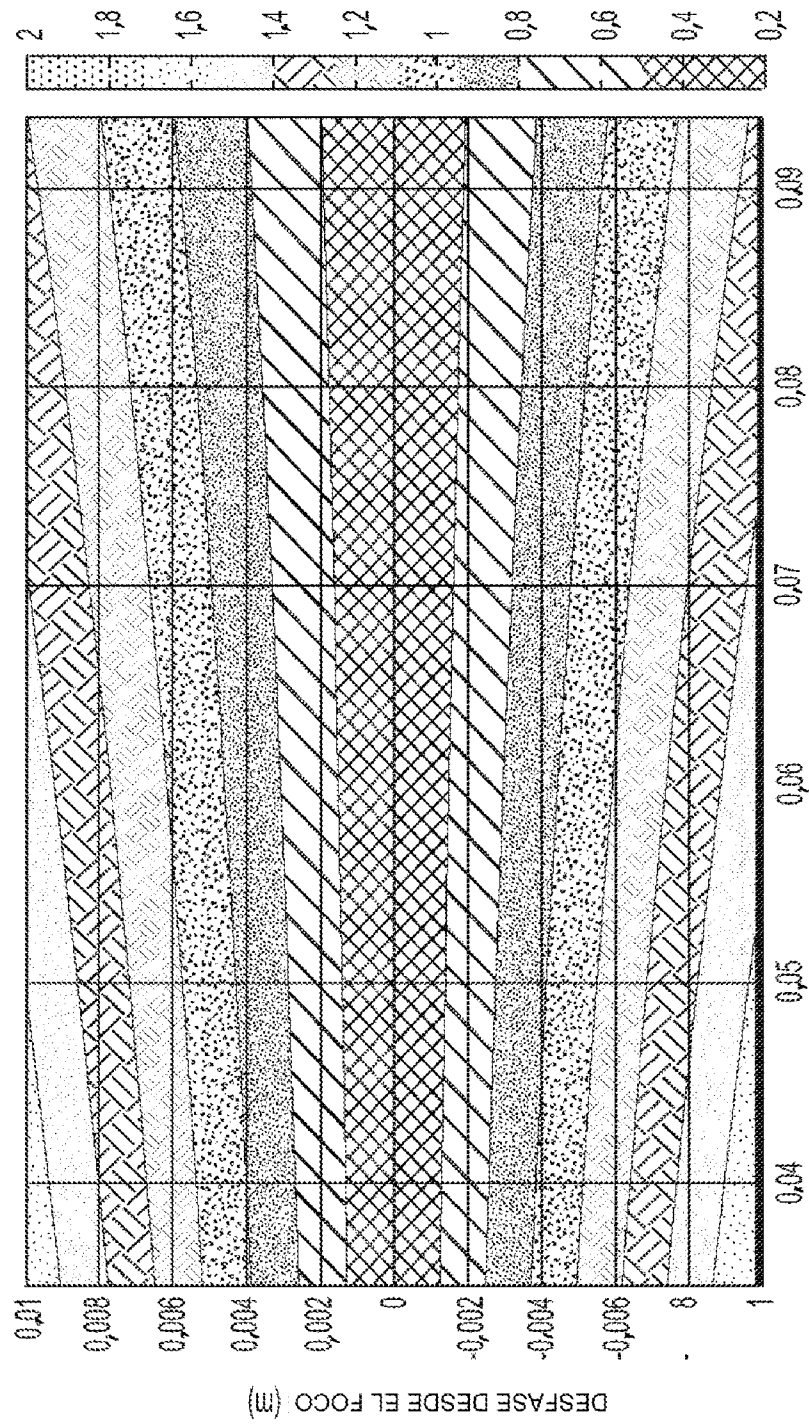


FIG. 40



CÍRCULO DE DESENFOQUE DIVIDIDO POR EL TAMAÑO DE PÍXEL PARA UNA LENTE  
DE LONGITUD FOCAL DE 40mm

FIG. 41

| LONGITUD FOCAL DE LENTE | SEPARACIÓN DE LENTE DESDE LA CÁMARA | SEPARACIÓN DE FOCO DESDE LA CÁMARA | CAMPO DE VISIÓN     | PROFUNDIDAD DE CAMPO (DDESENFOQUE/DPIXEL)=1 | PROFUNDIDAD DE CAMPO (DDESENFOQUE/DPIXEL)=2 |
|-------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 20mm                    | 0mm                                 | 18,6mm                             | $\pm 9,7\text{mm}$  | $\pm 2\text{mm}$                            | $\pm 4\text{mm}$                            |
| 20mm                    | 60mm                                | 78,2mm                             | $\pm 12,3\text{mm}$ | $\pm 3\text{mm}$                            | $\pm 6\text{mm}$                            |
| 40mm                    | 0mm                                 | 34,8mm                             | $\pm 18,2\text{mm}$ | $\pm 5\text{mm}$                            | $\geq 10\text{mm}$                          |
| 40mm                    | 60mm                                | 93,5mm                             | $\pm 22,6\text{mm}$ | $\pm 10\text{mm}$                           | $\geq 10\text{mm}$                          |
| 60mm                    | 0mm                                 | 48,9mm                             | $\pm 25,6\text{mm}$ | $\geq 10\text{mm}$                          | $\geq 10\text{mm}$                          |
| 60mm                    | 60mm                                | 106,4mm                            | $\pm 31,4\text{mm}$ | $\geq 10\text{mm}$                          | $\geq 10\text{mm}$                          |

FIG. 42

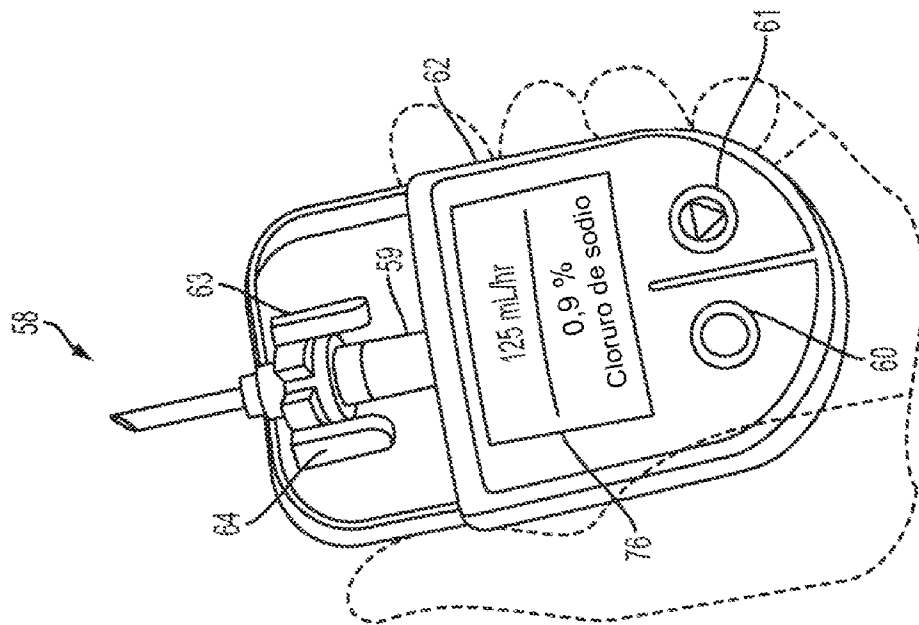


FIG. 43

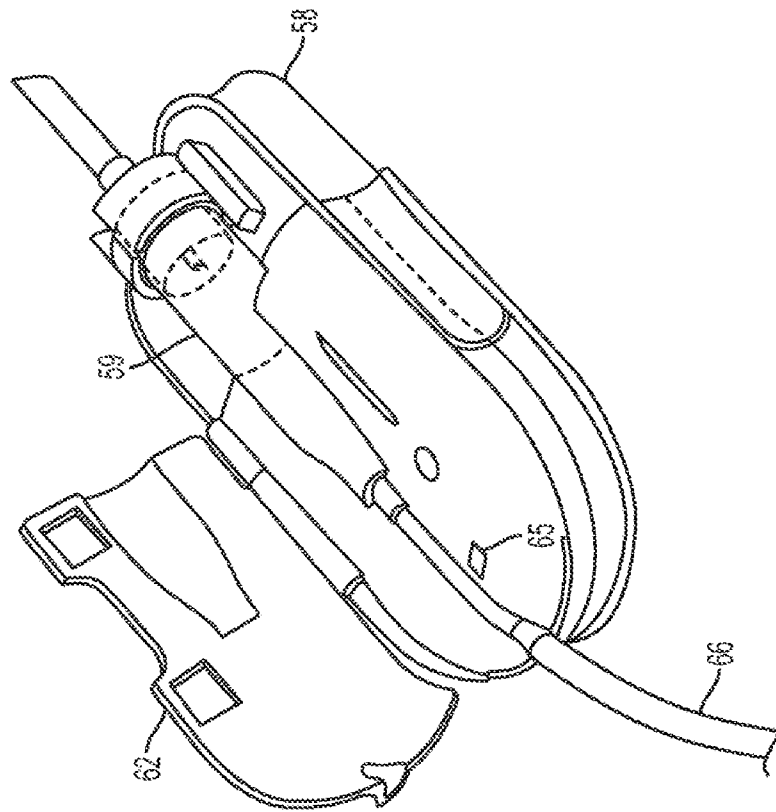


FIG. 44

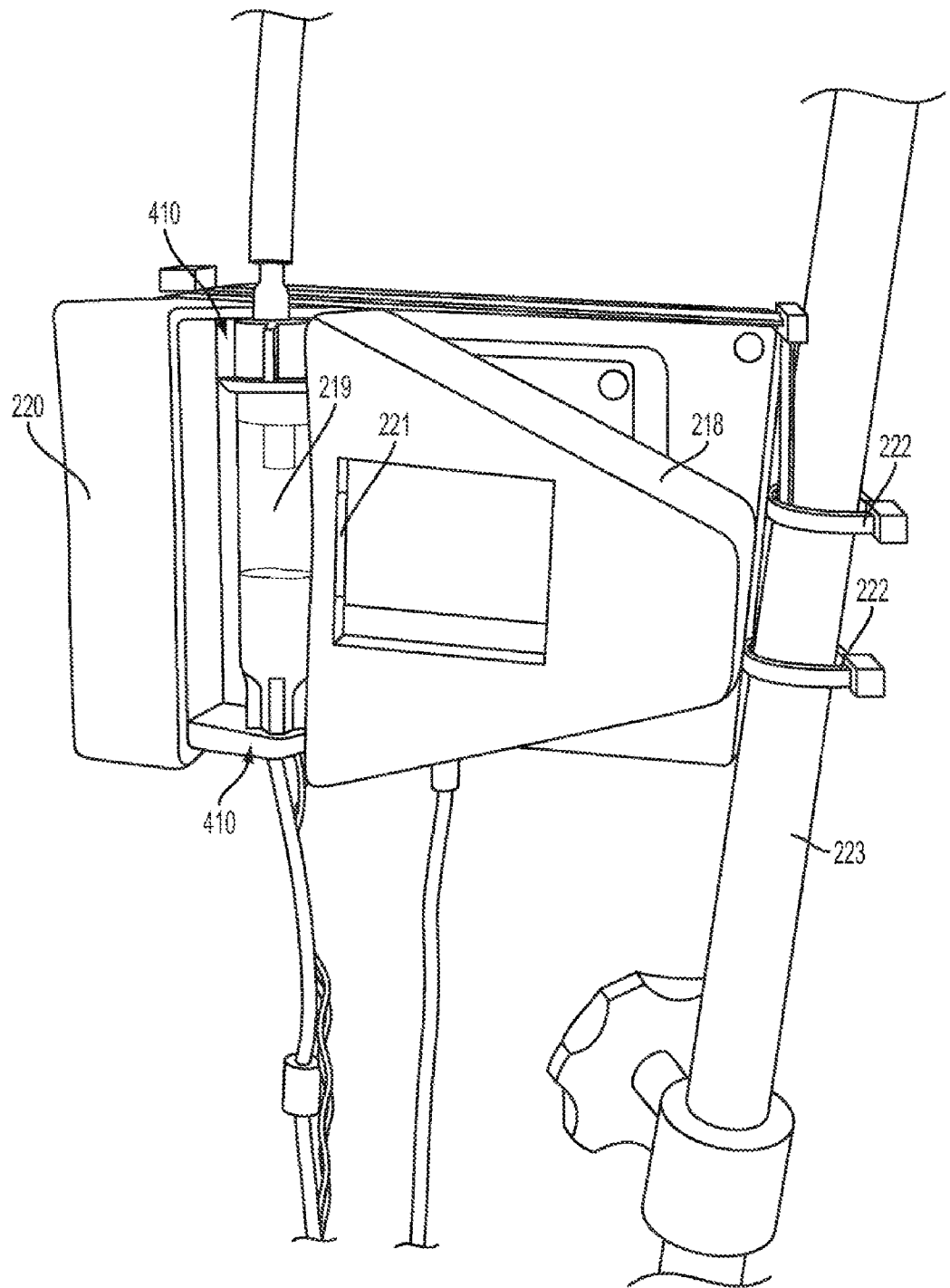


FIG. 45

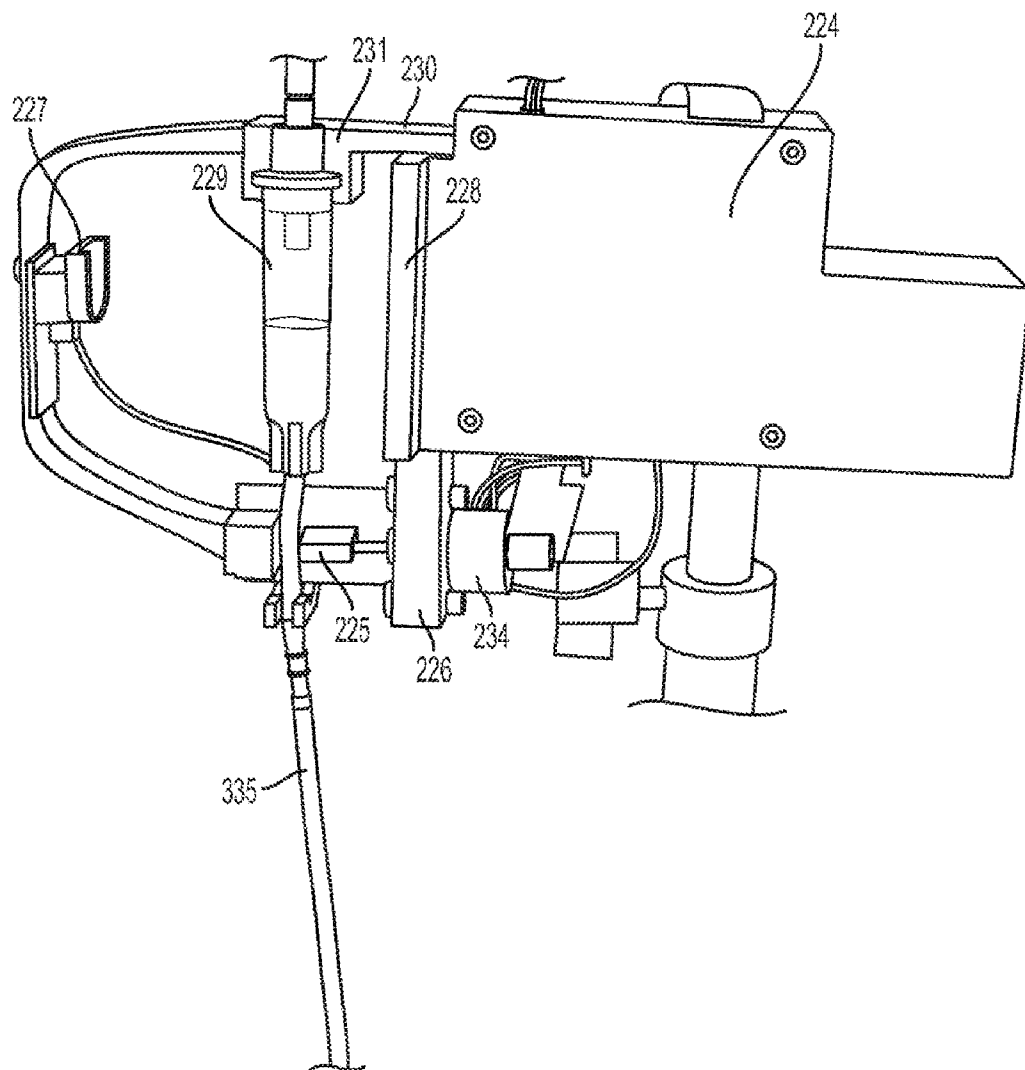


FIG. 46

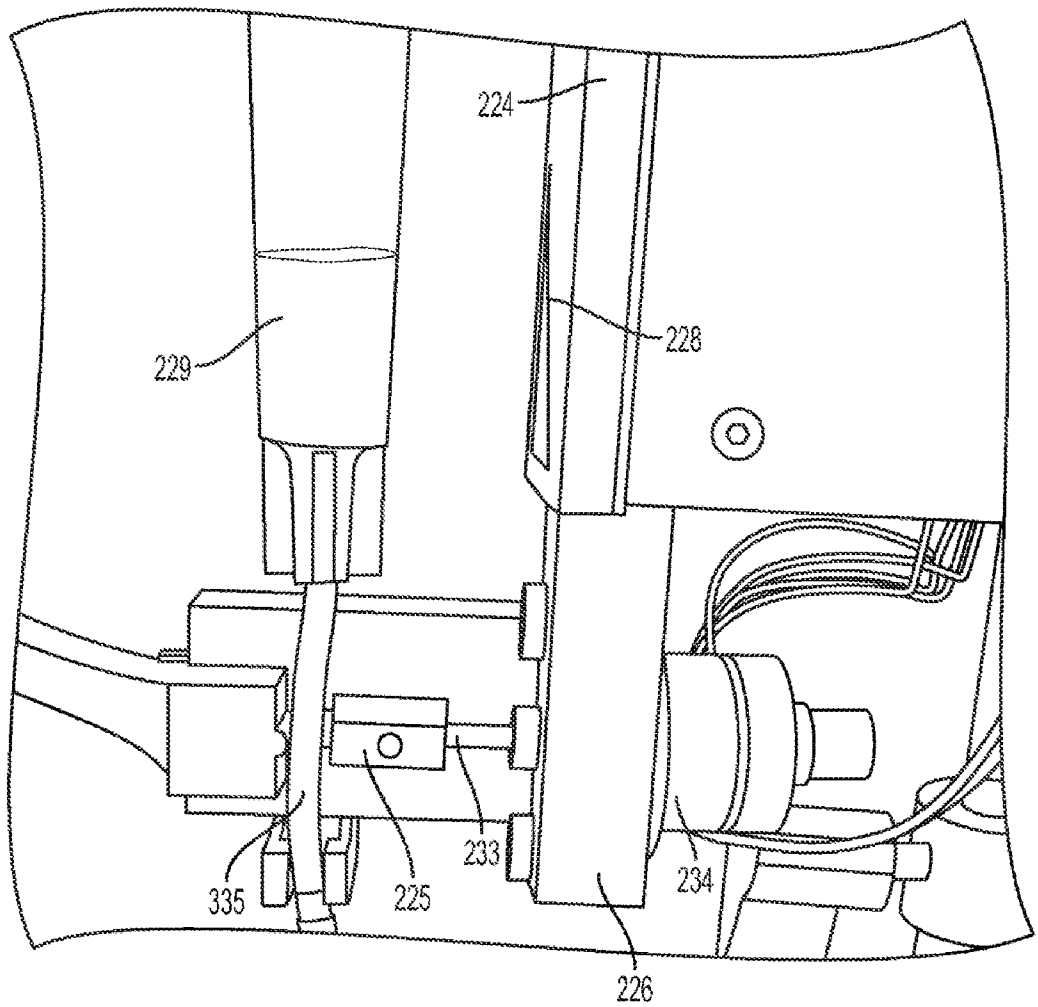


FIG. 47

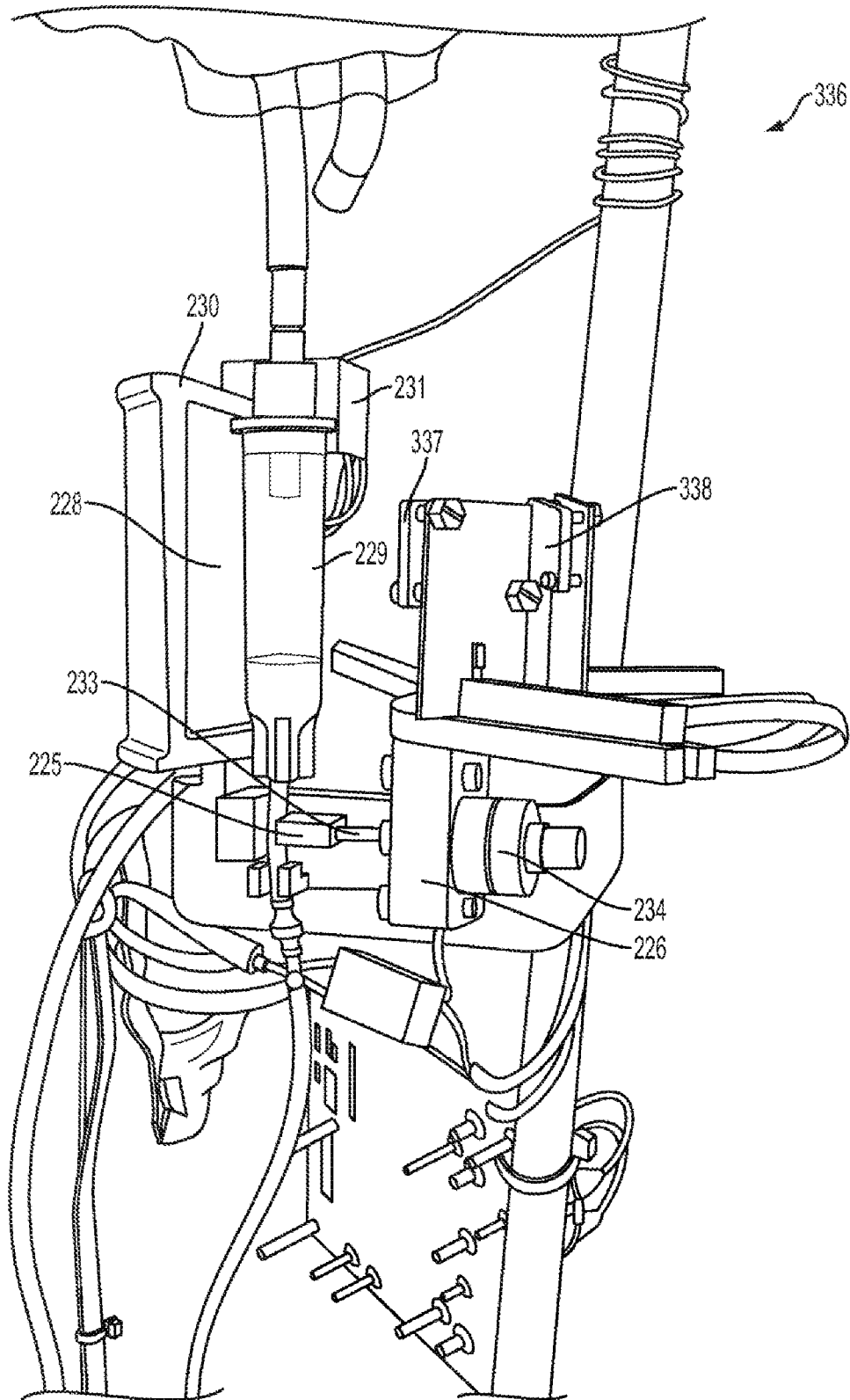


FIG. 48

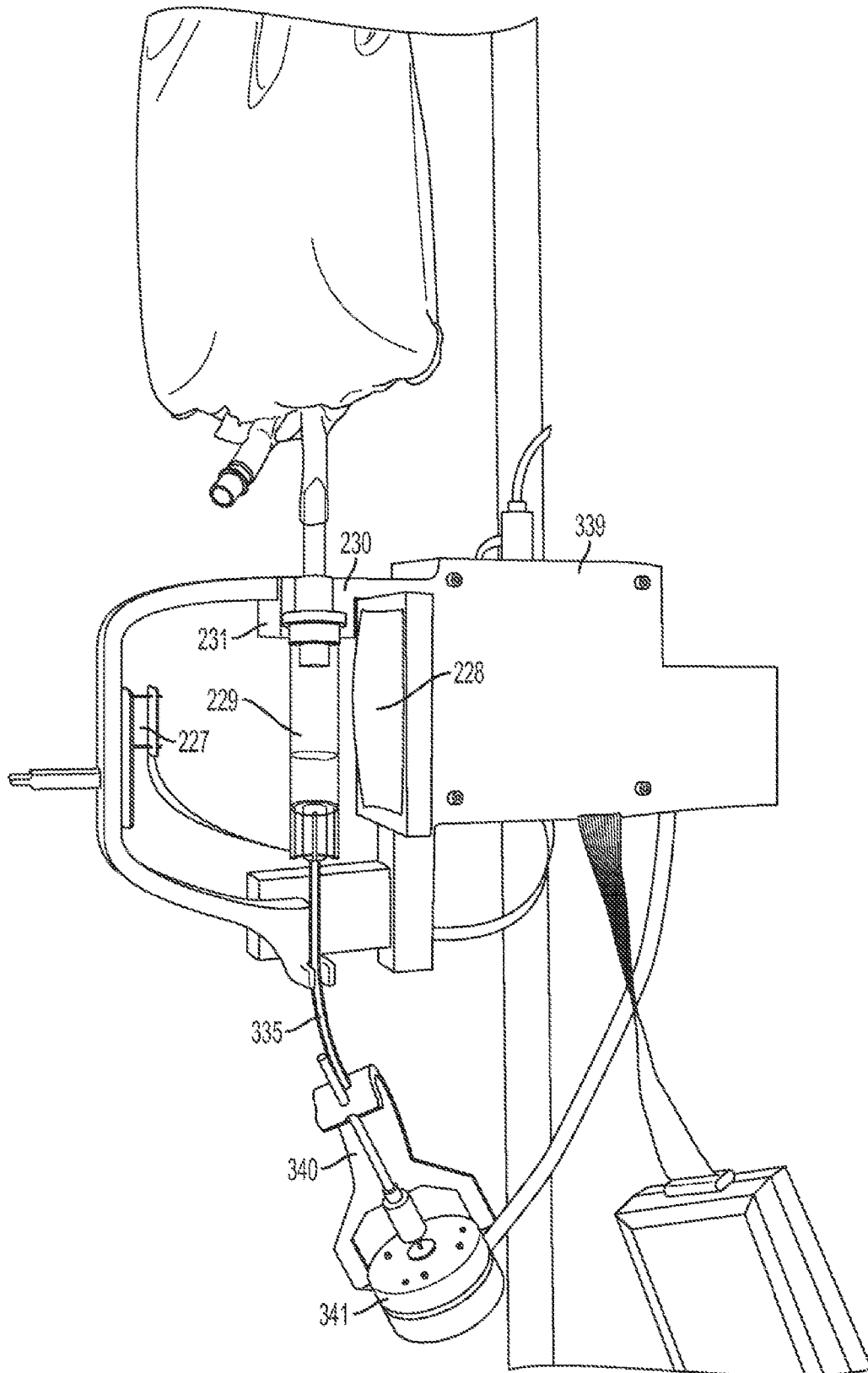


FIG. 49

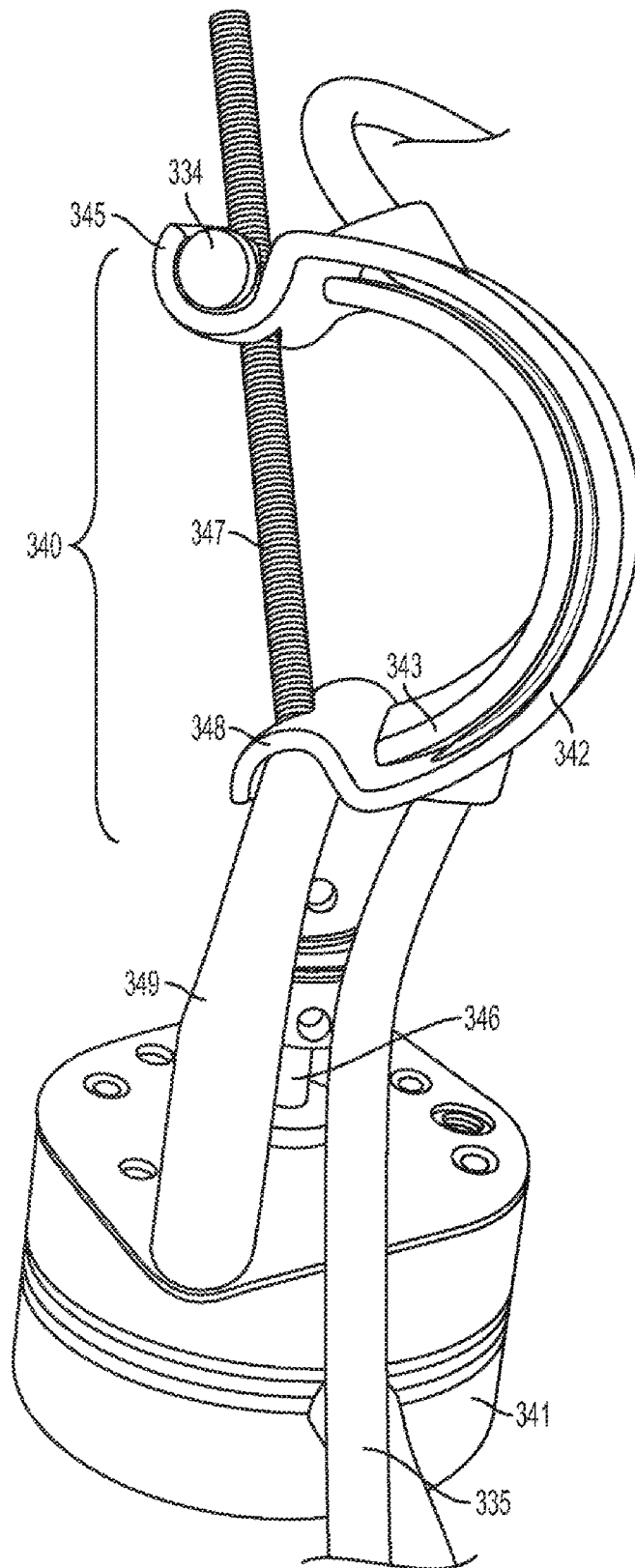


FIG. 50A

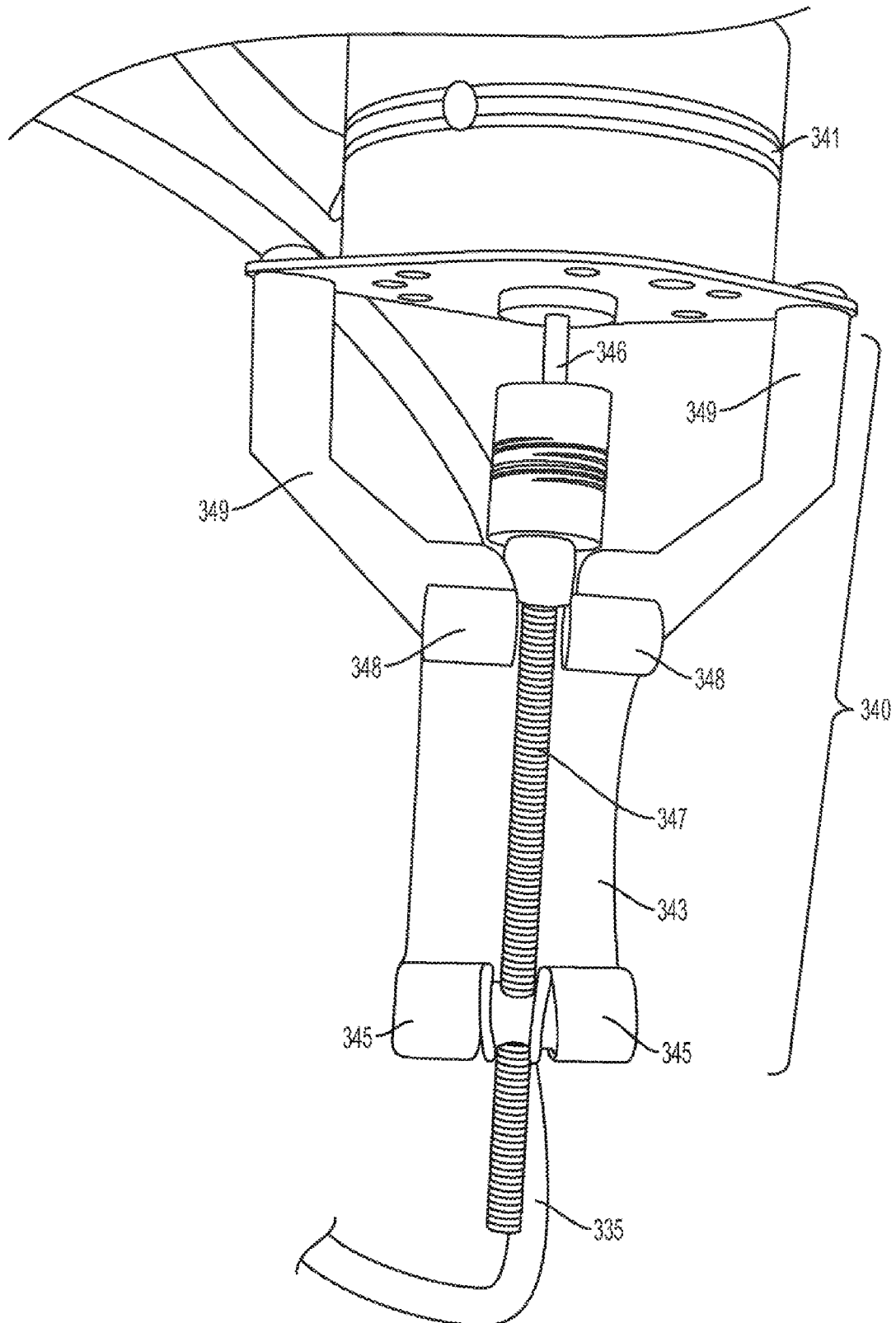


FIG. 50B

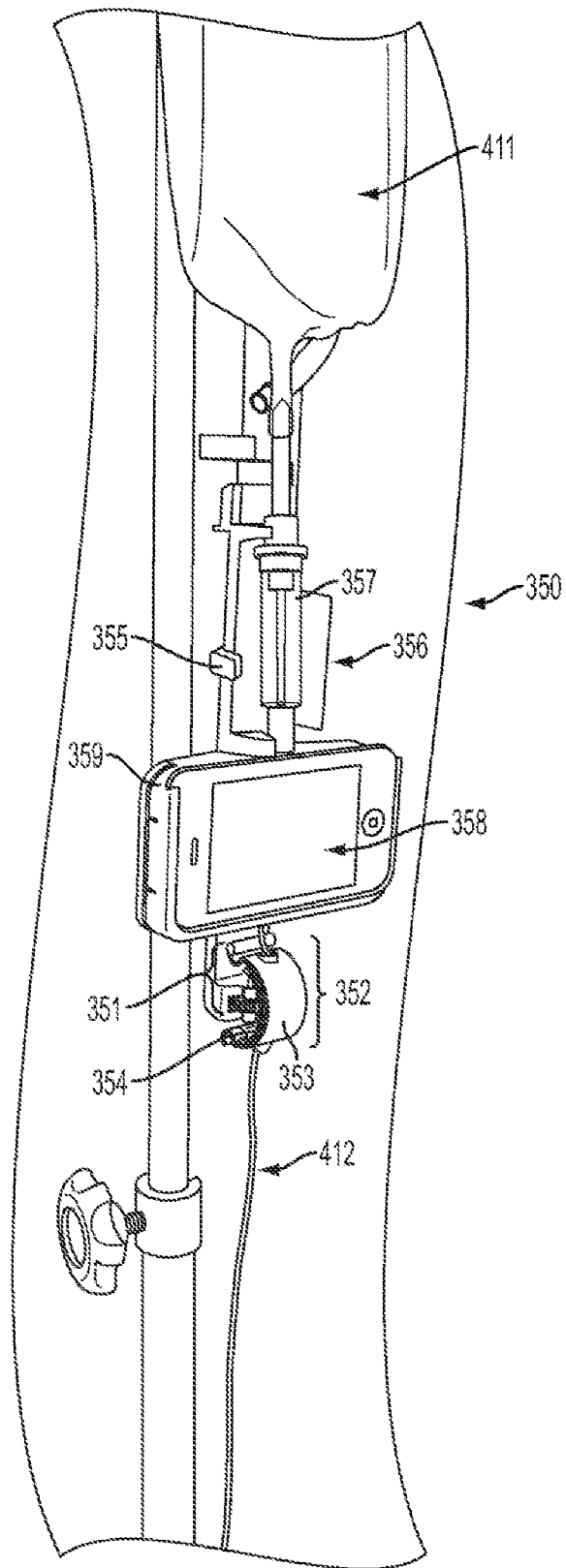


FIG. 51A

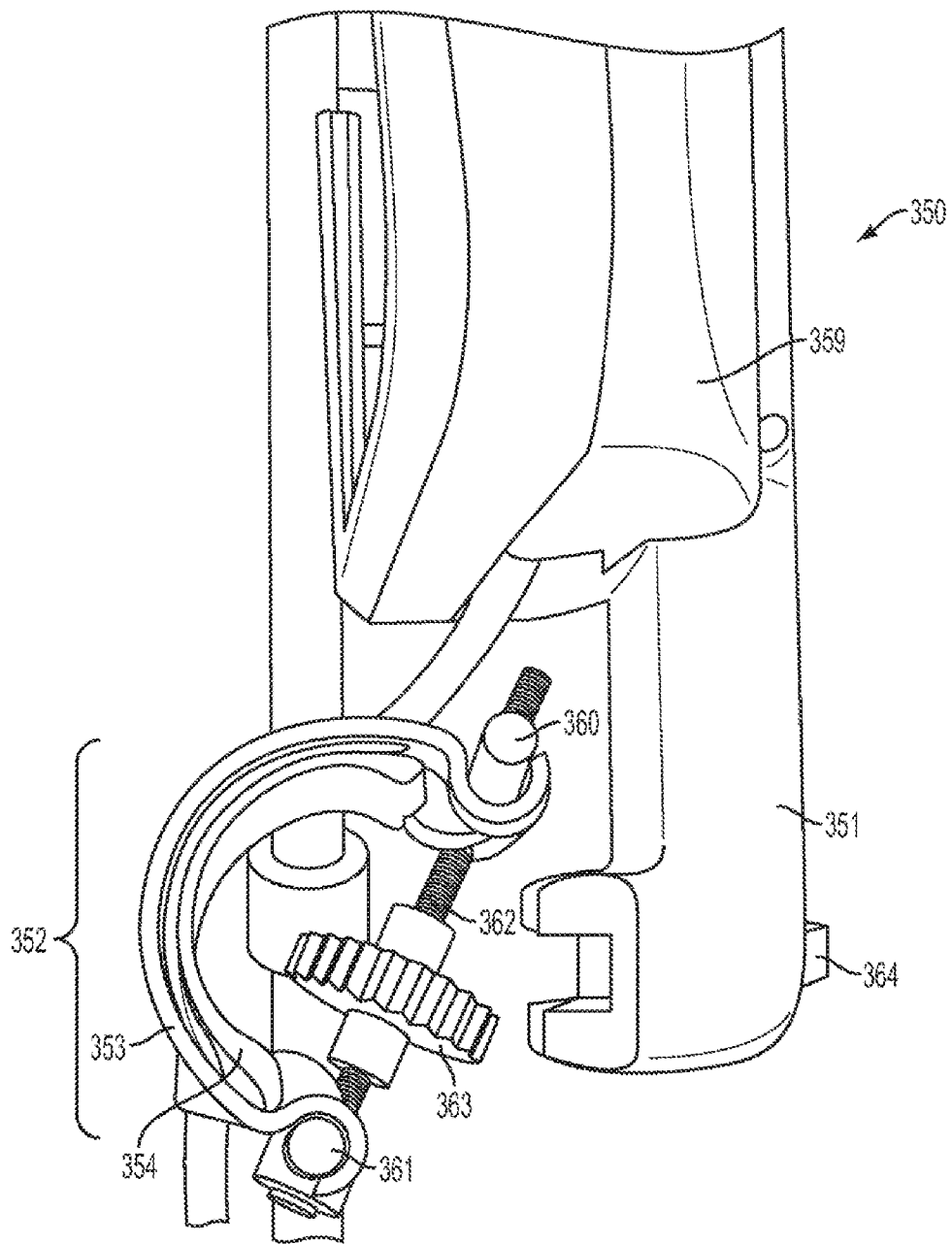


FIG. 51B

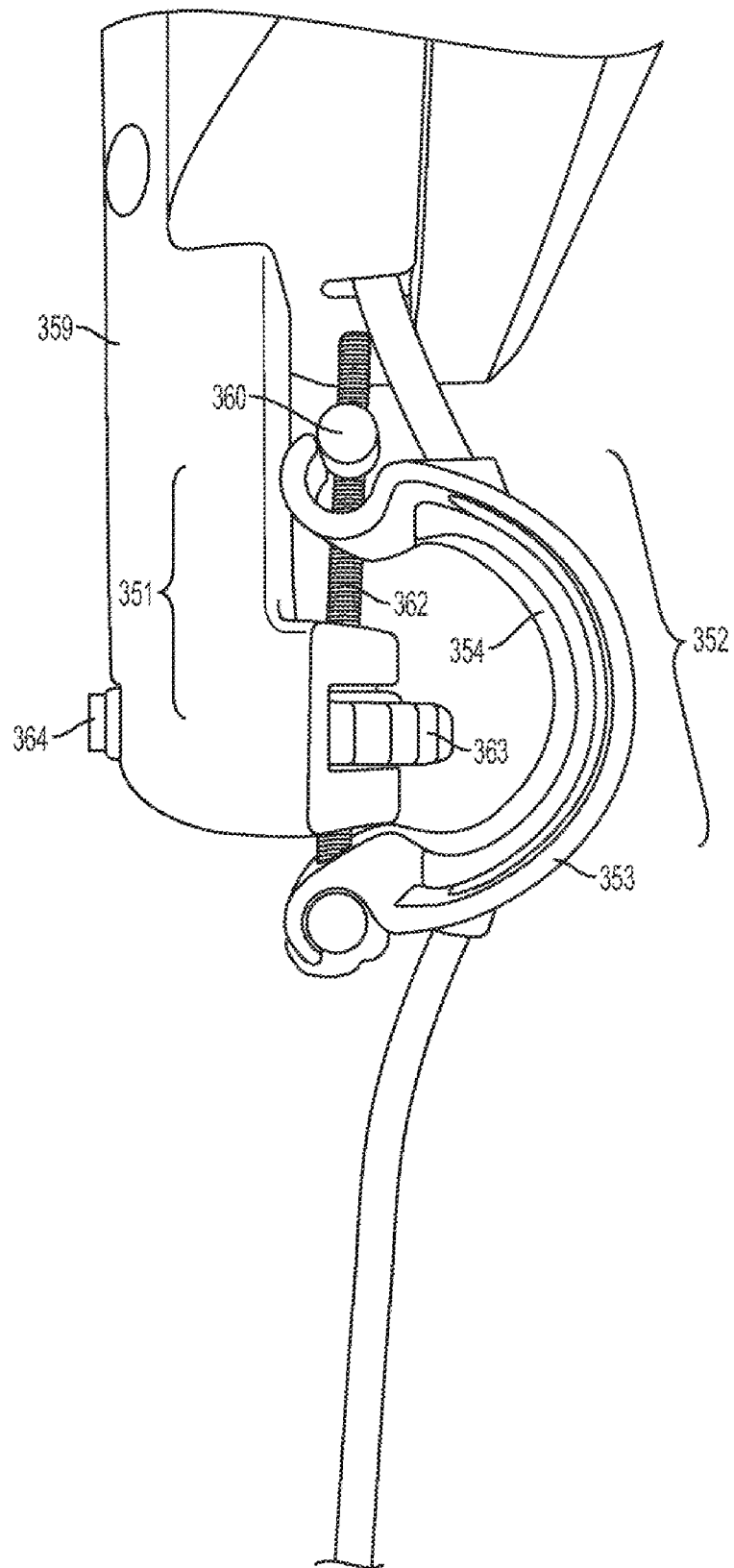


FIG. 51C

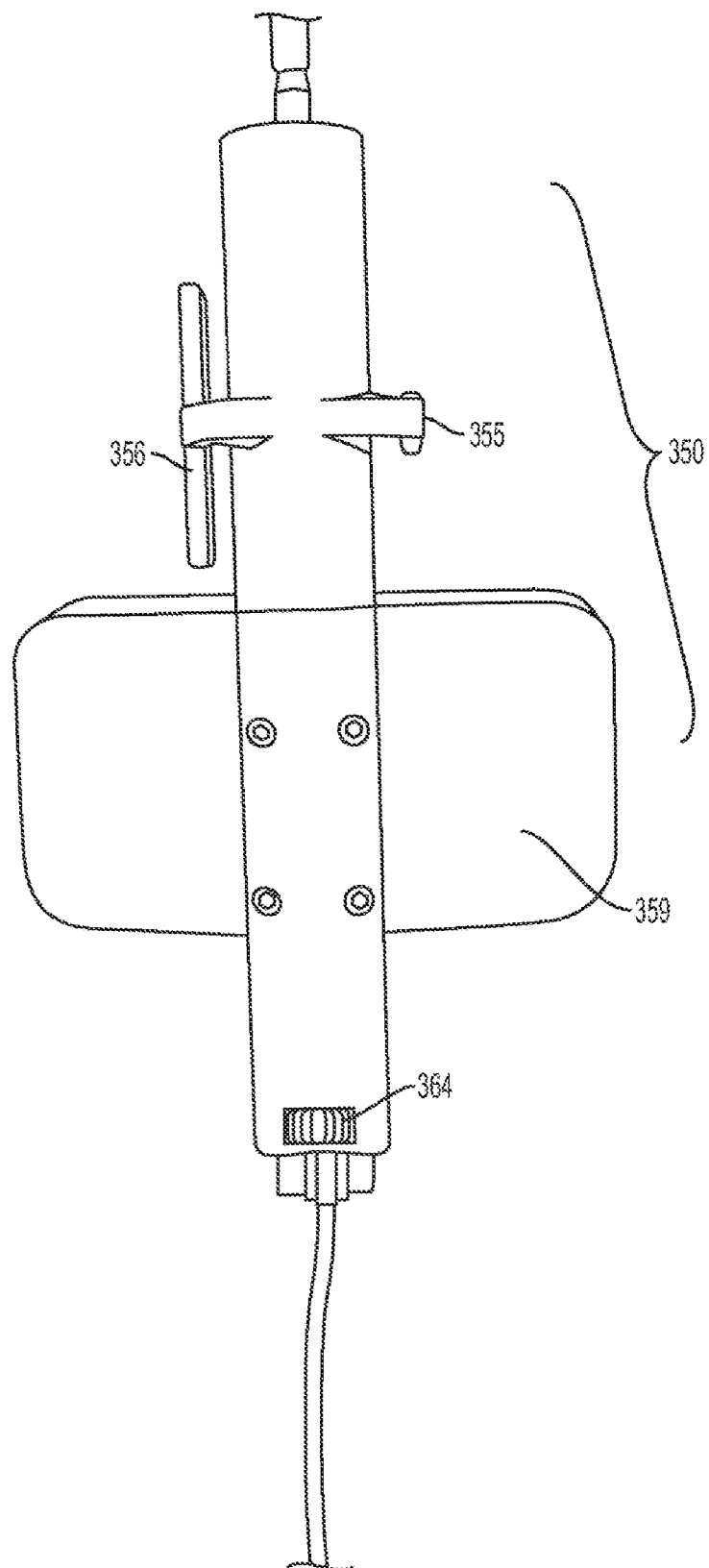


FIG. 51D

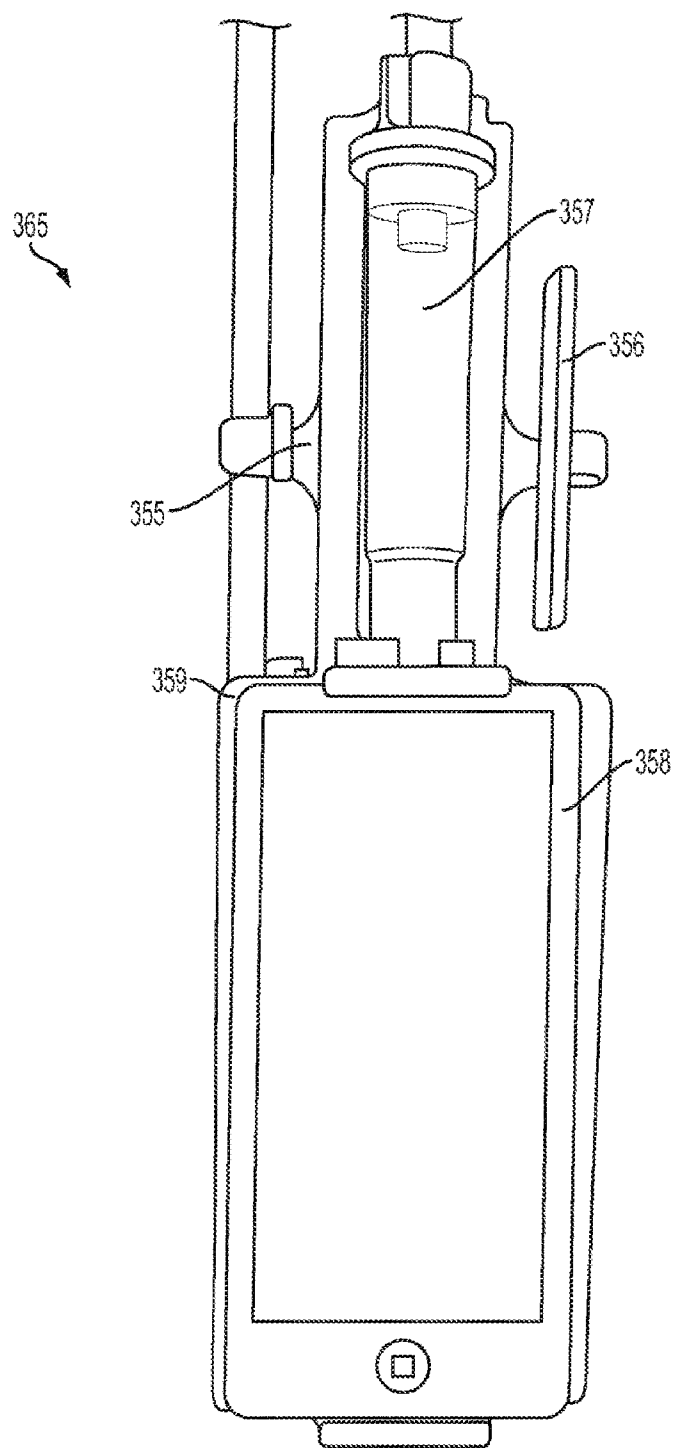


FIG. 52A

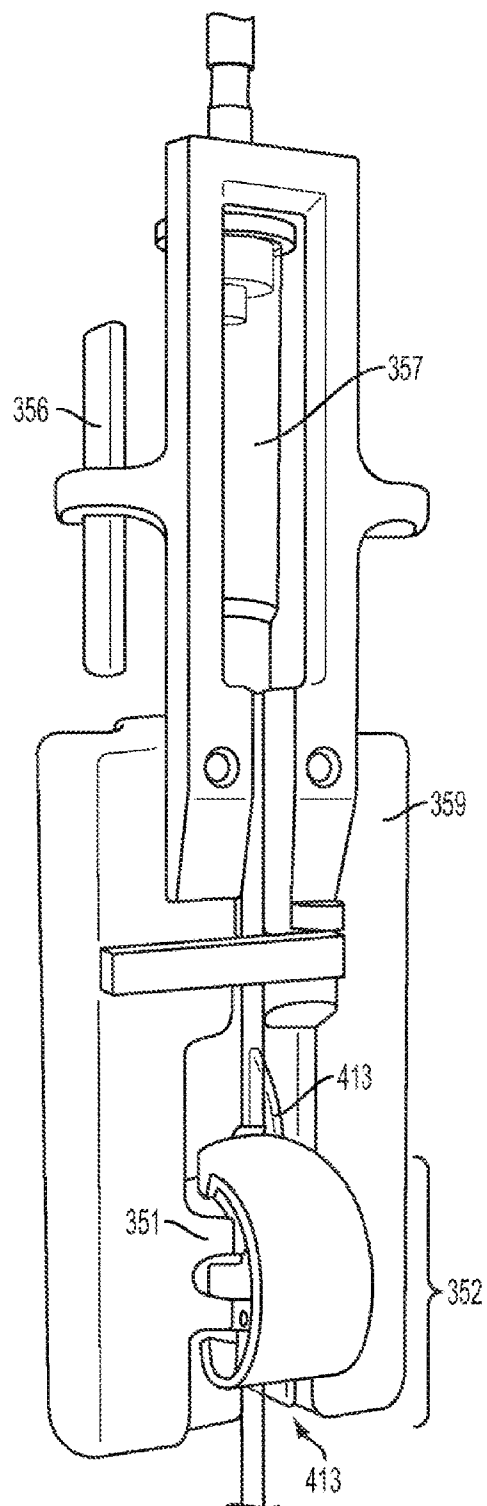


FIG. 52B

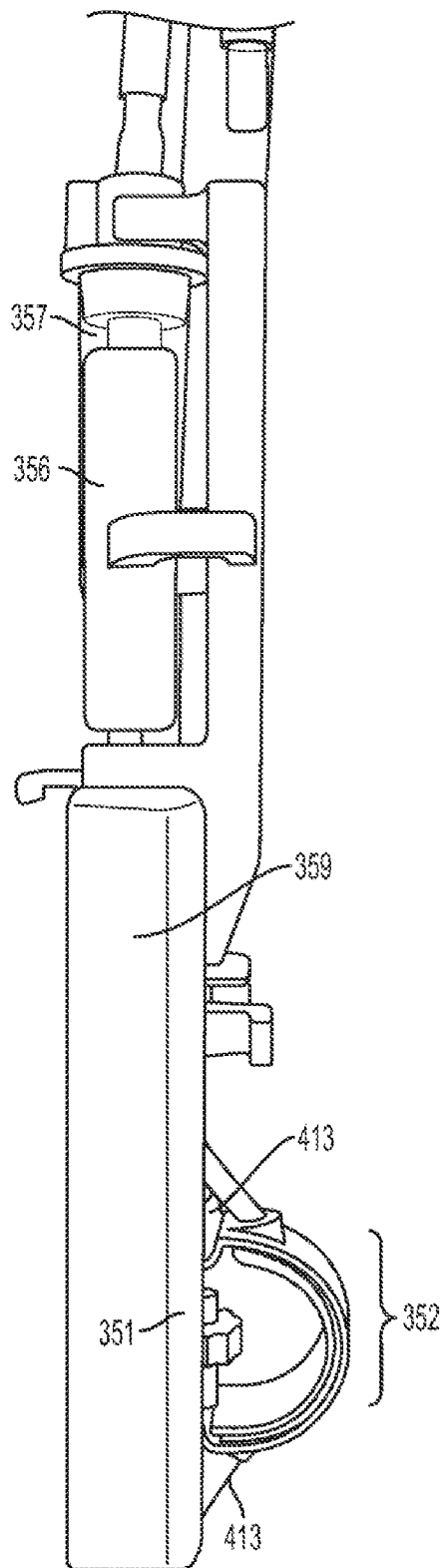


FIG. 52C

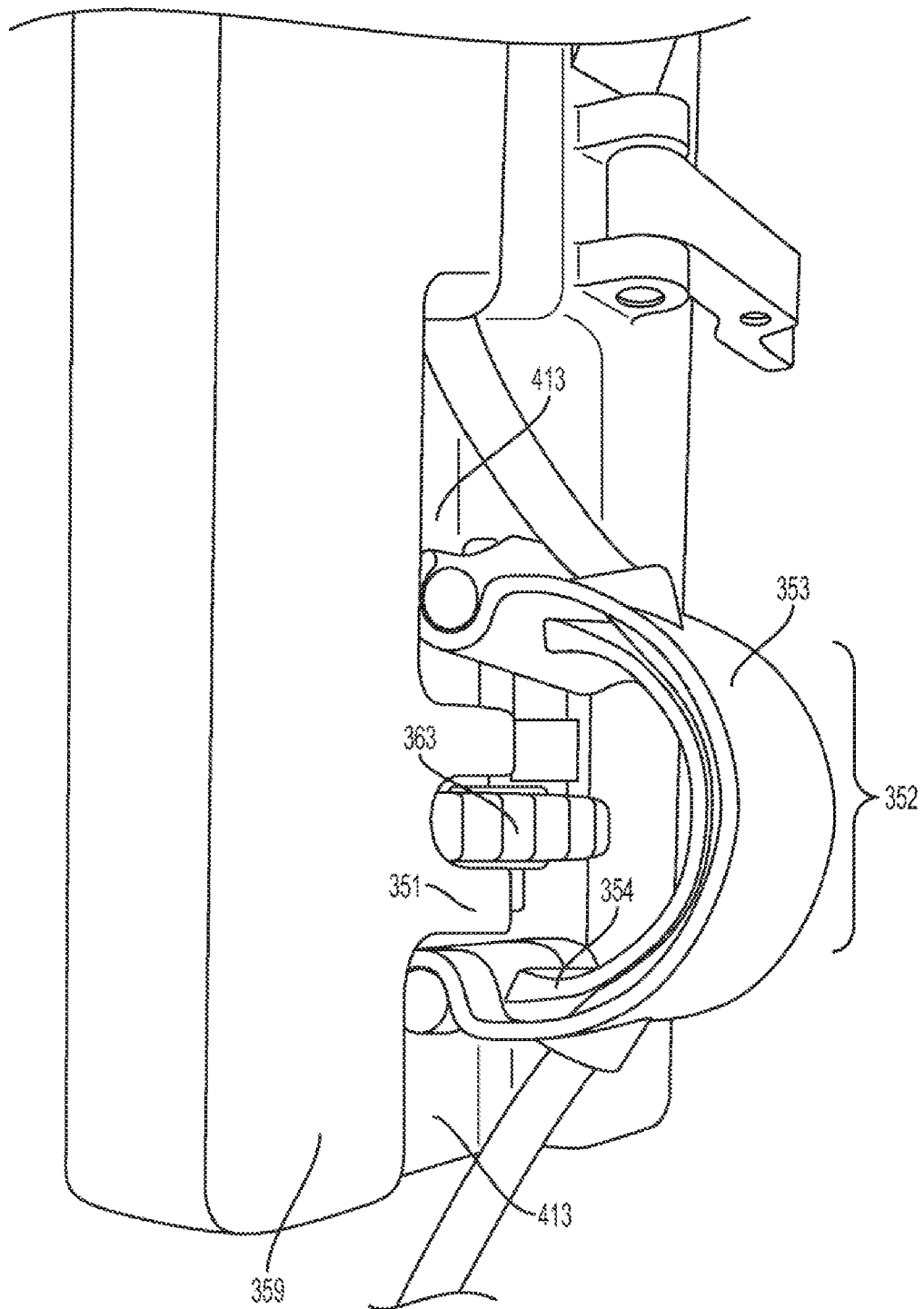


FIG. 52D

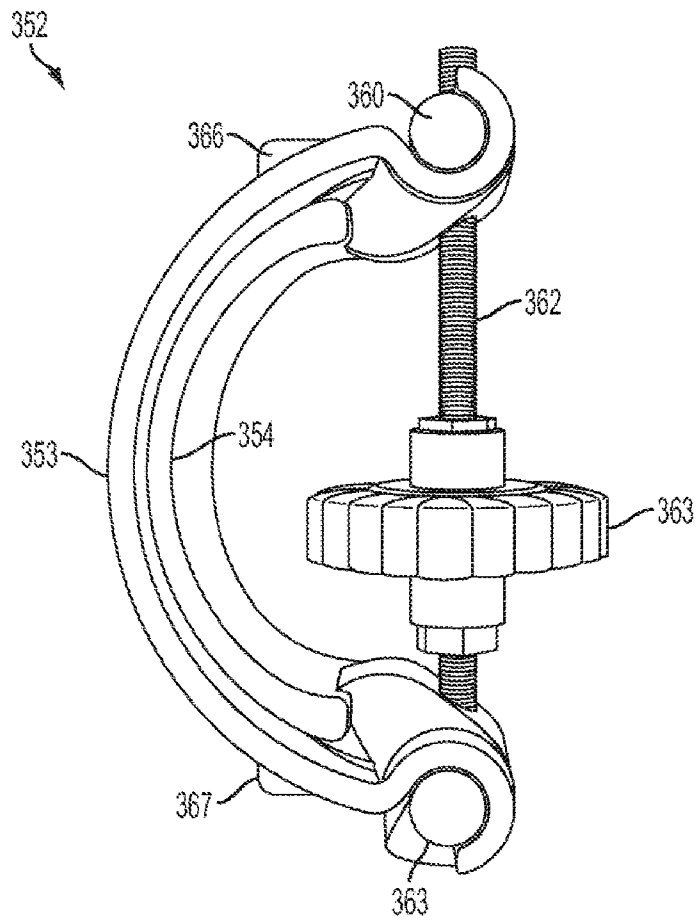


FIG. 53A

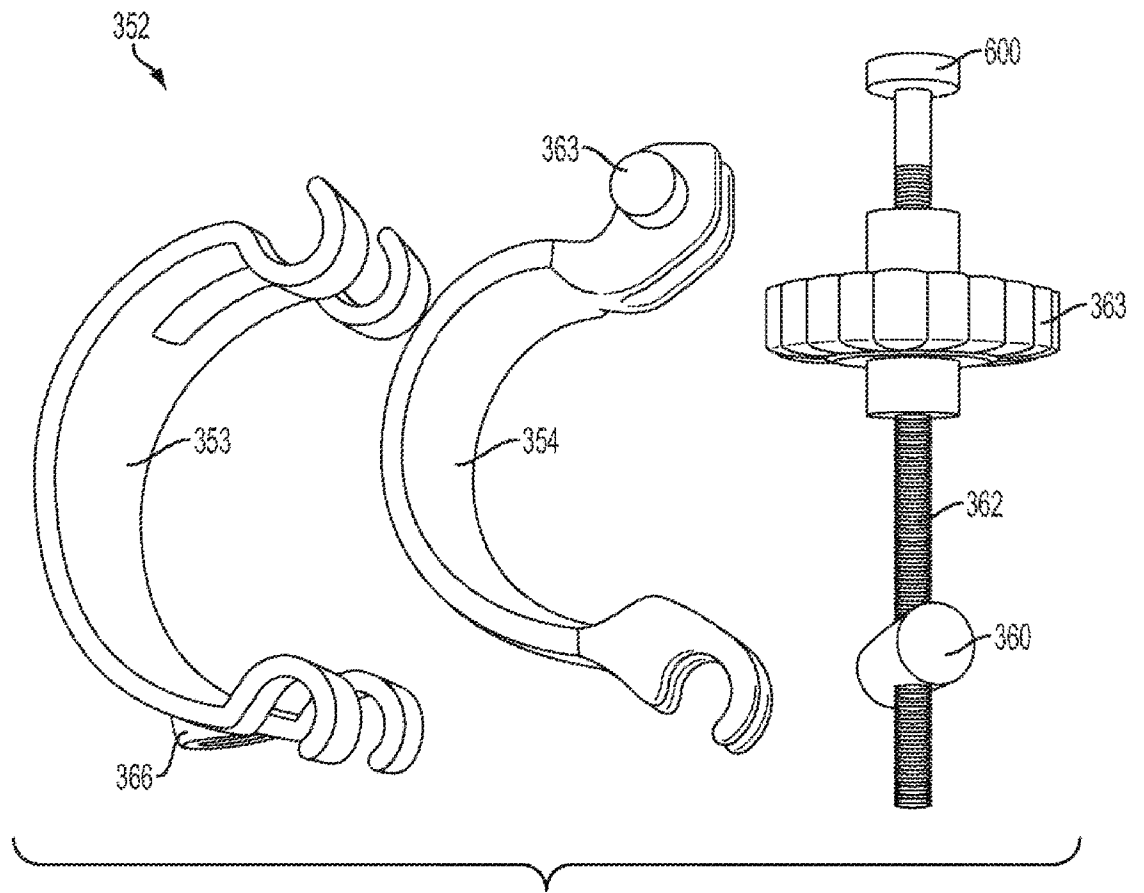
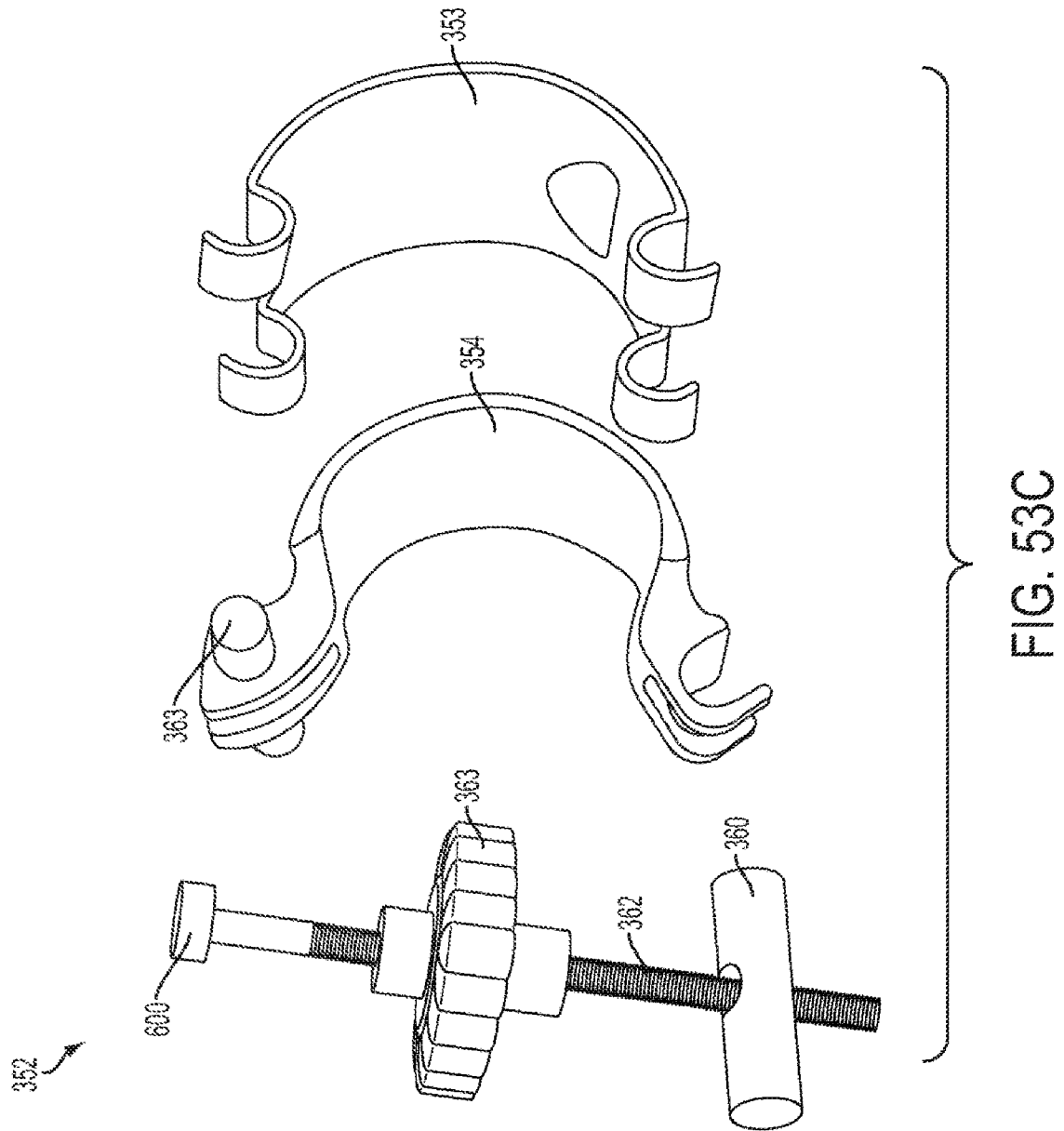


FIG. 53B



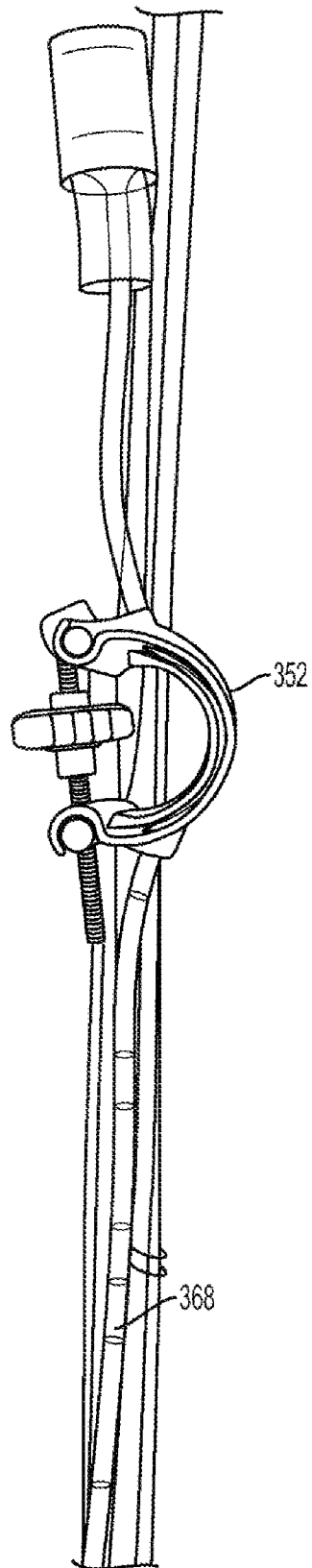


FIG. 54

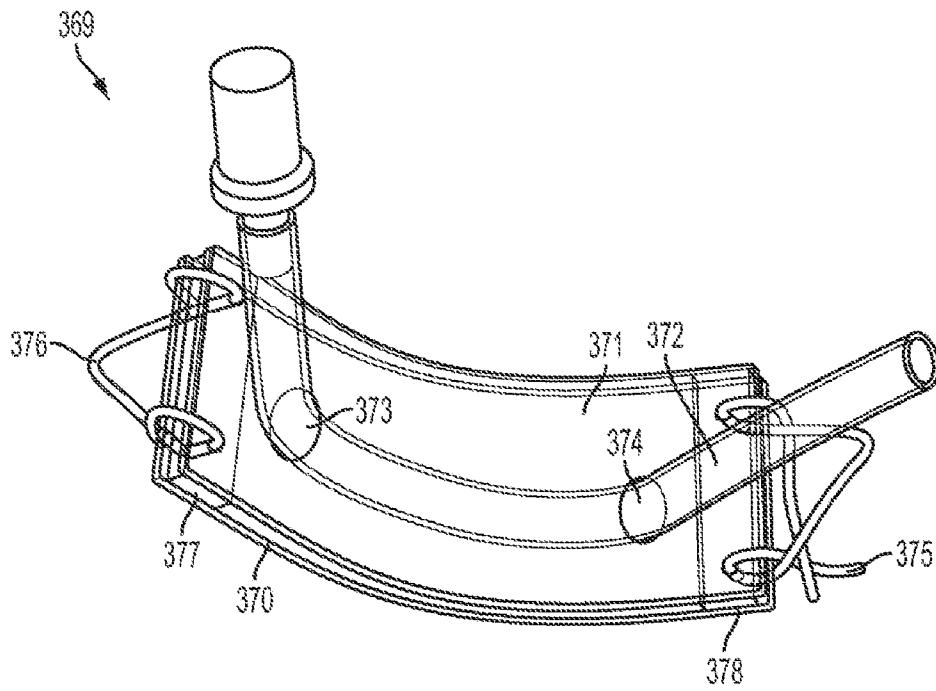


FIG. 55

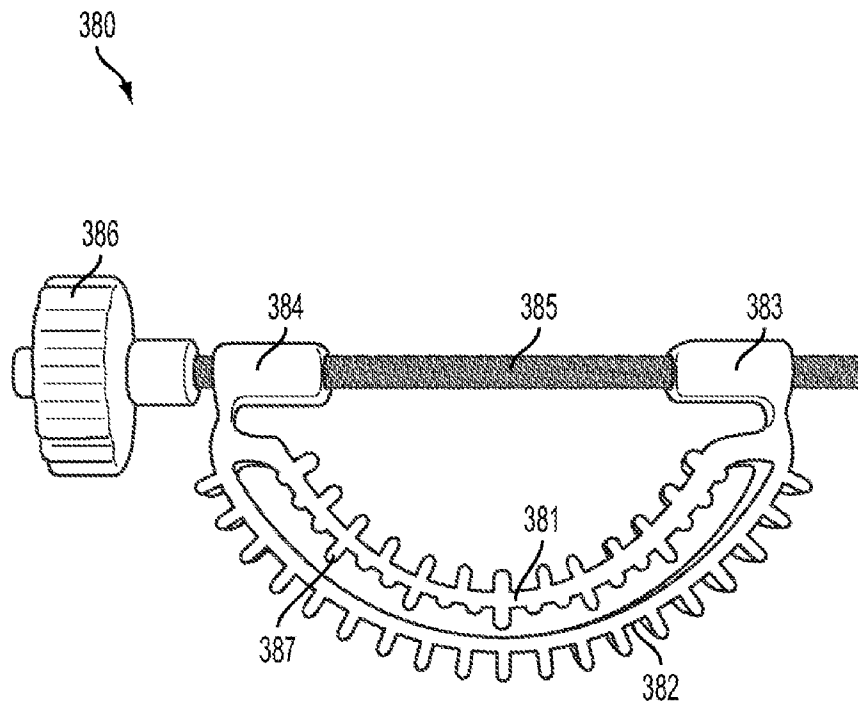


FIG. 56A

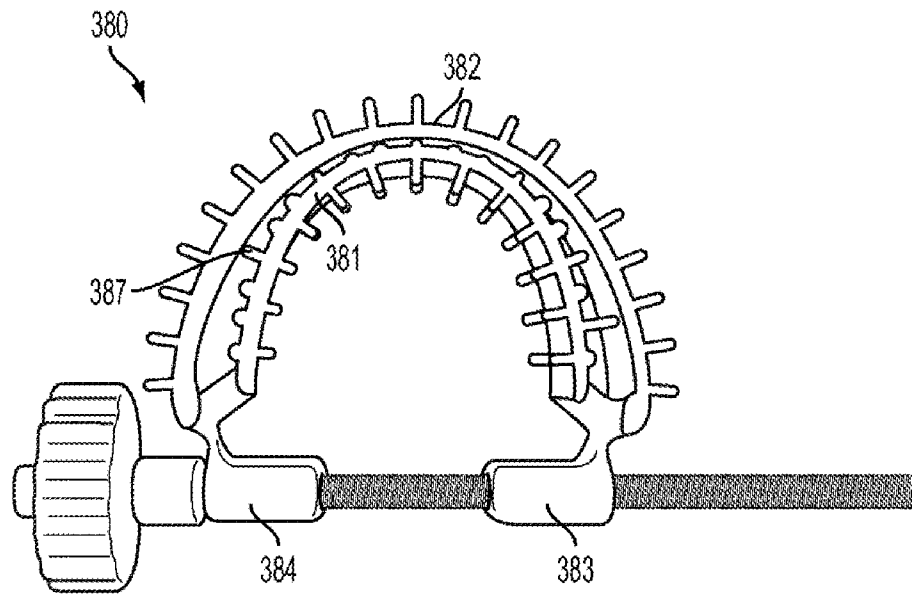


FIG. 56B

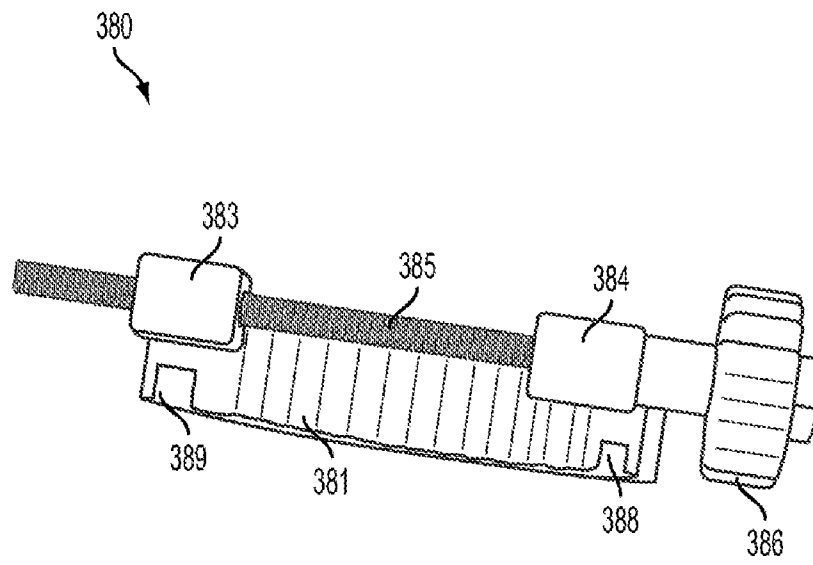


FIG. 56C

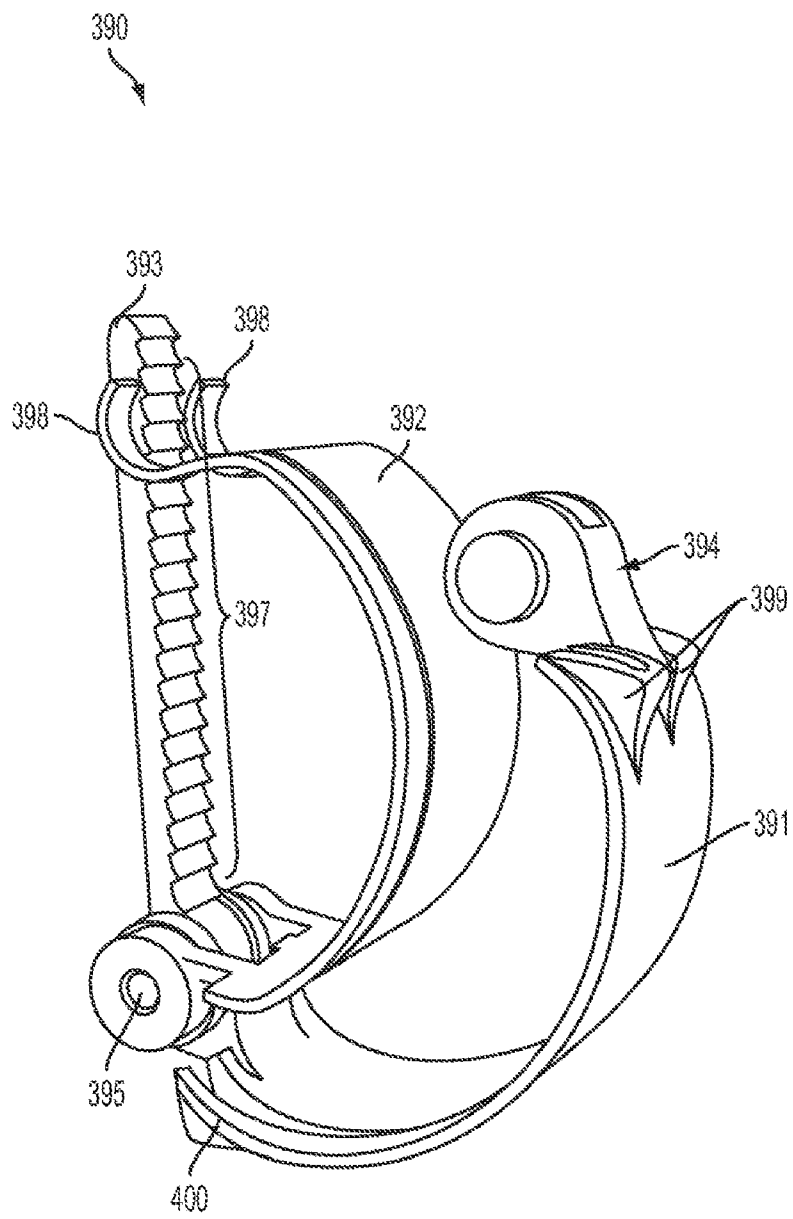


FIG. 57A

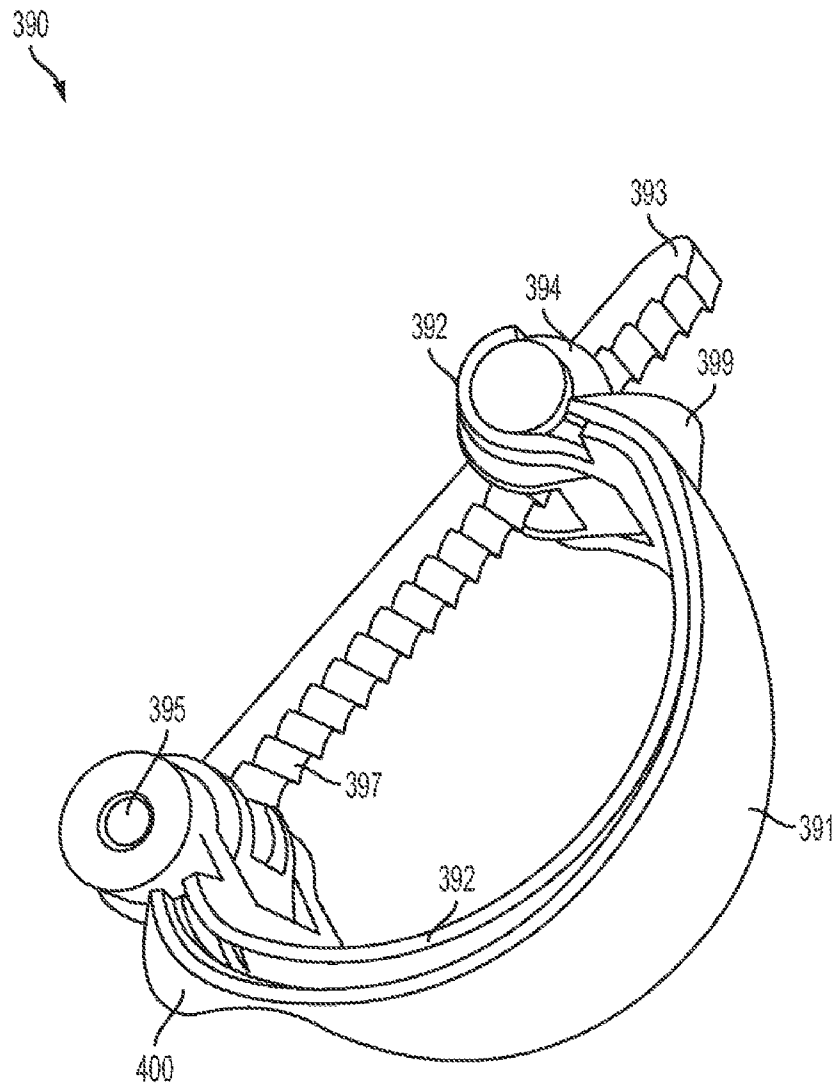


FIG. 57B

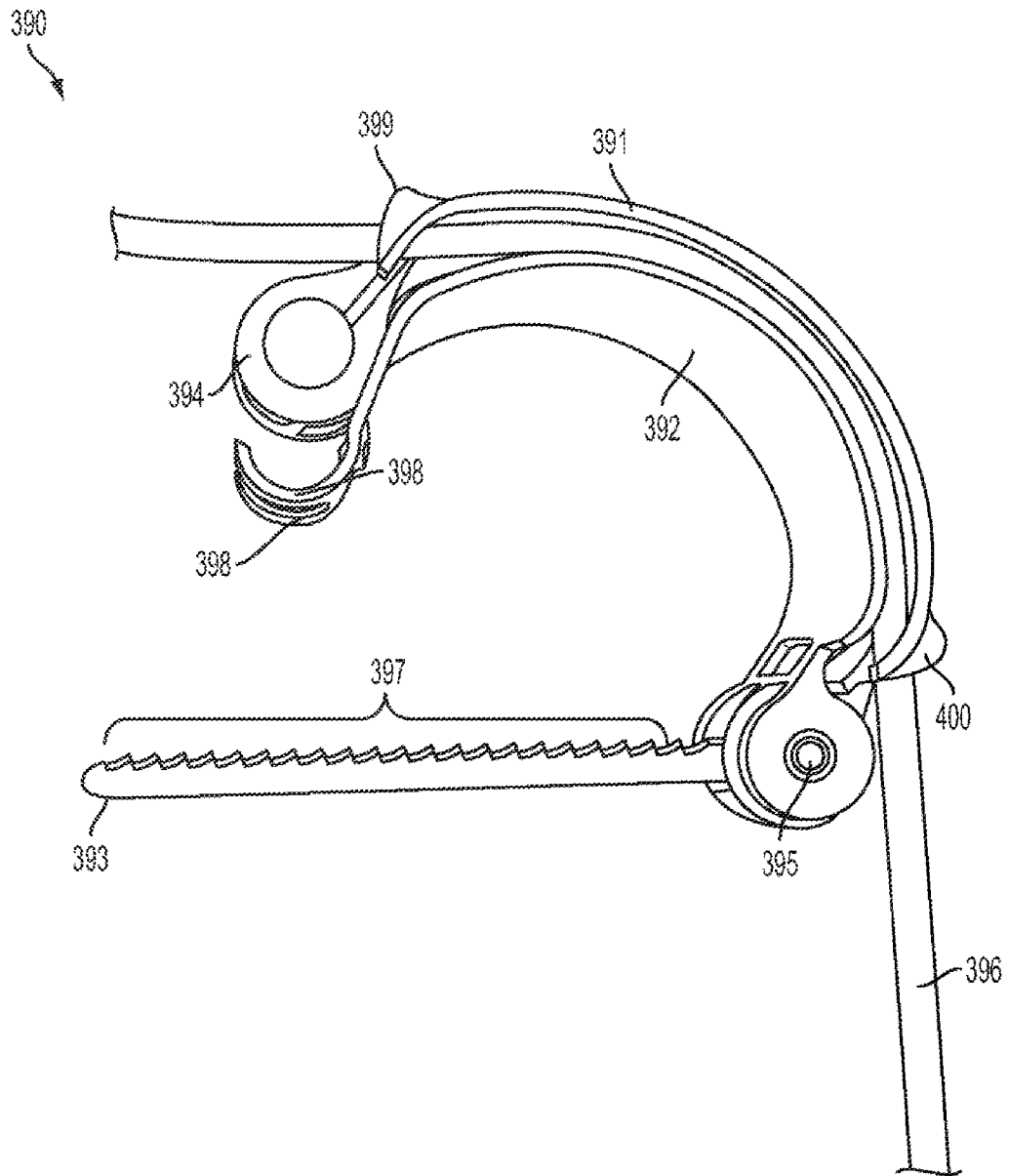
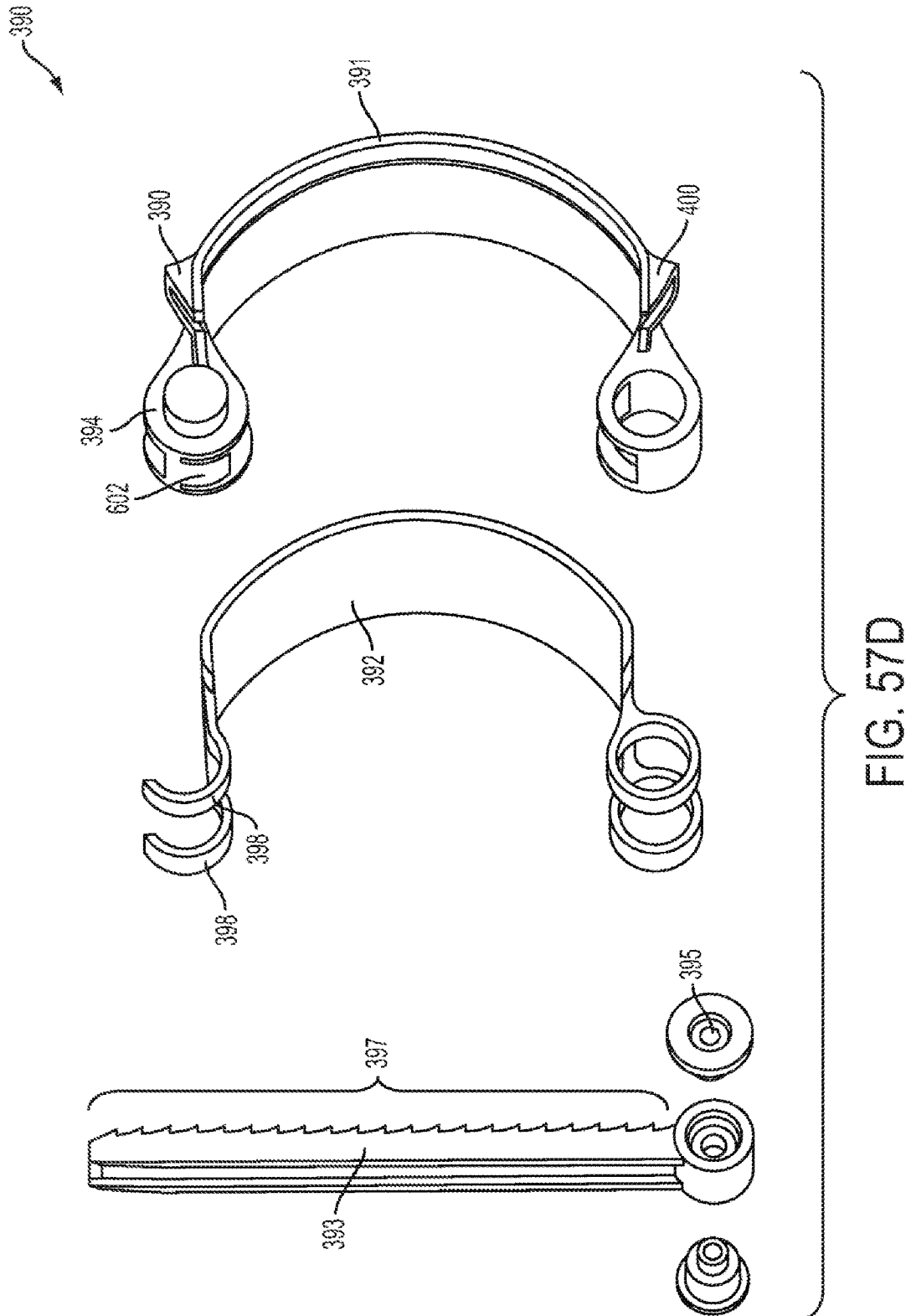


FIG. 57C



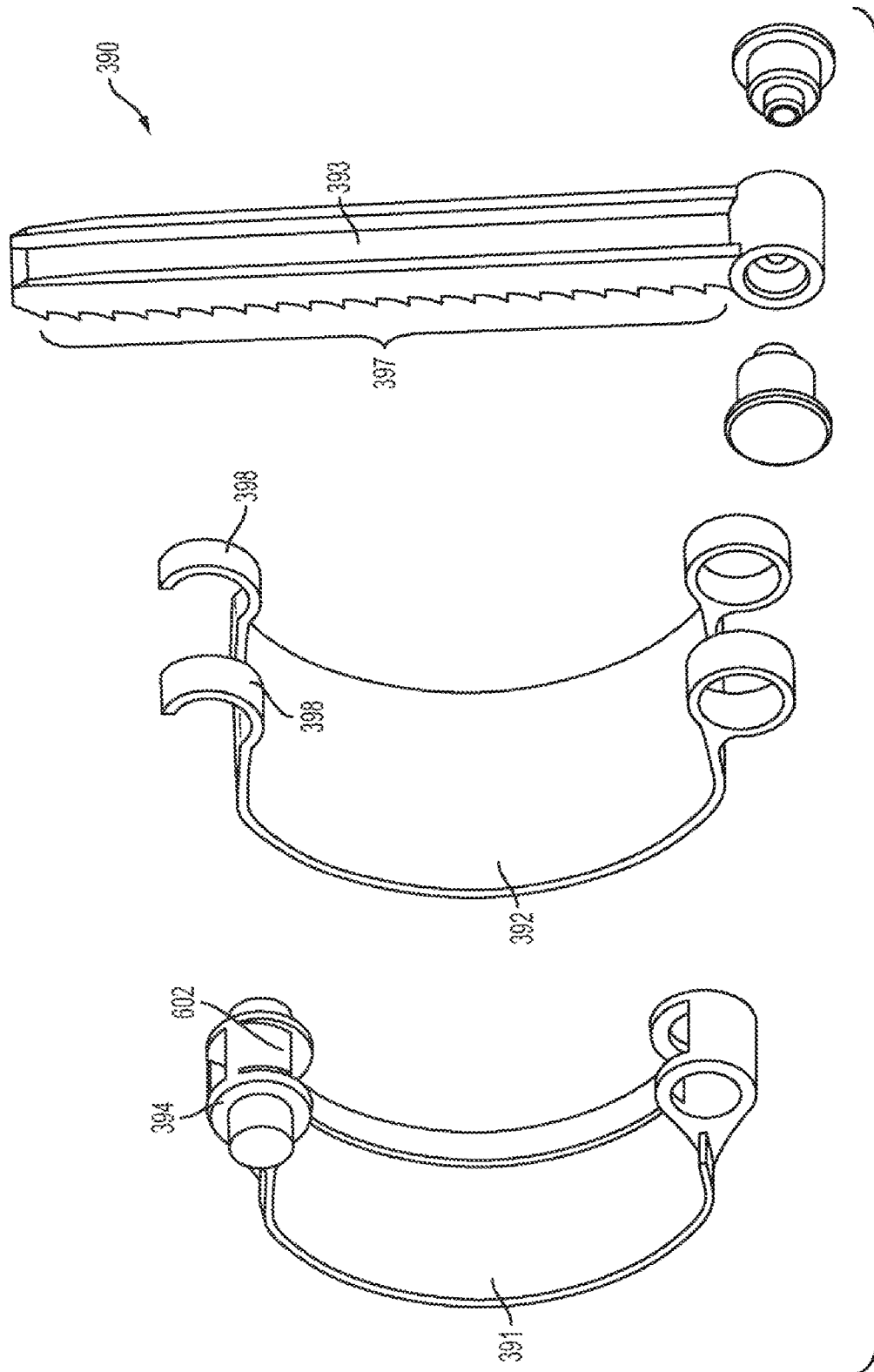


FIG. 57E

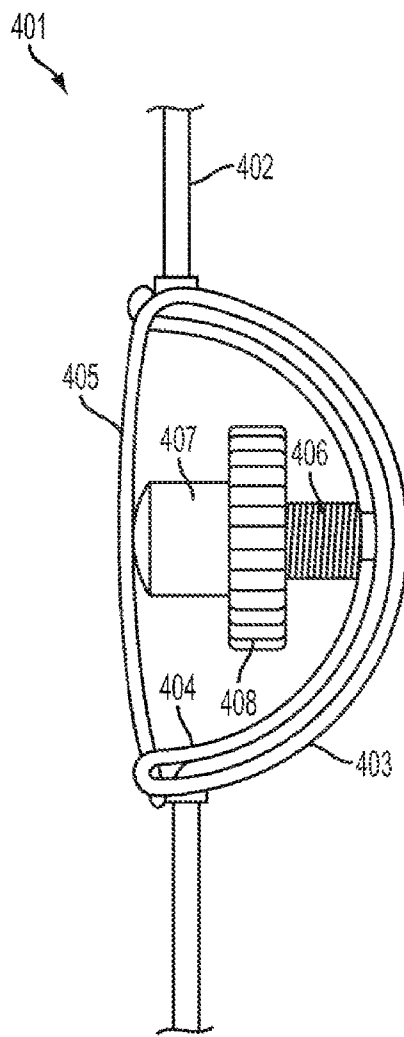


FIG. 58A

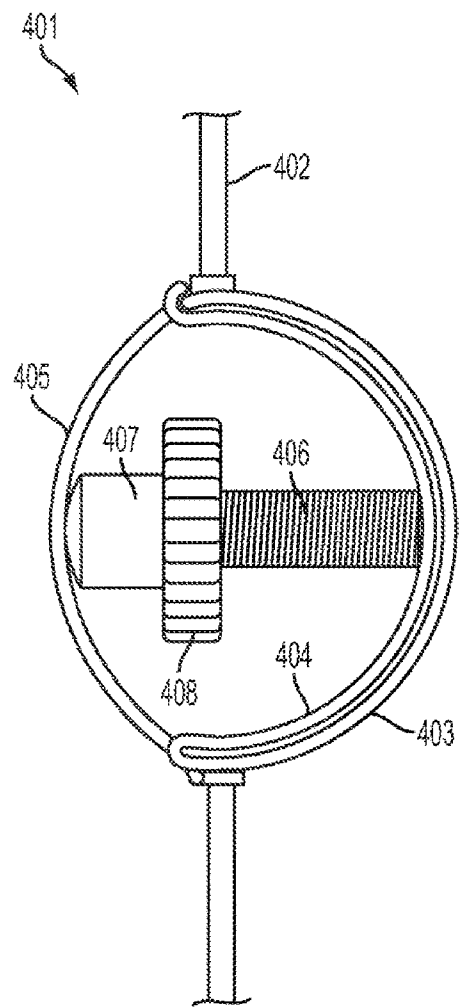


FIG. 58B

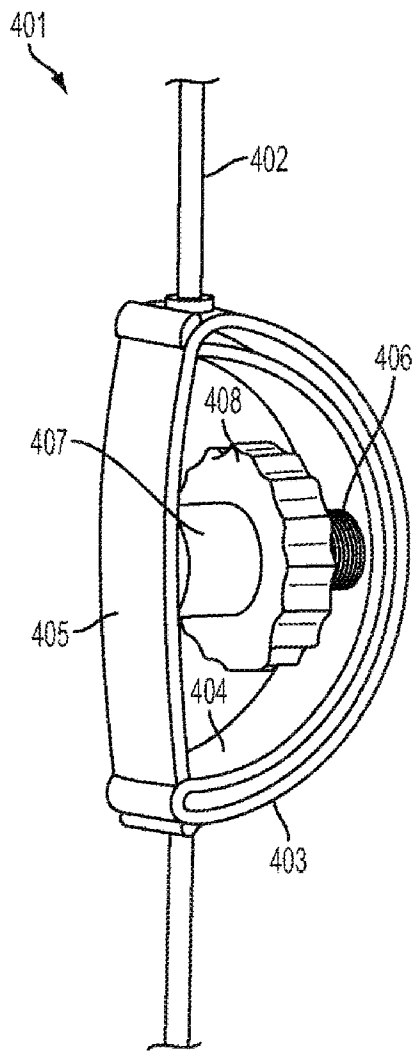


FIG. 58C

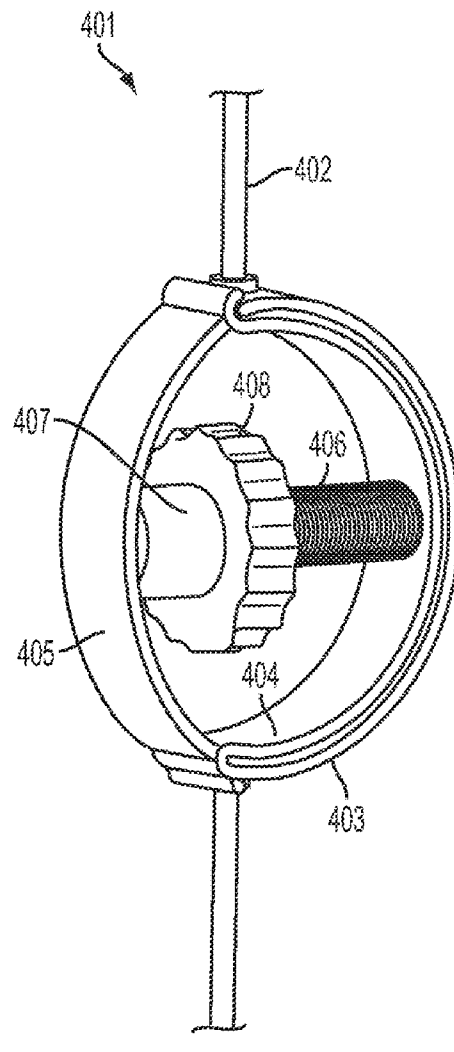


FIG. 58D

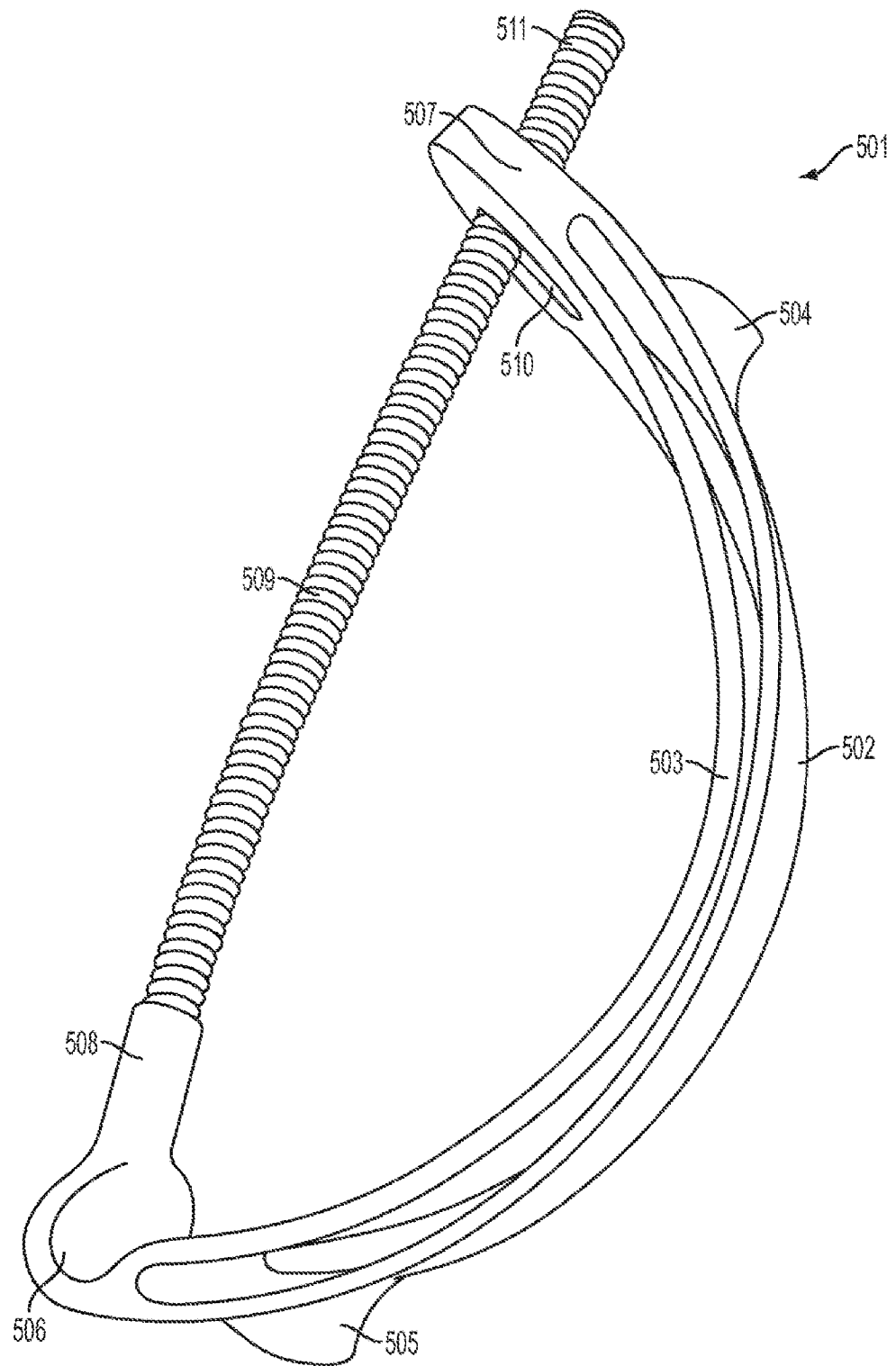


FIG. 59A

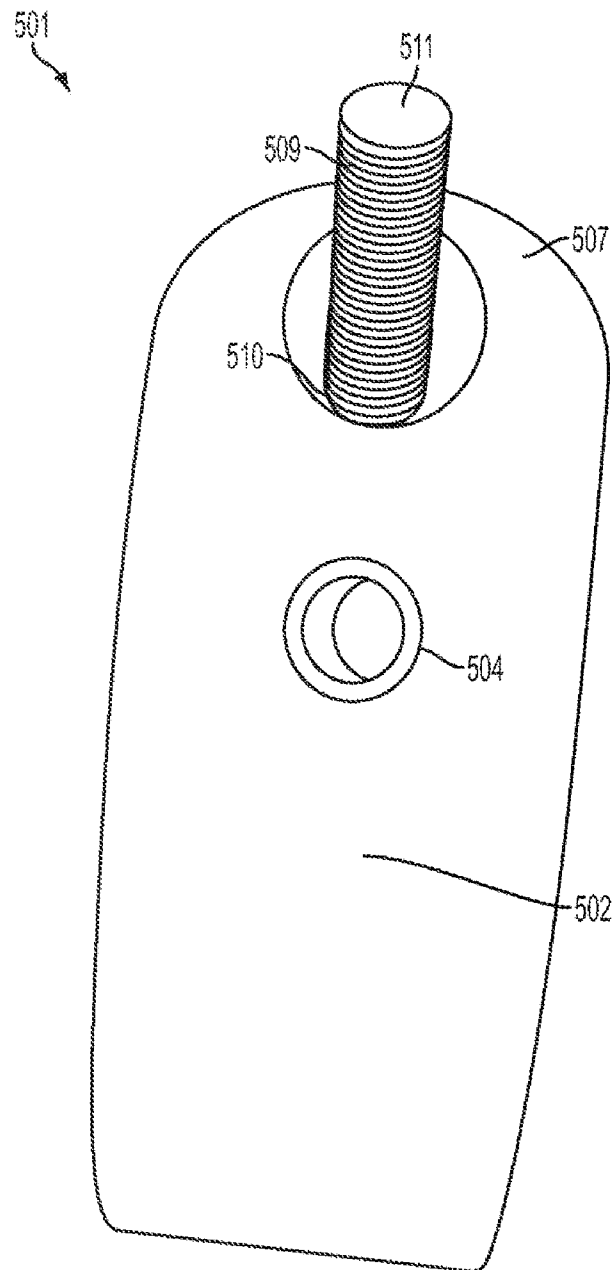


FIG. 59B

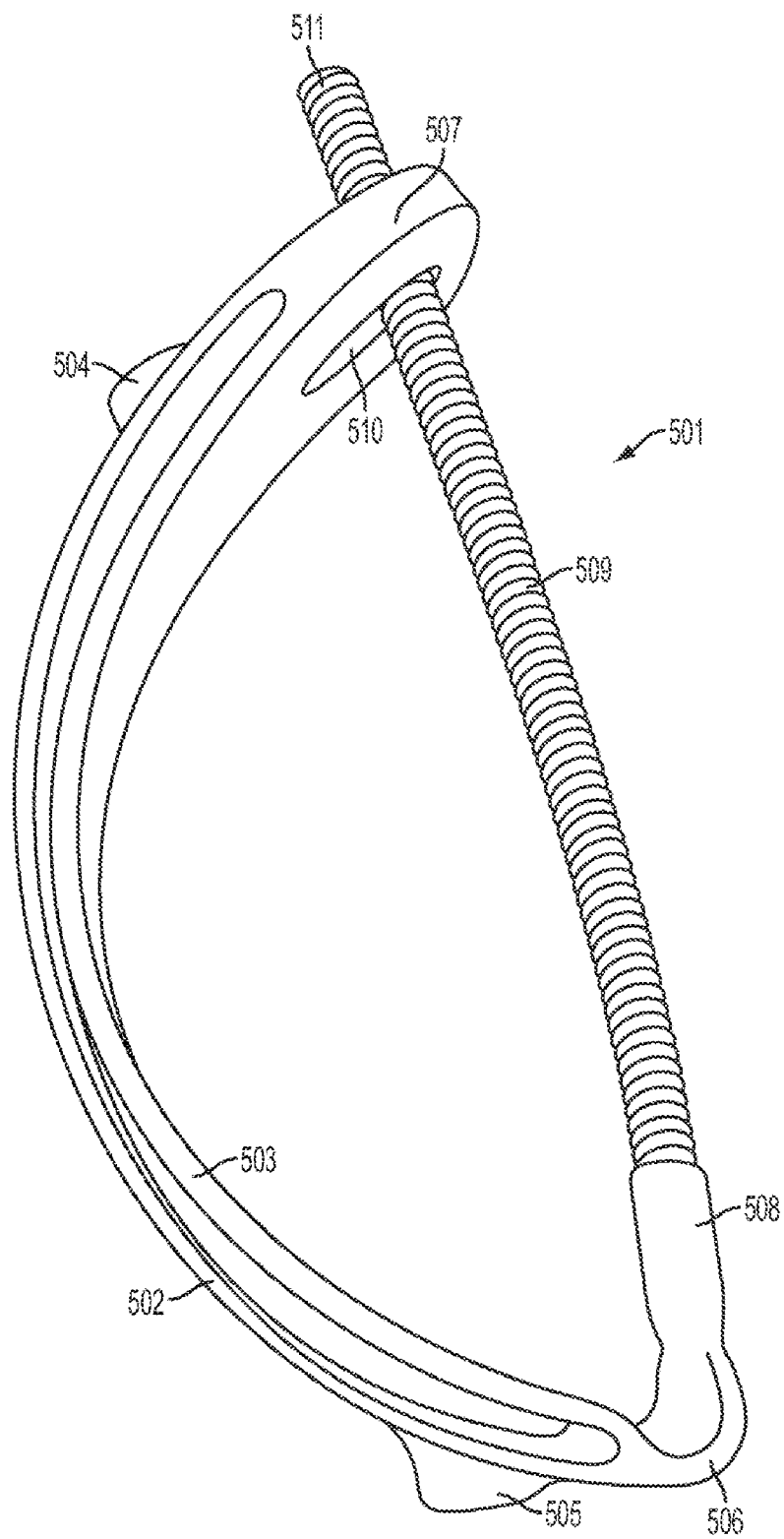


FIG. 59C

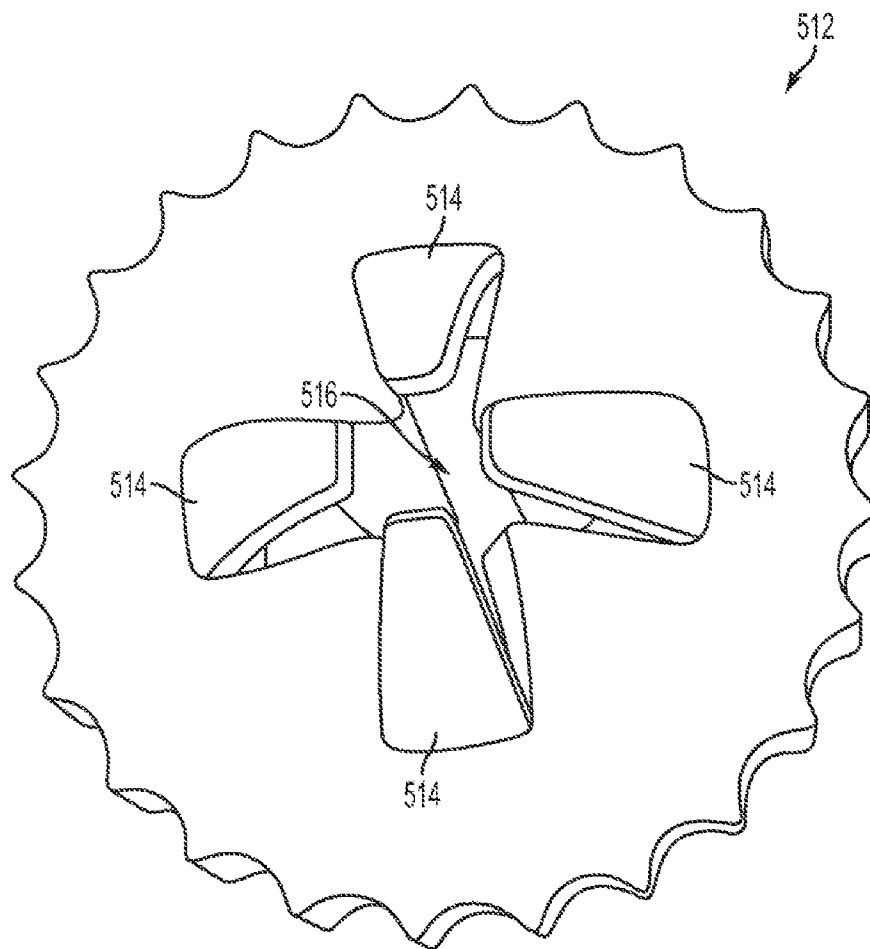


FIG. 59D

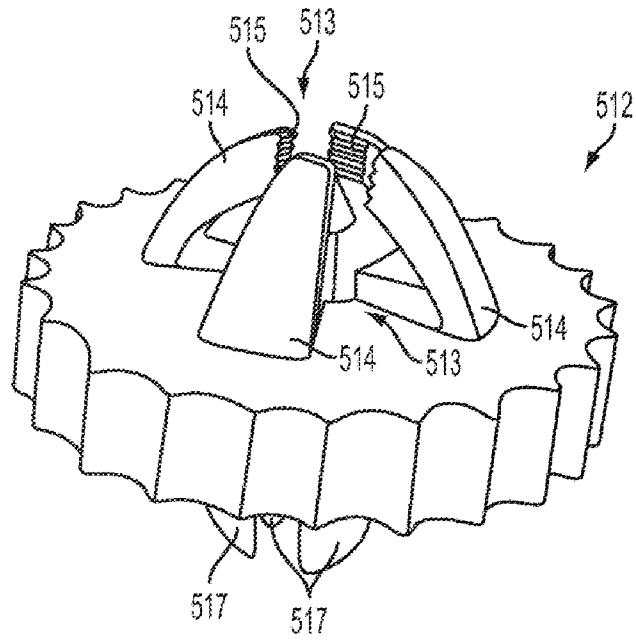


FIG. 59E

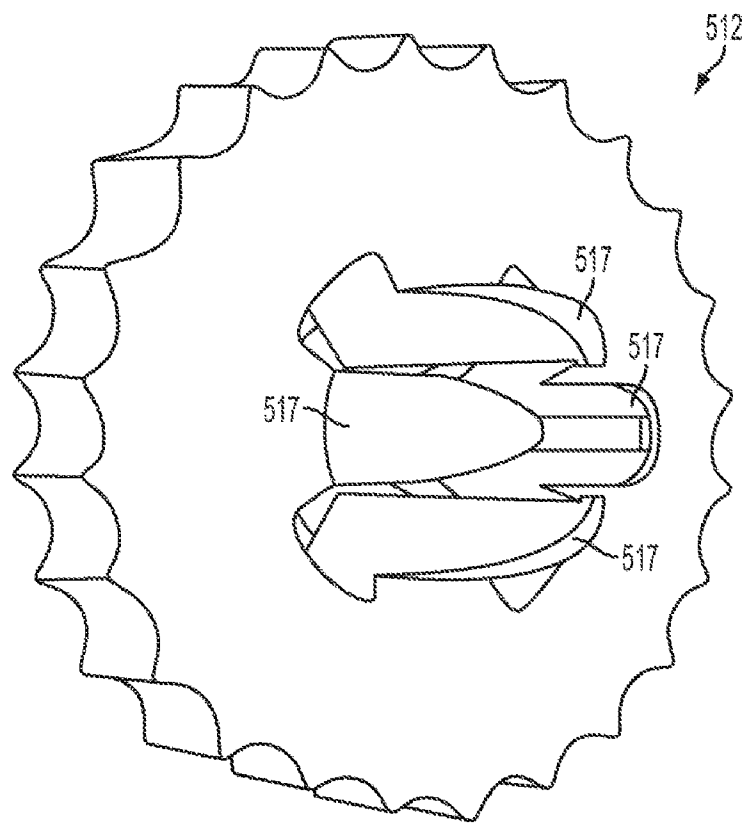


FIG. 59F

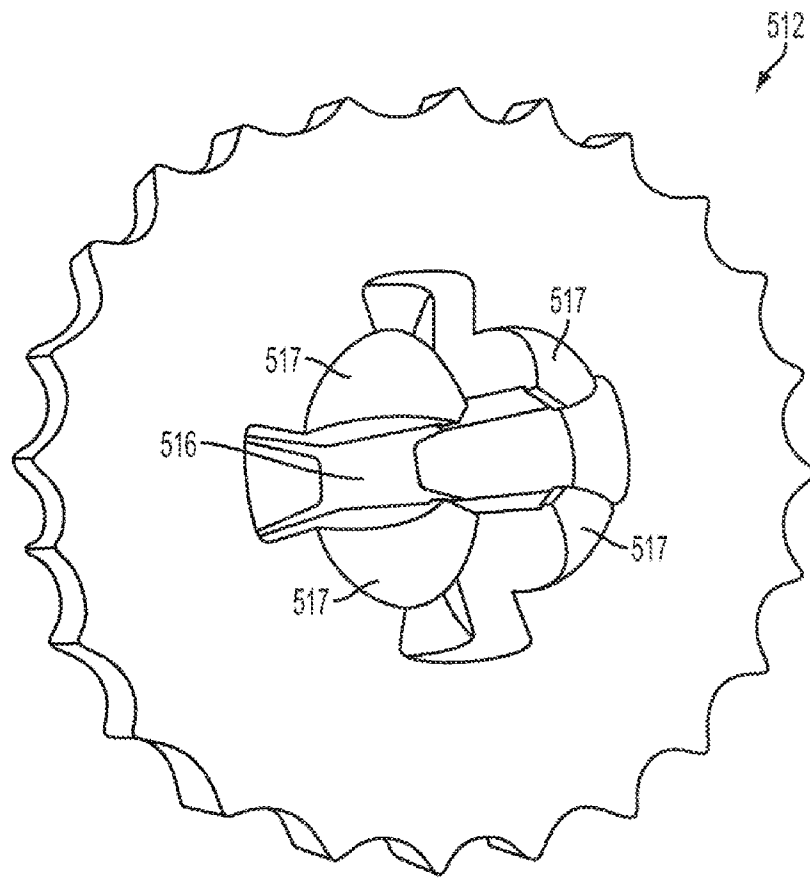


FIG. 59G

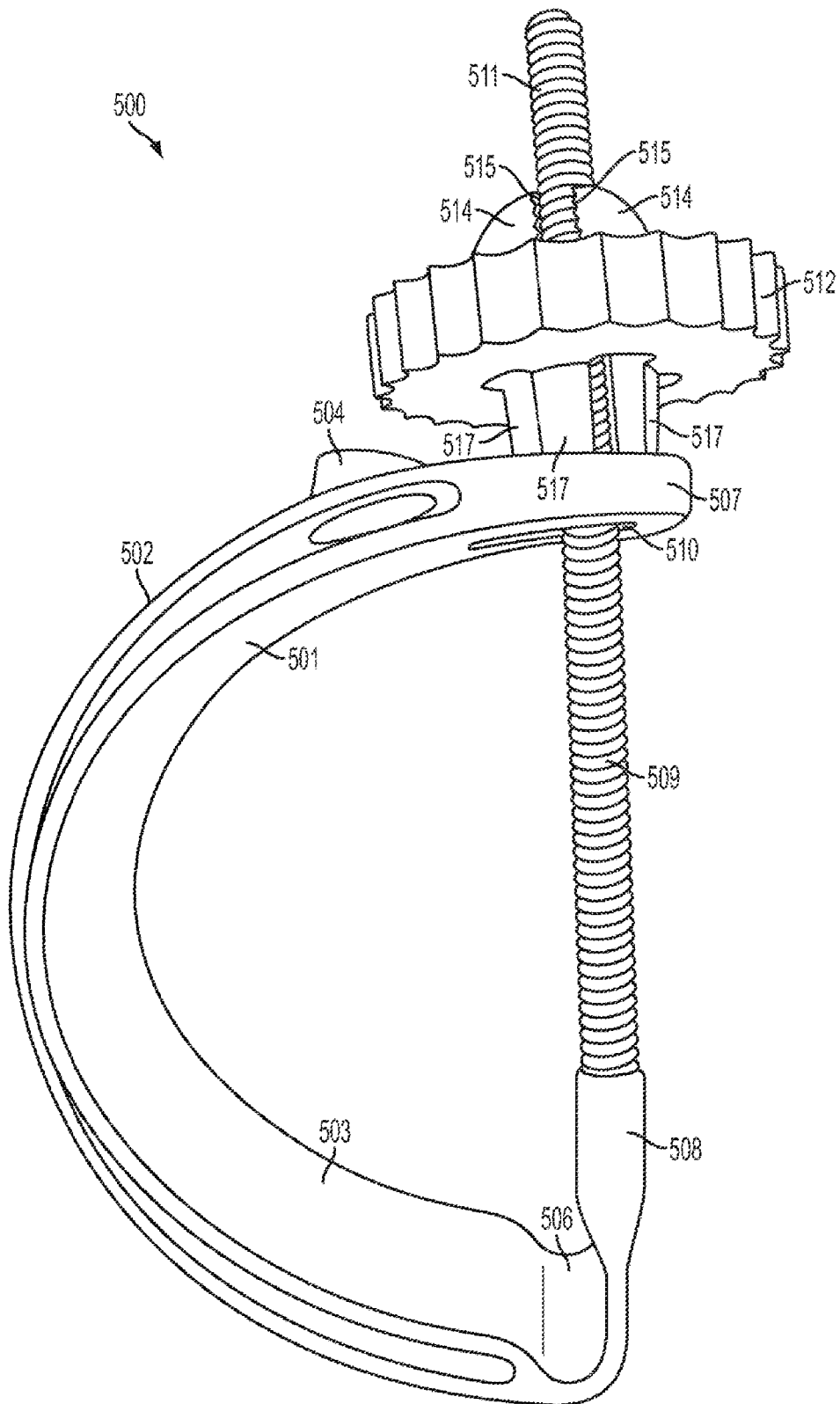


FIG. 59H

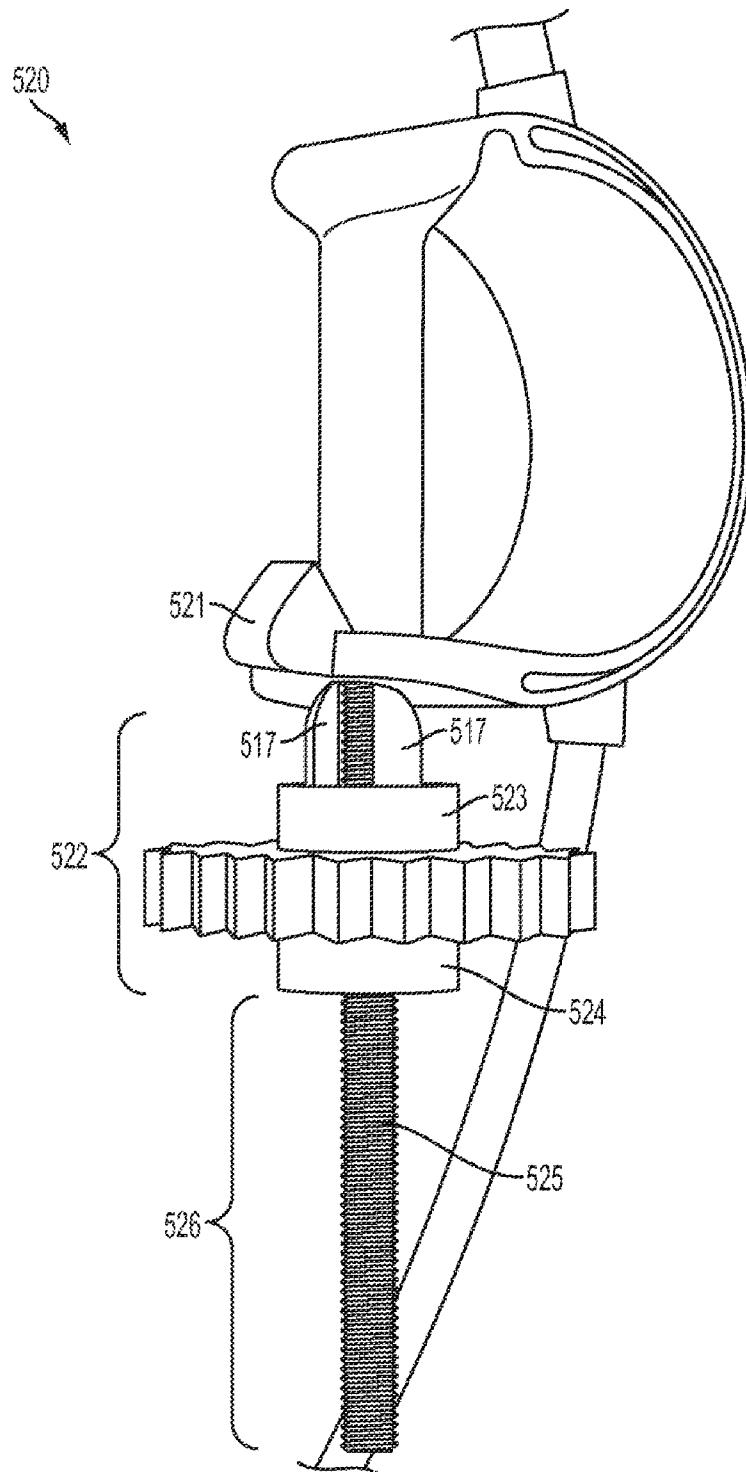


FIG. 60

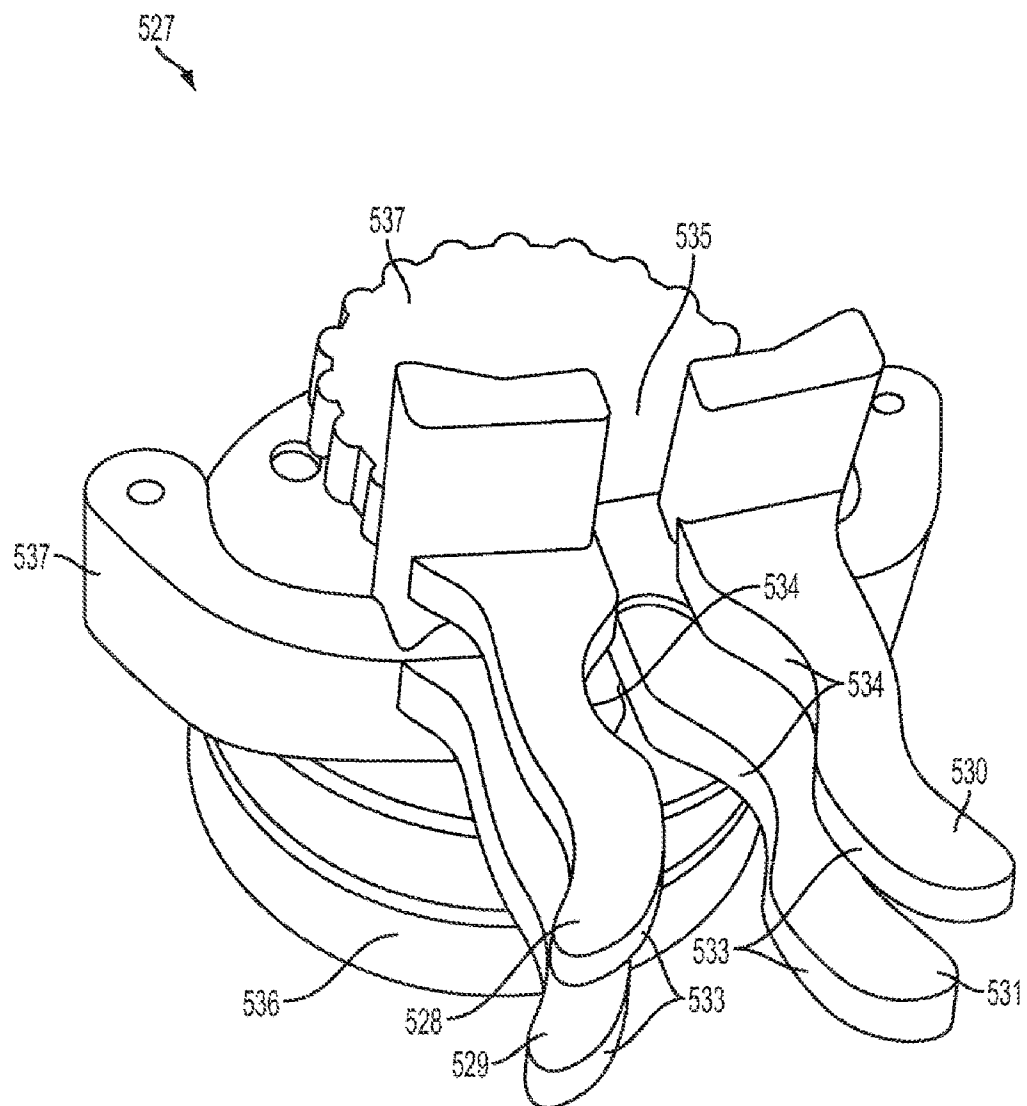


FIG. 61

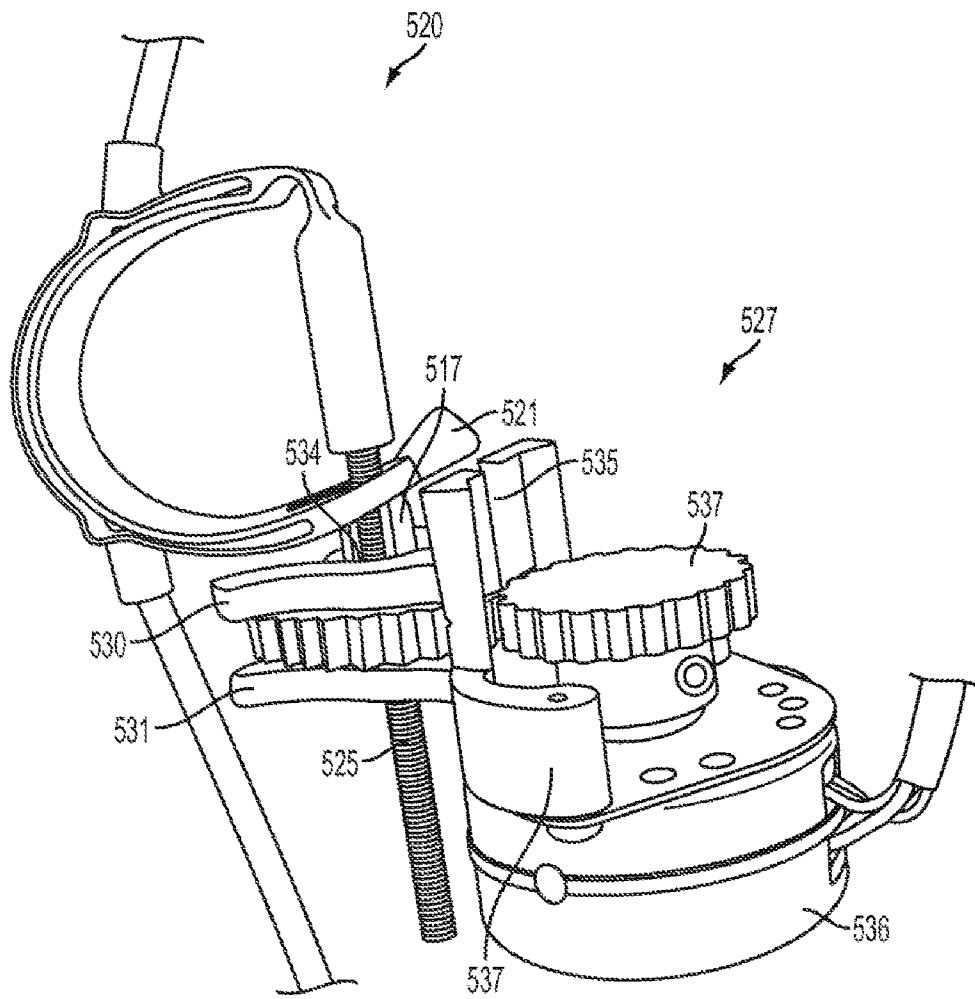


FIG. 62

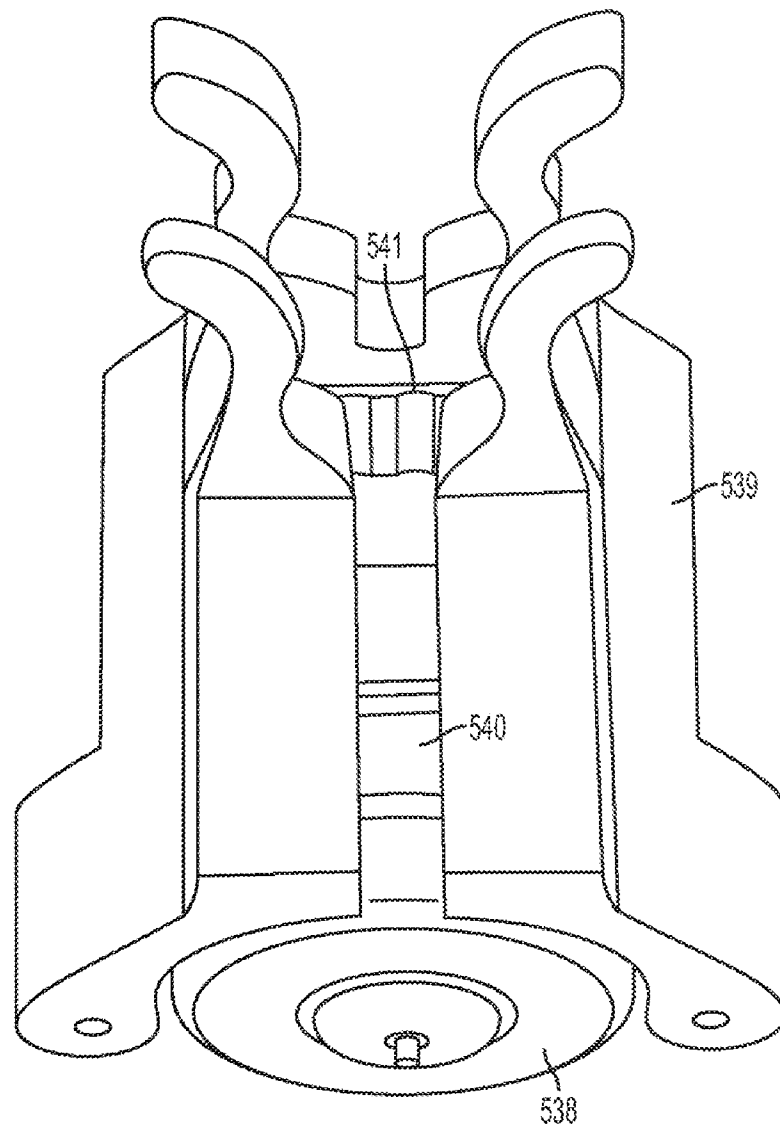


FIG. 63

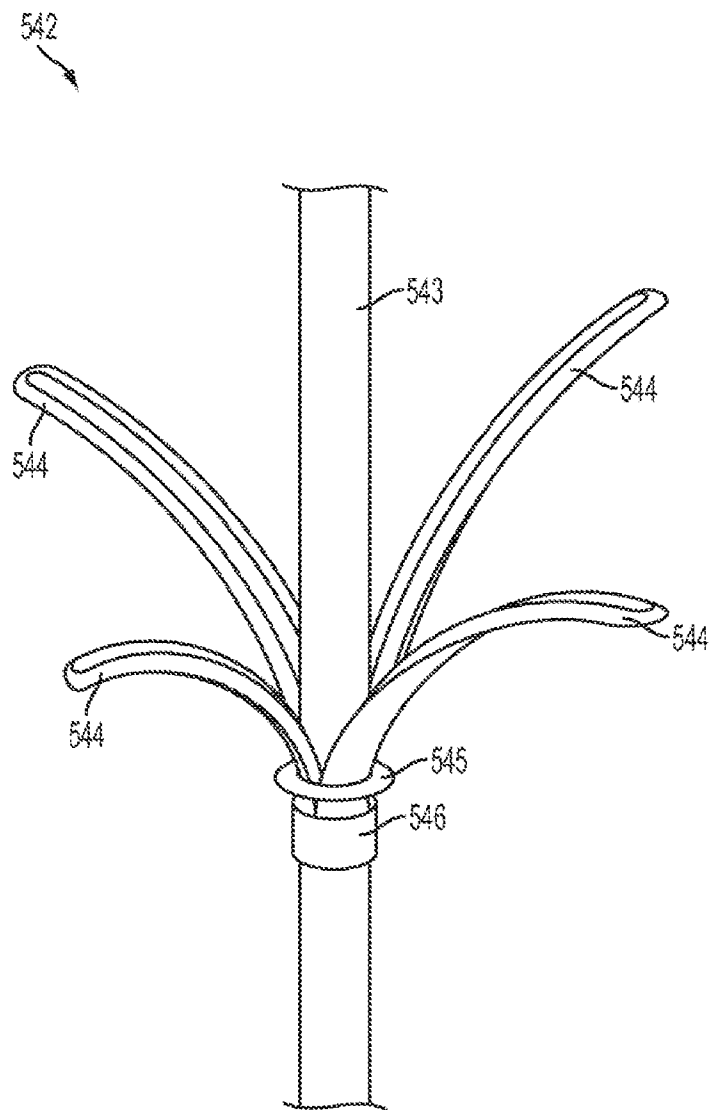


FIG. 64A

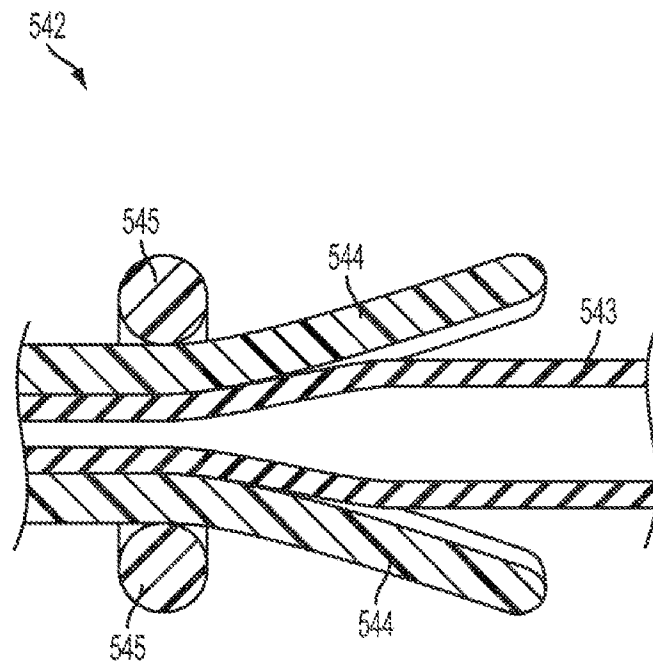


FIG. 64B

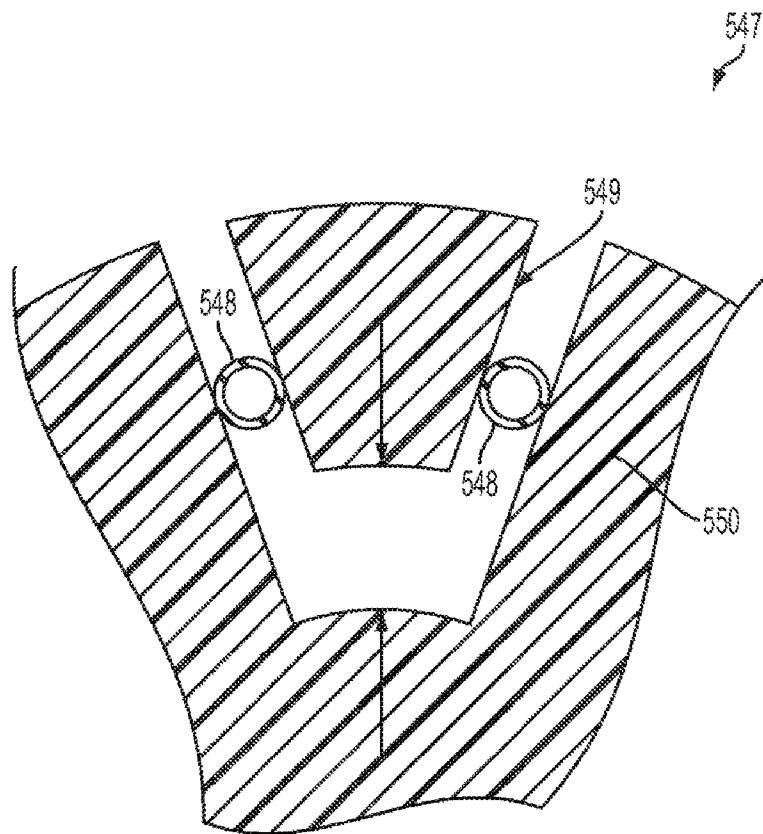
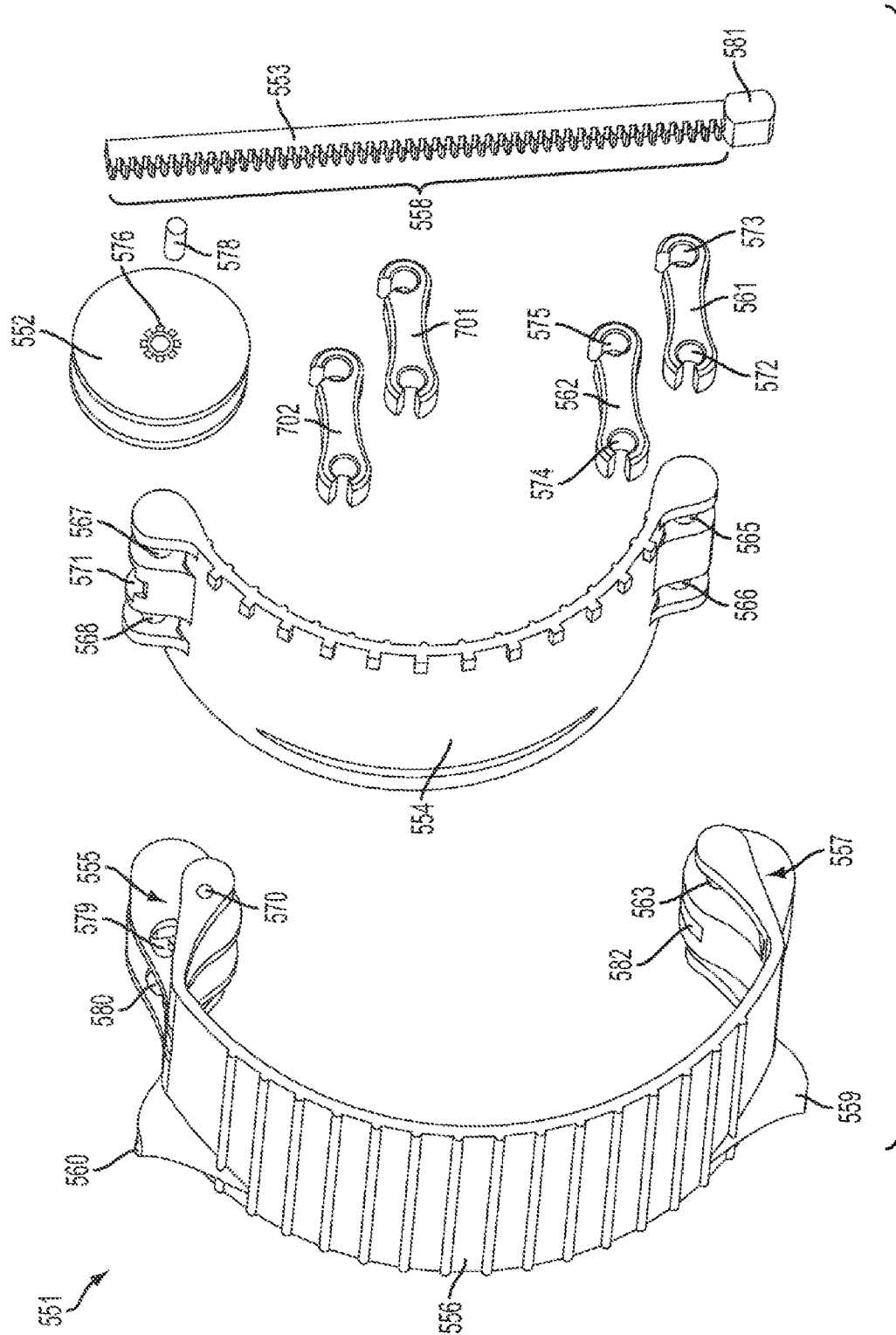


FIG. 65



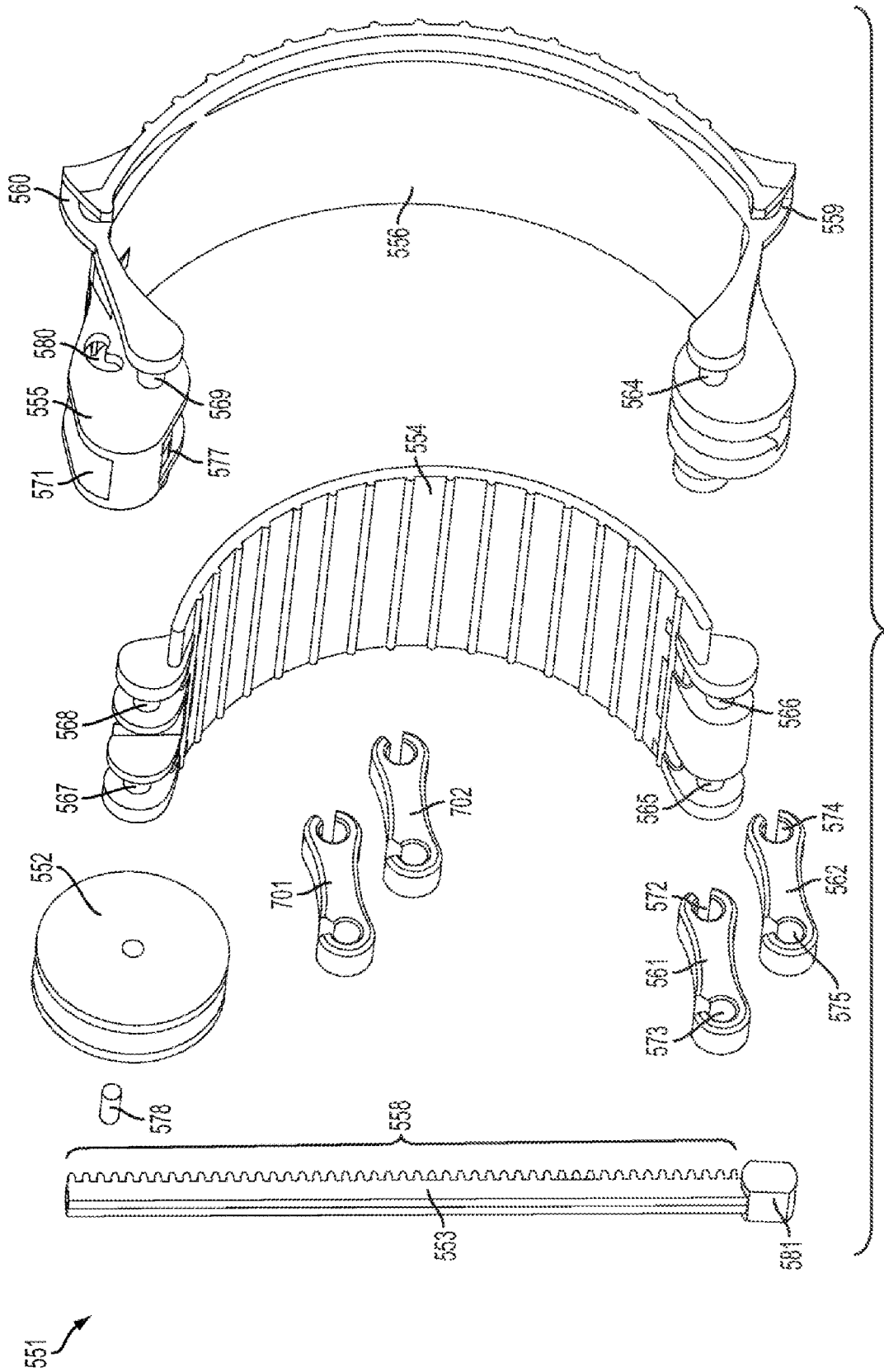


FIG. 66B

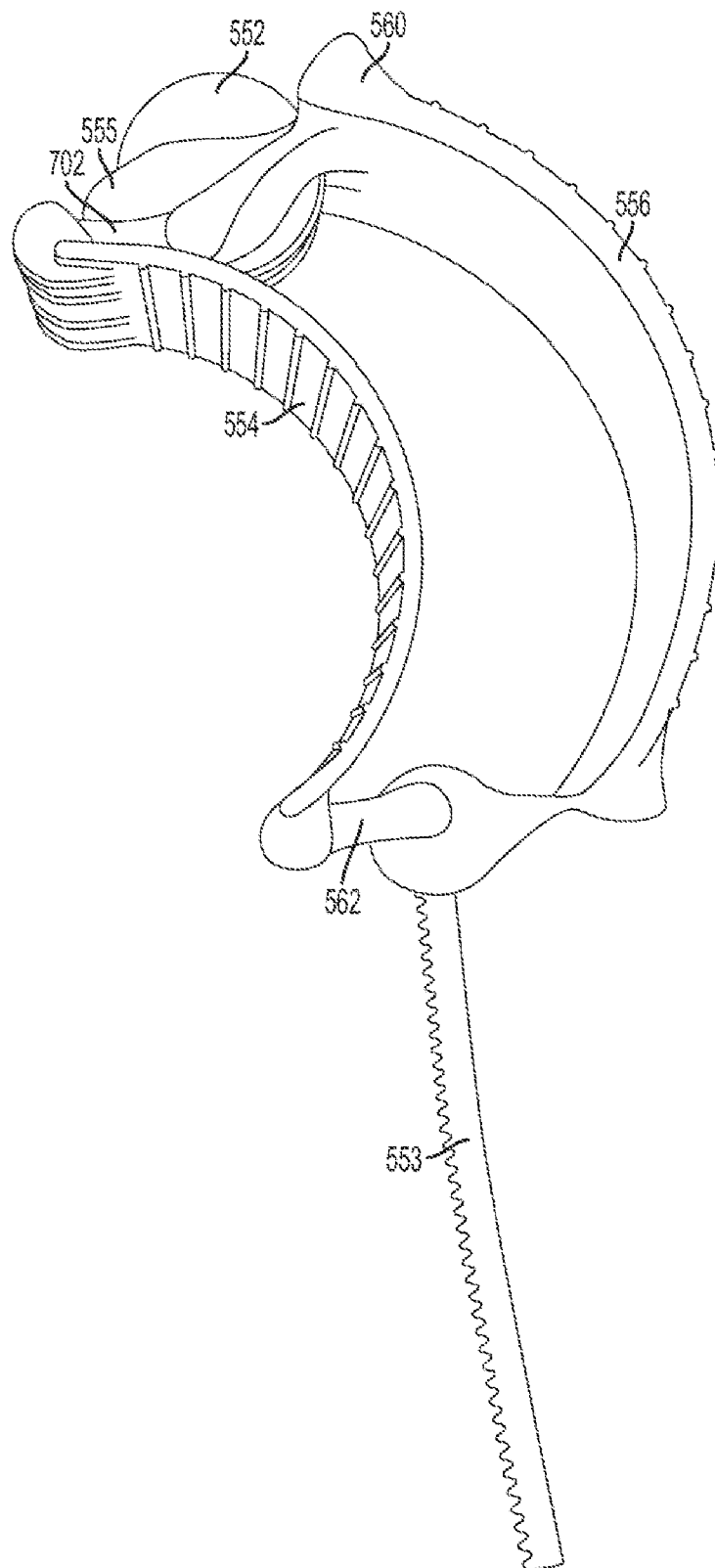


FIG. 66C

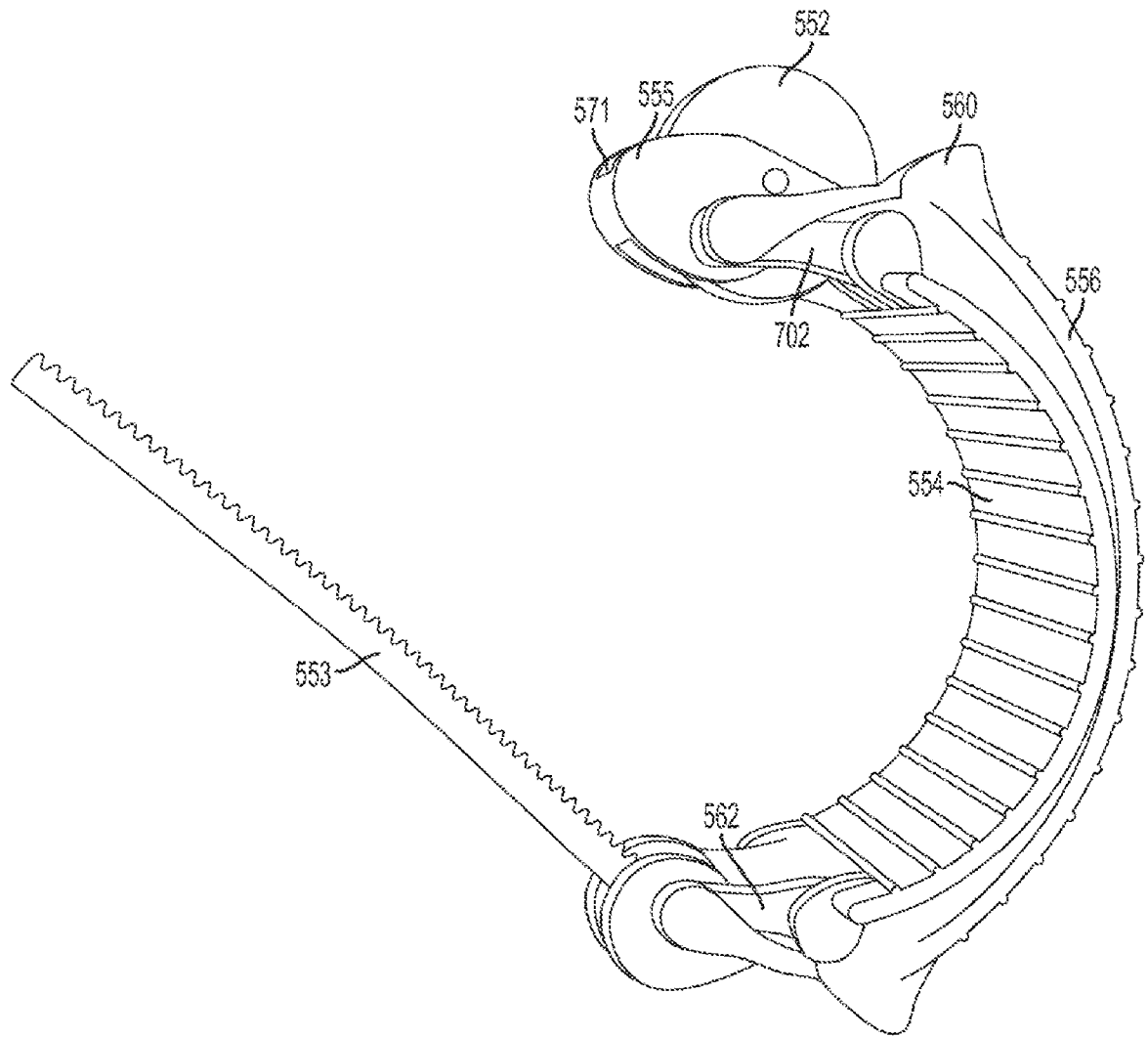


FIG. 66D

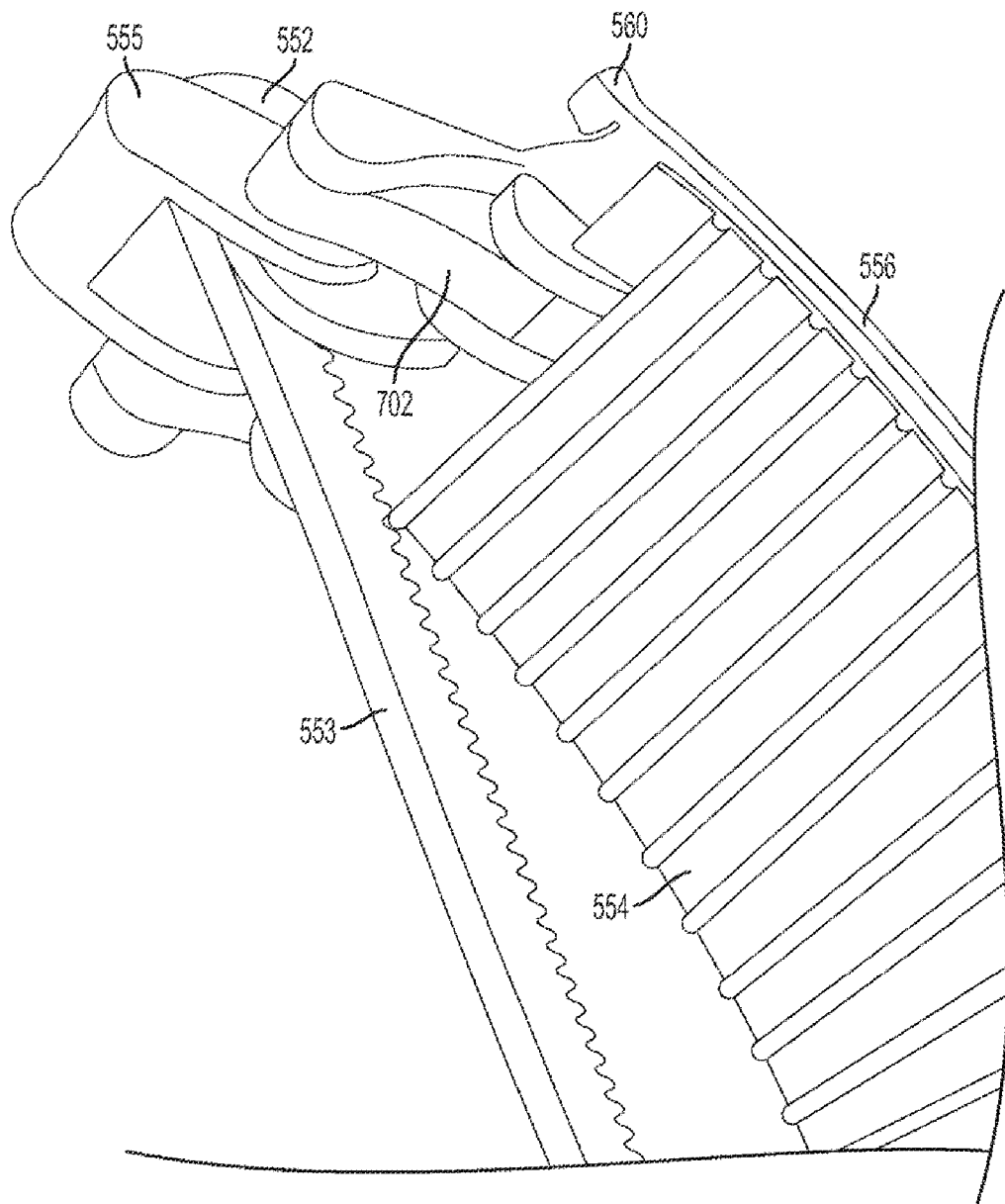


FIG. 66E

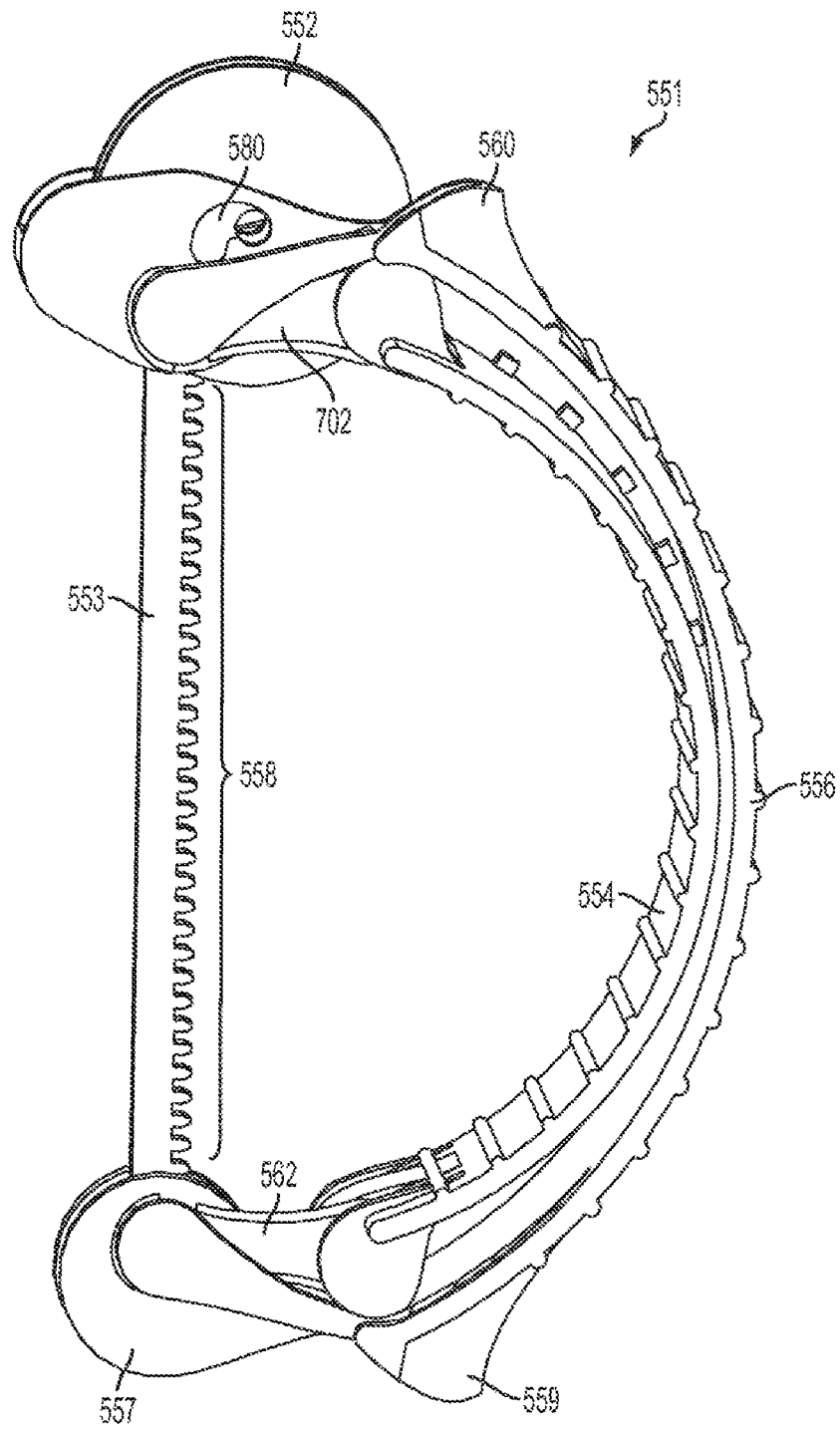


FIG. 66F

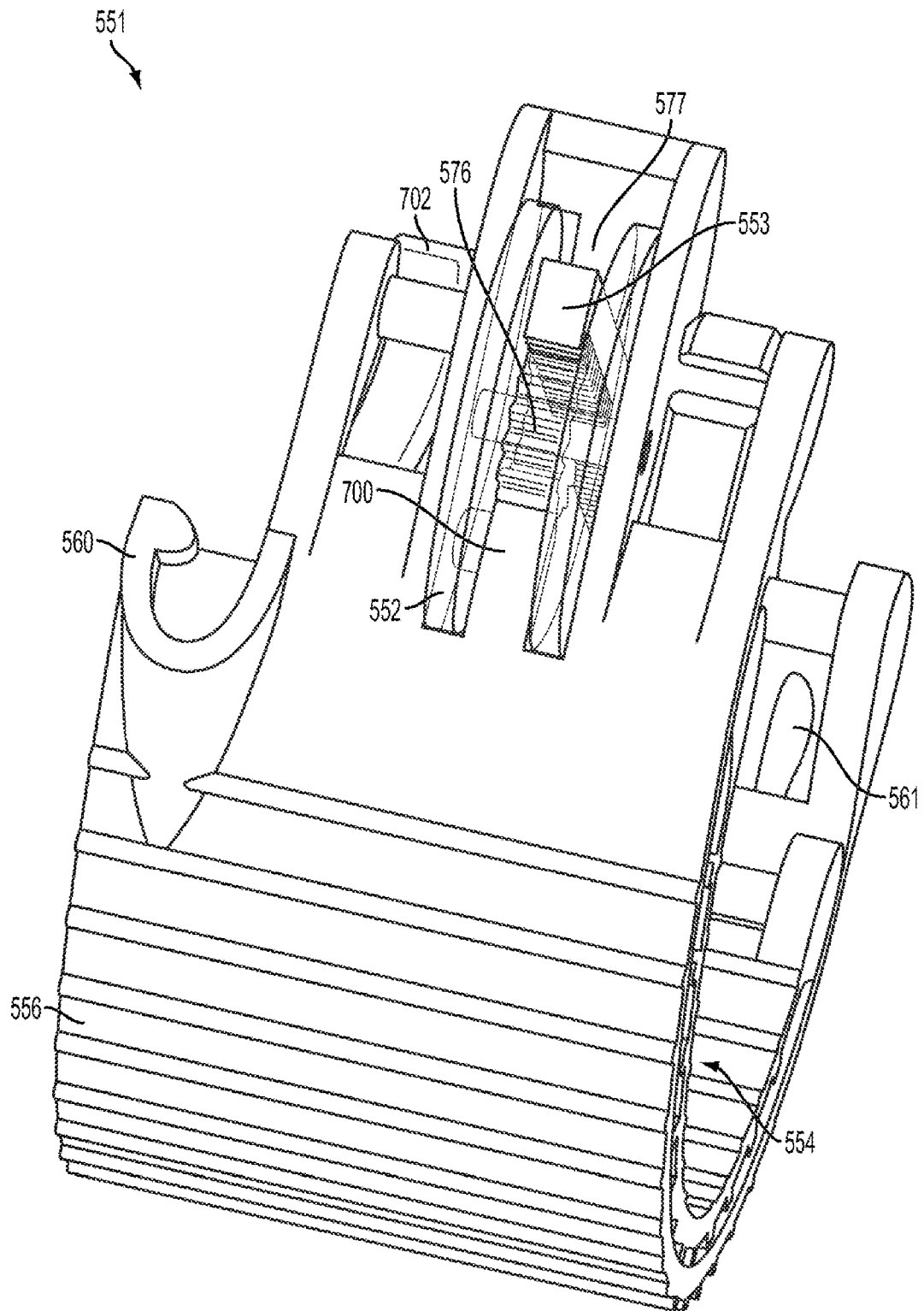


FIG. 66G

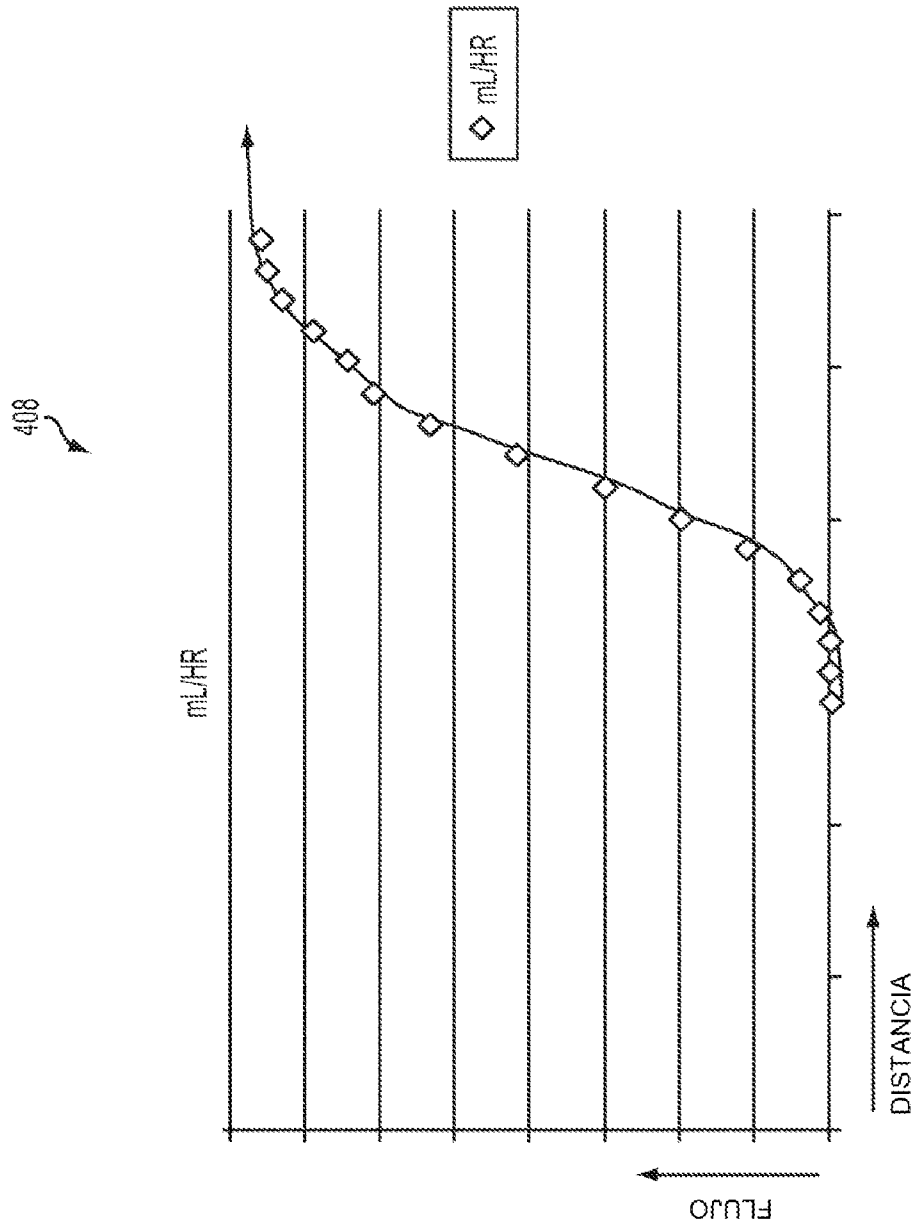


FIG. 67

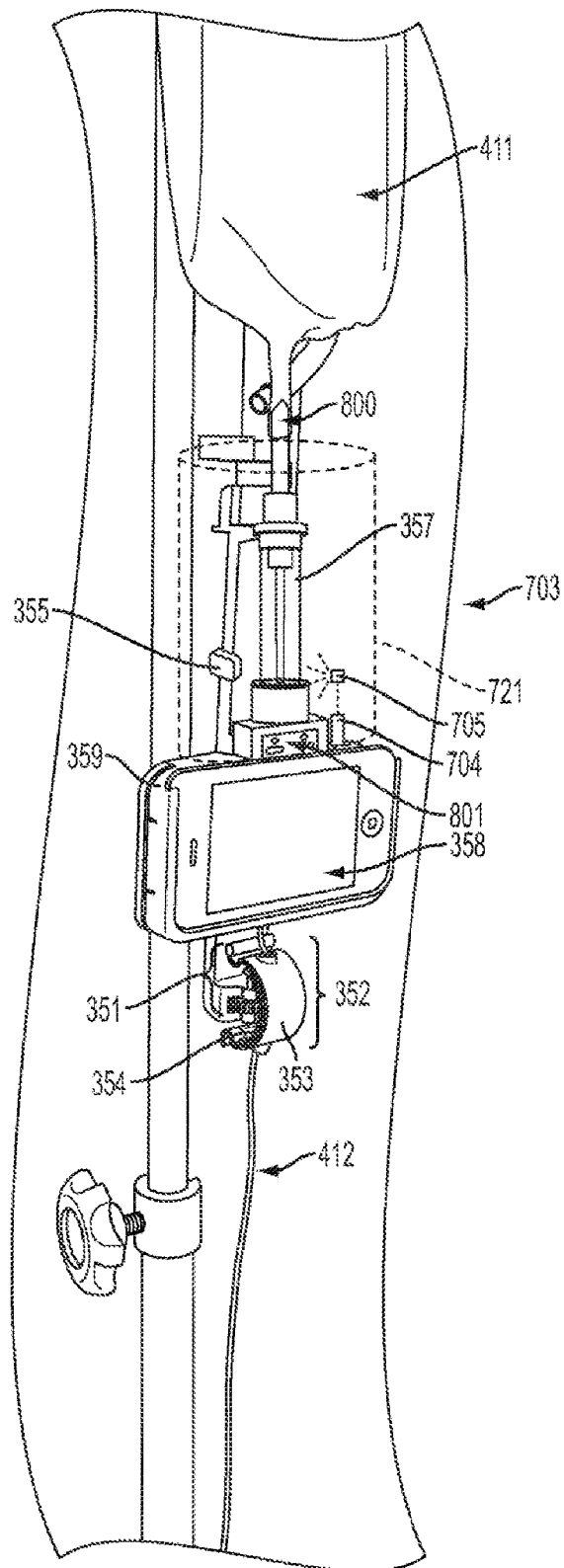


FIG. 68A

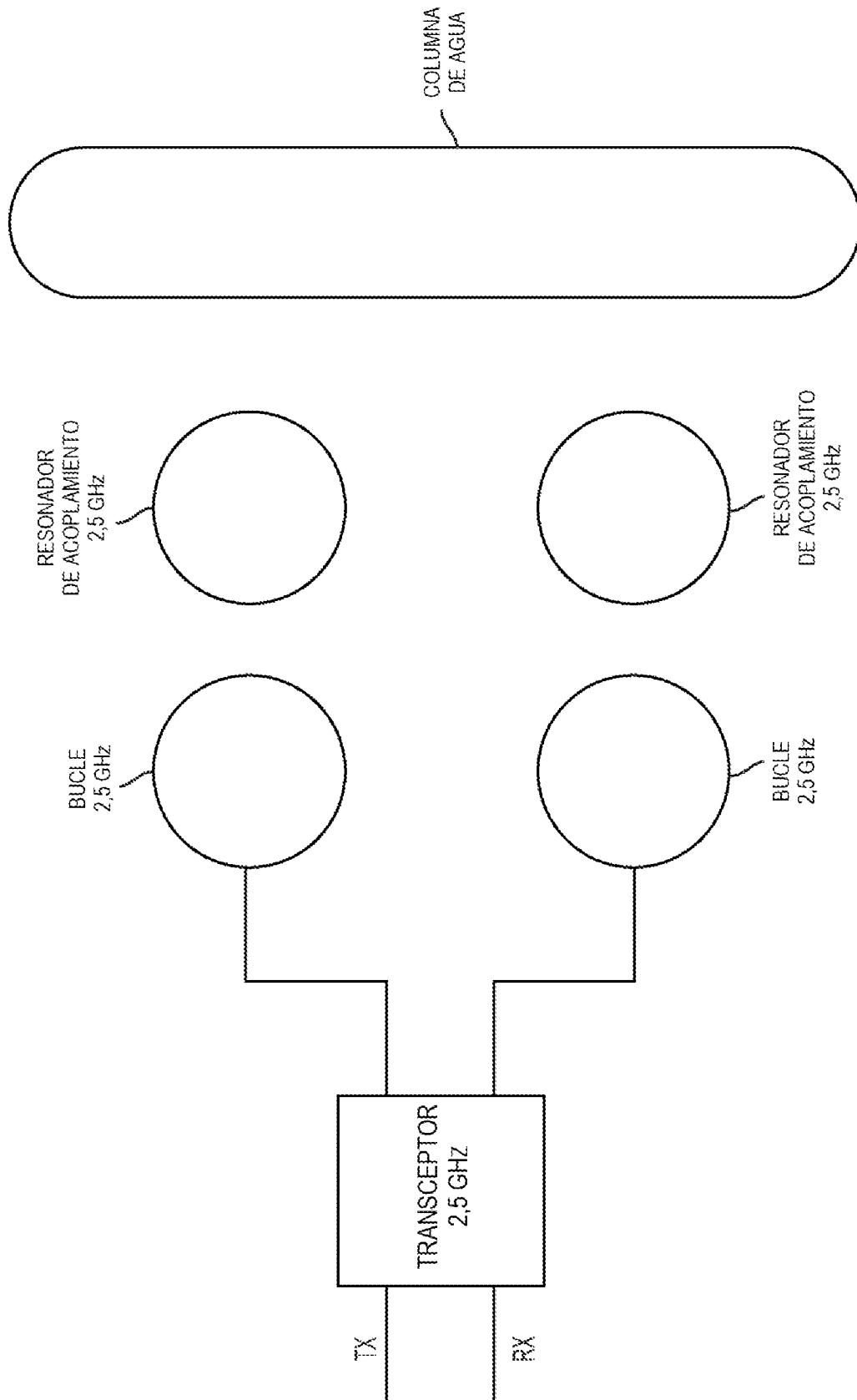


FIG. 68B

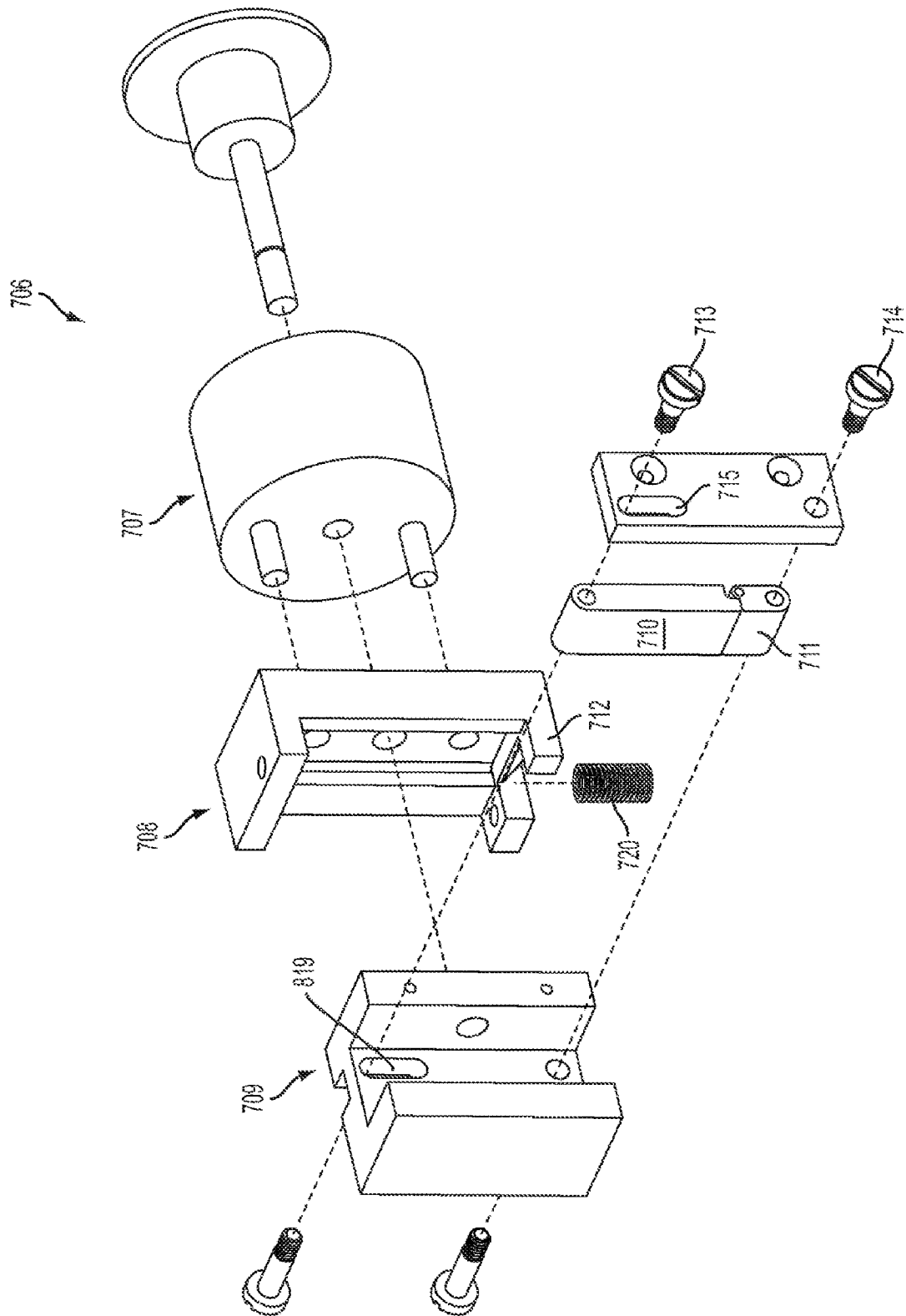


FIG. 69A

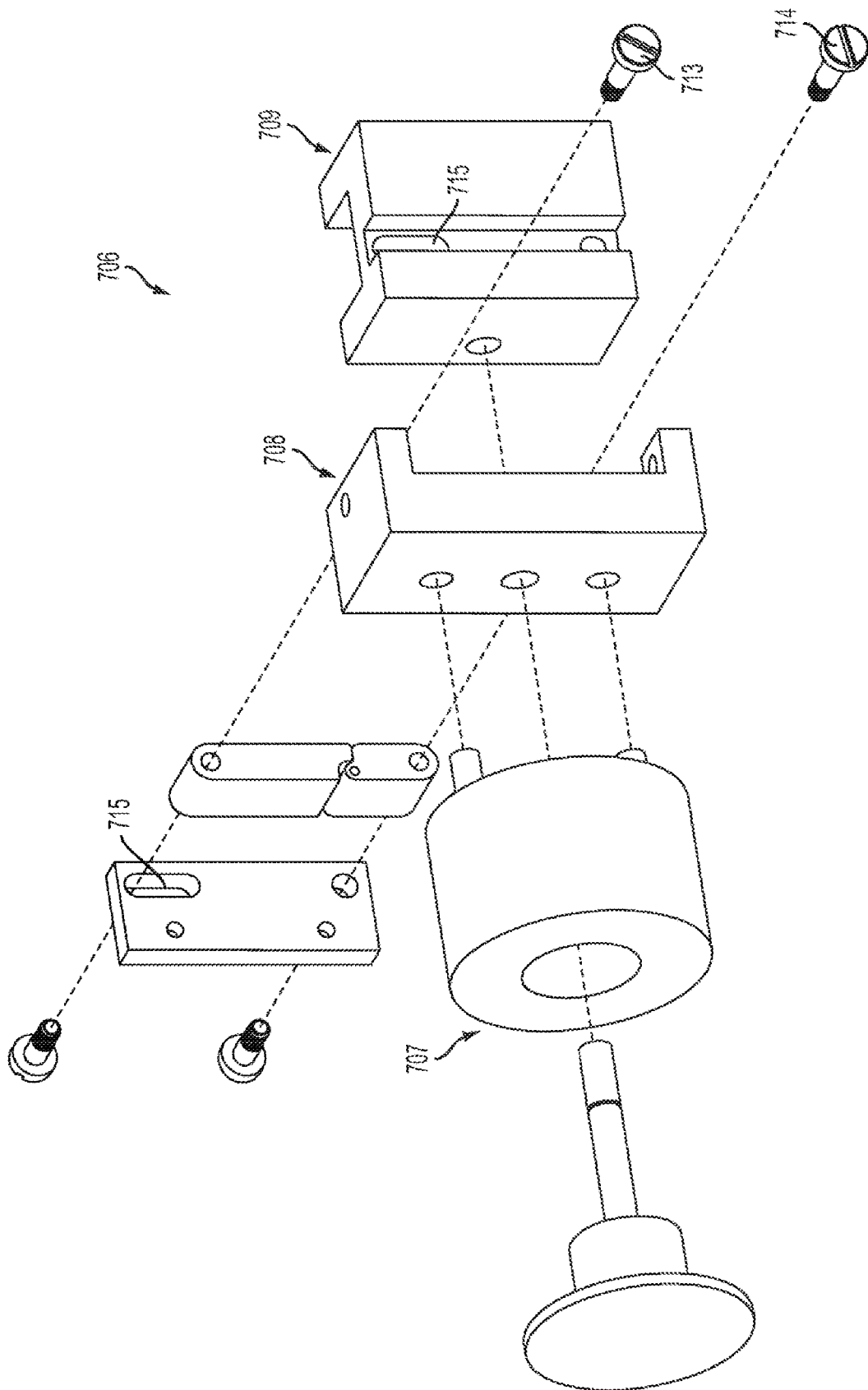


FIG. 69B

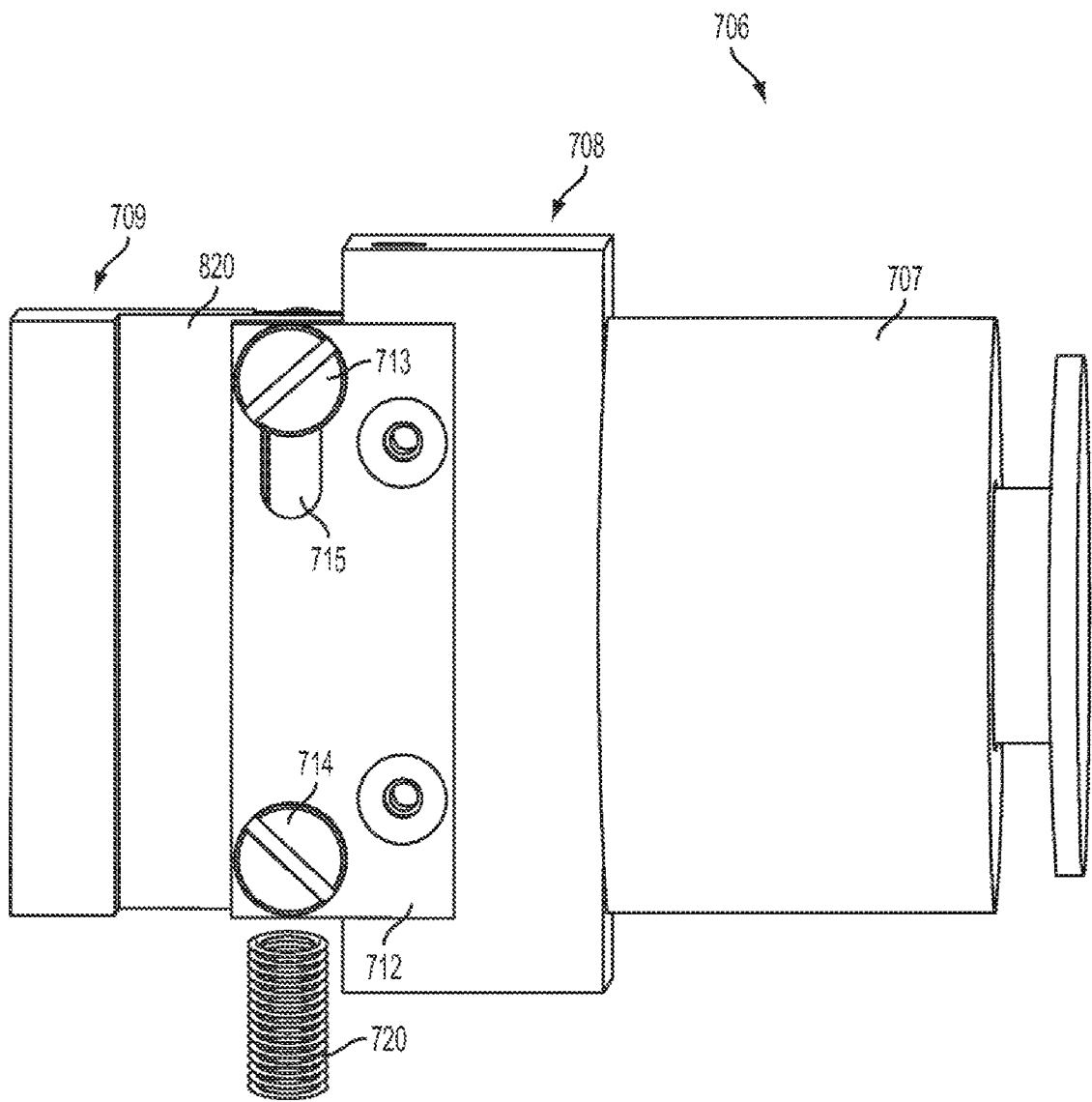
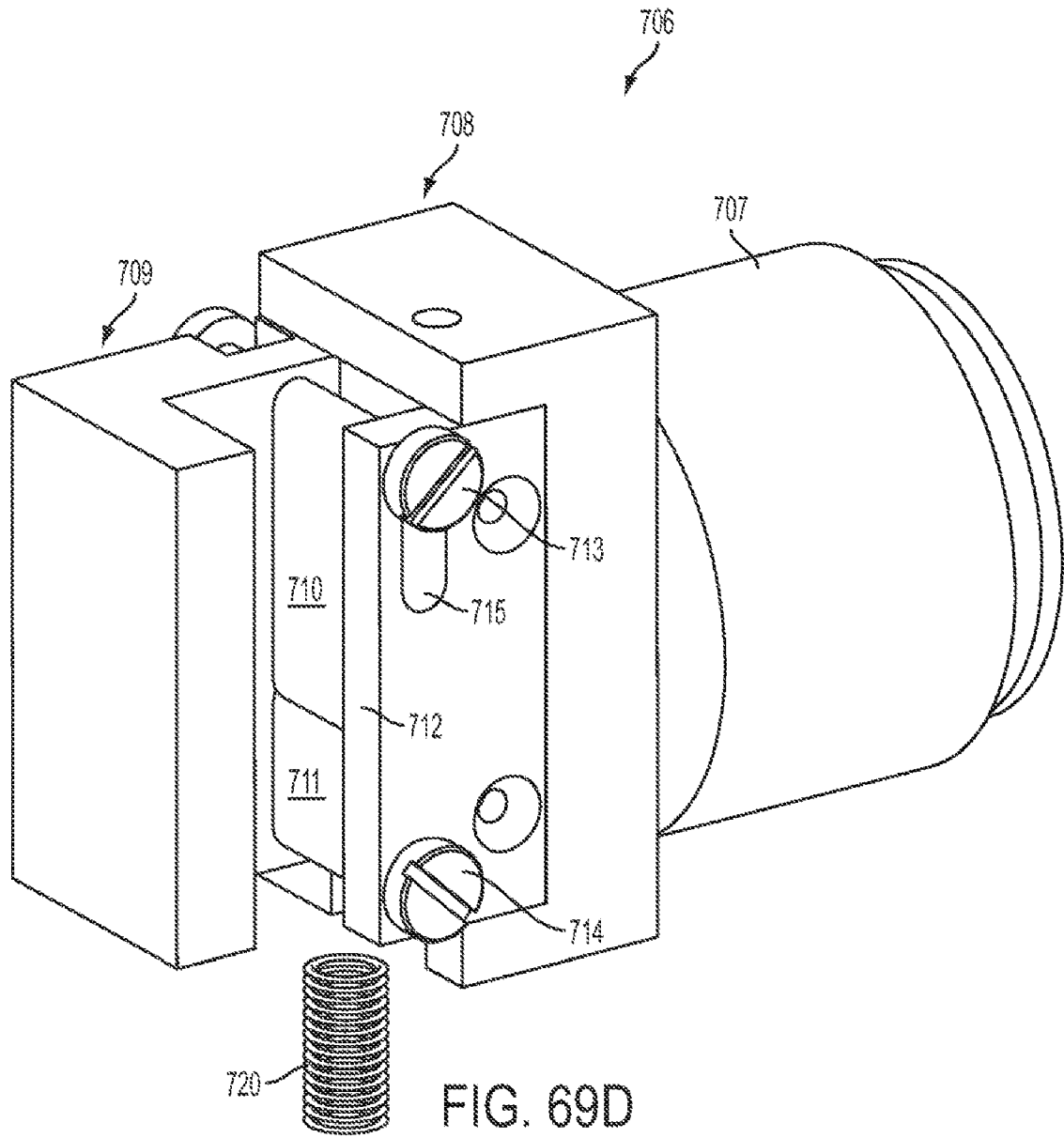


FIG. 69C



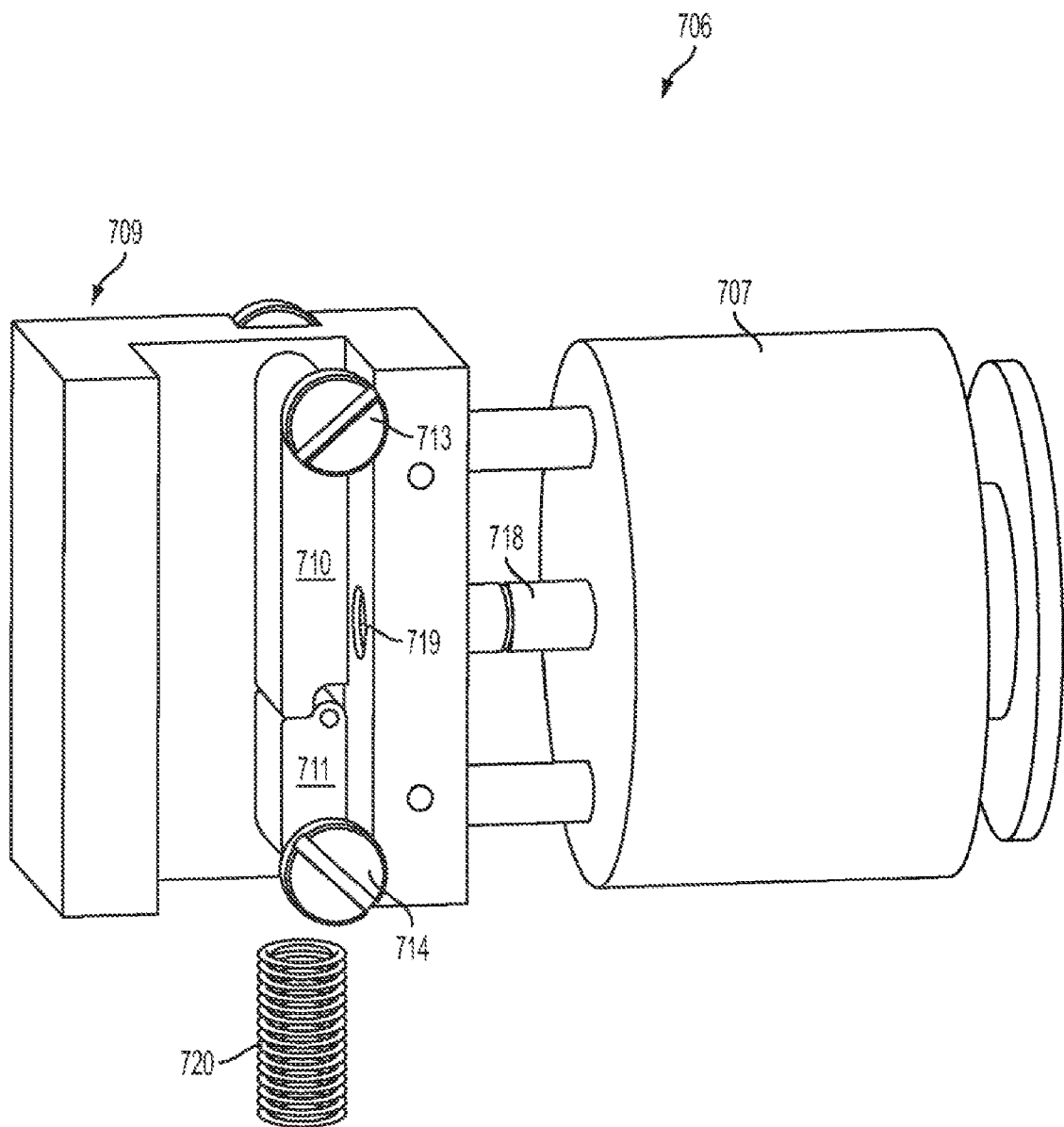


FIG. 69E

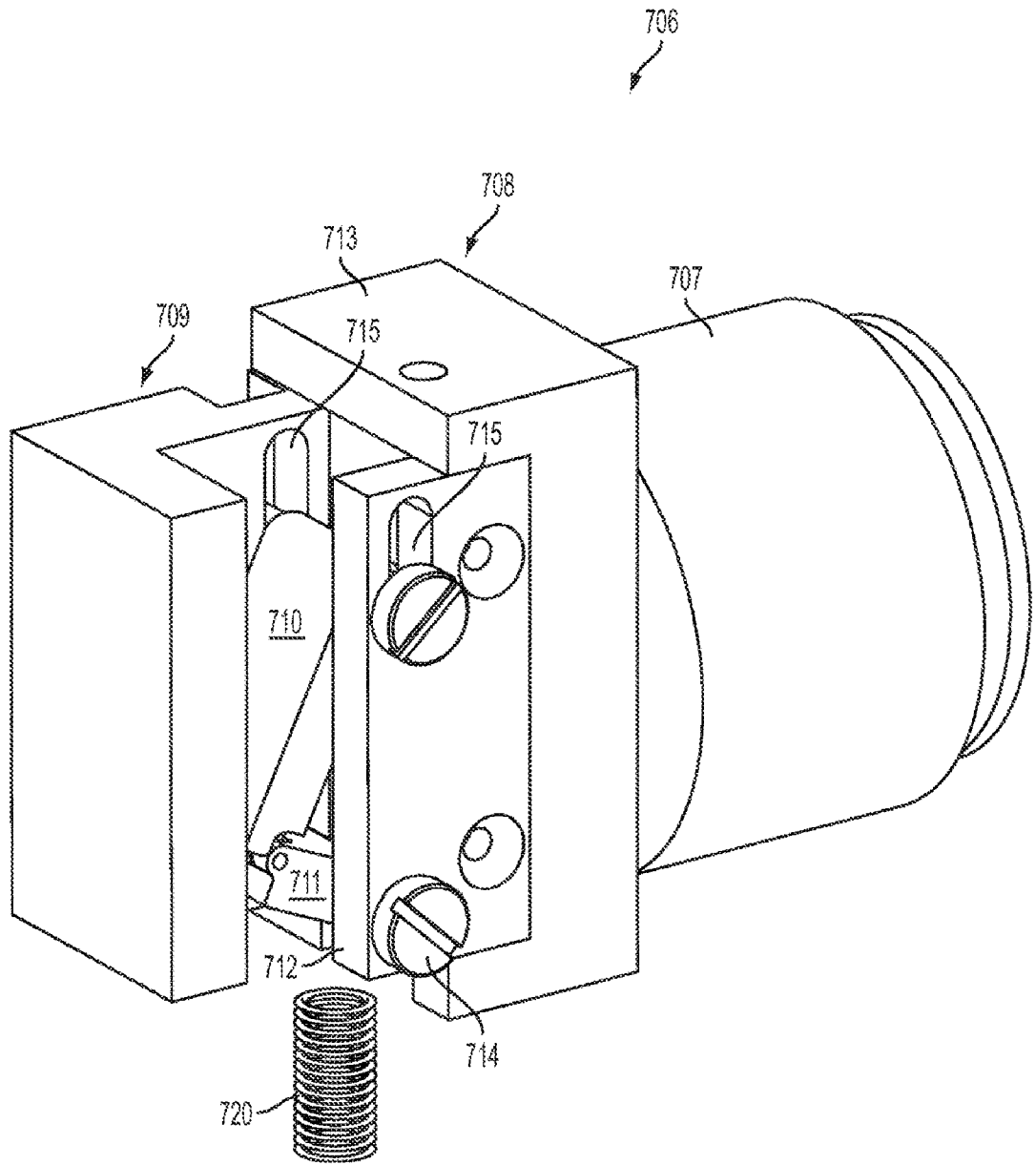


FIG. 69F

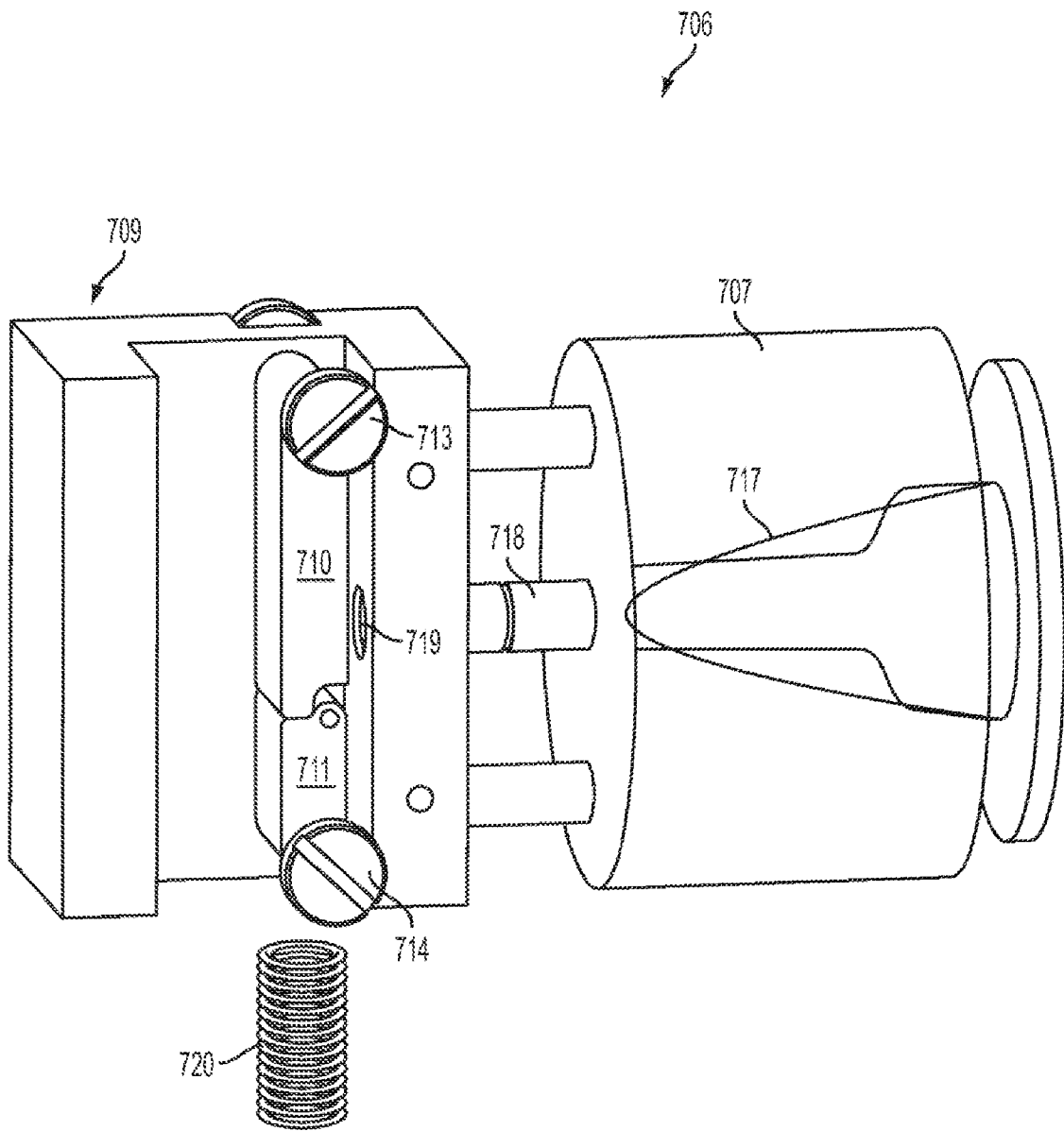


FIG. 69G

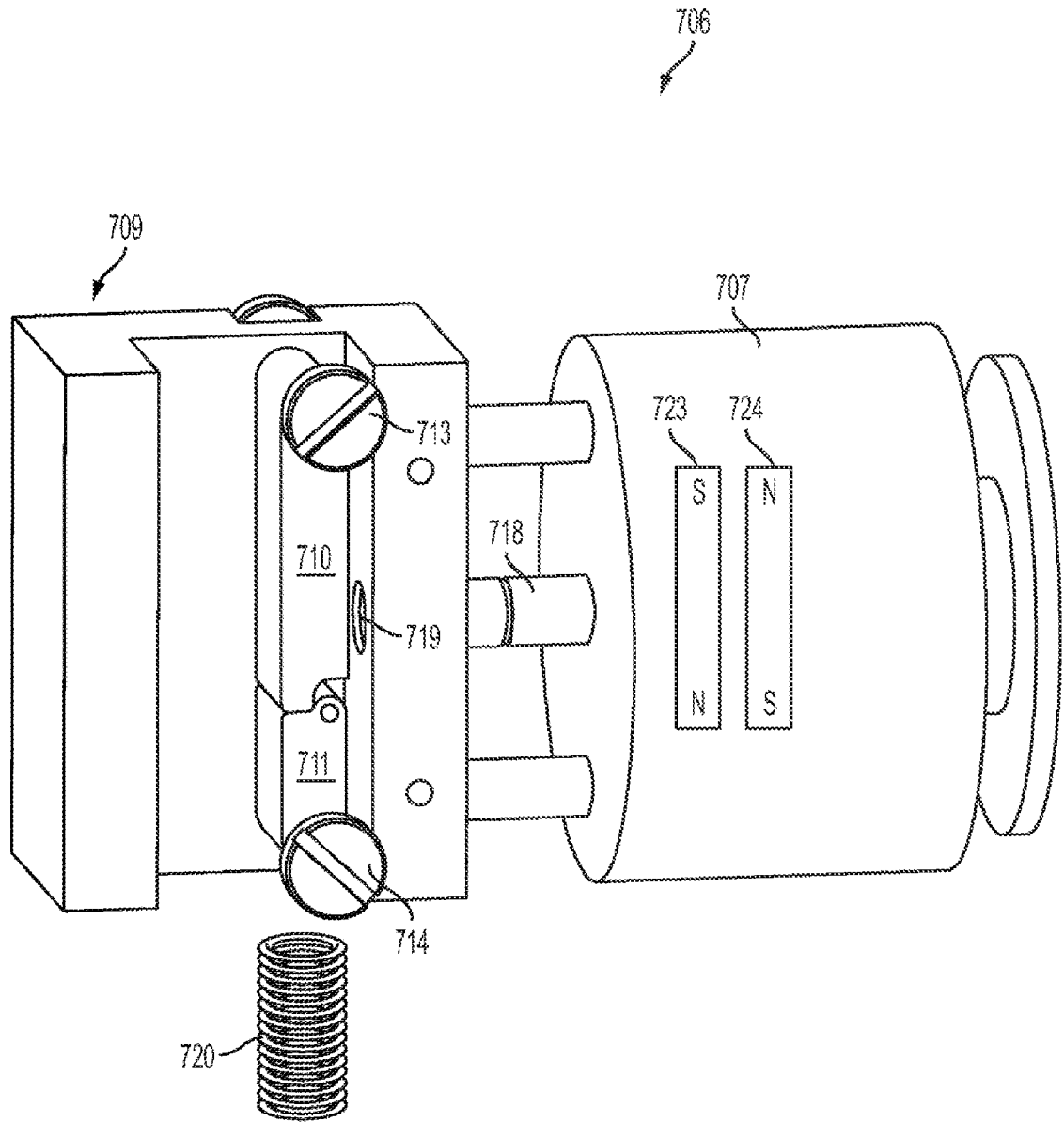


FIG. 69H

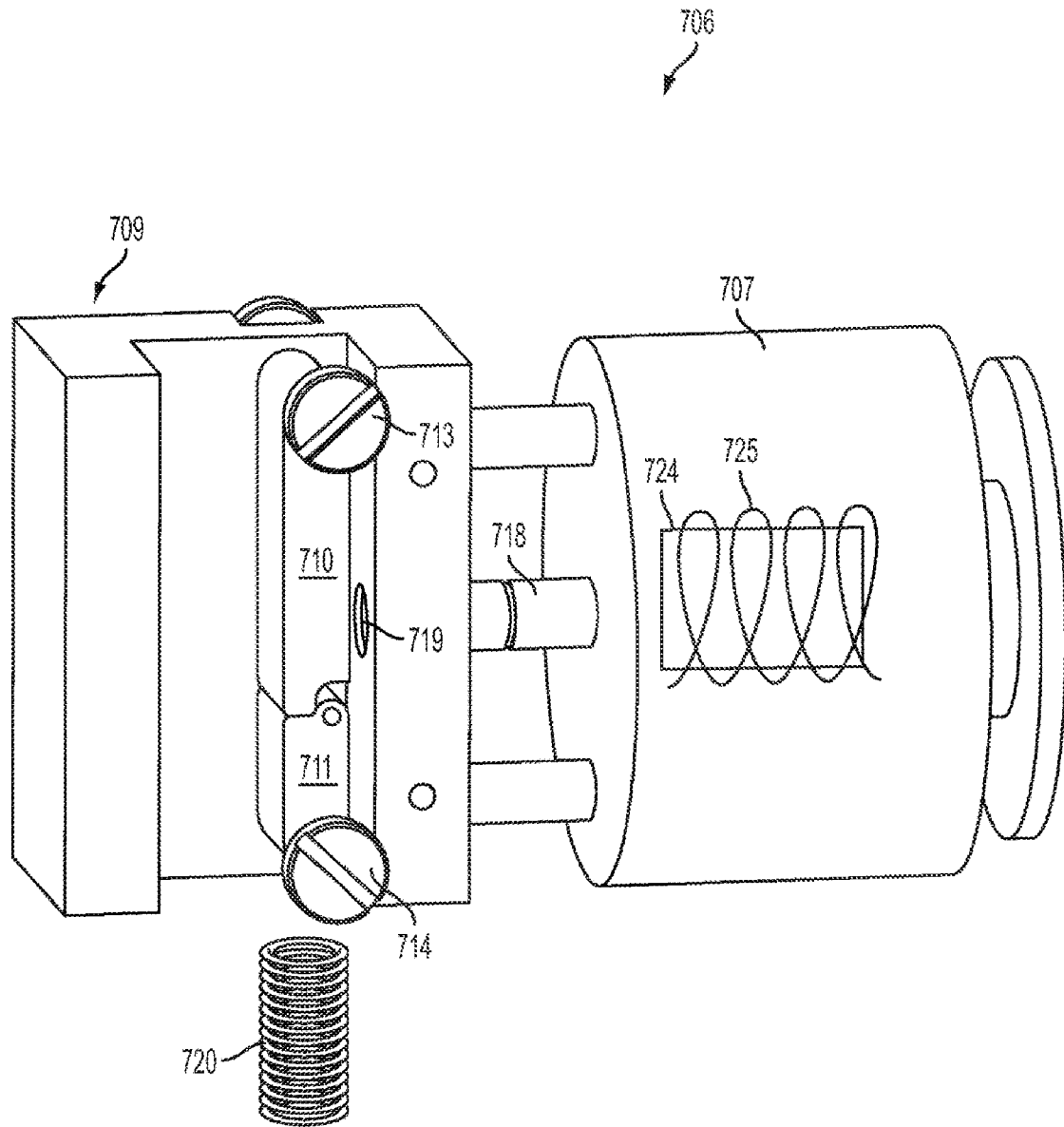


FIG. 69I

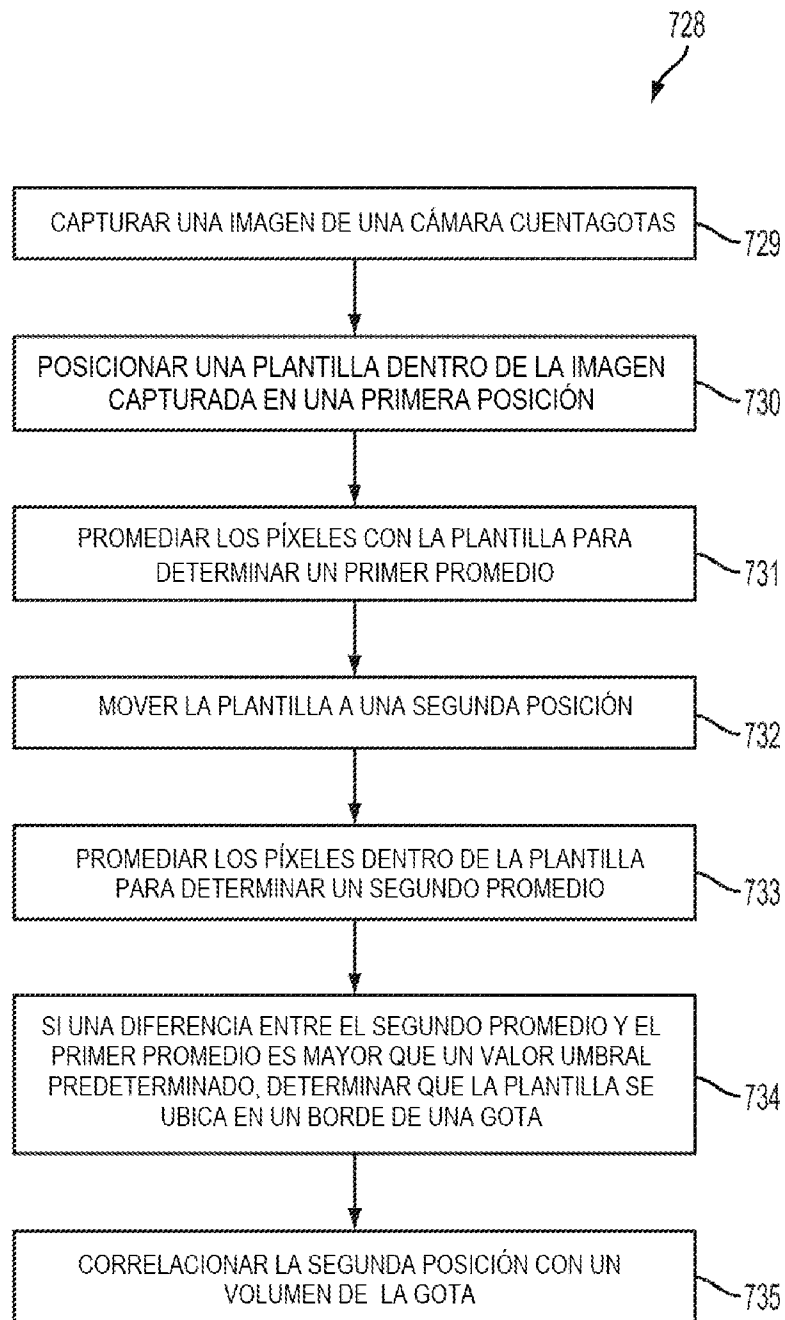


FIG. 70

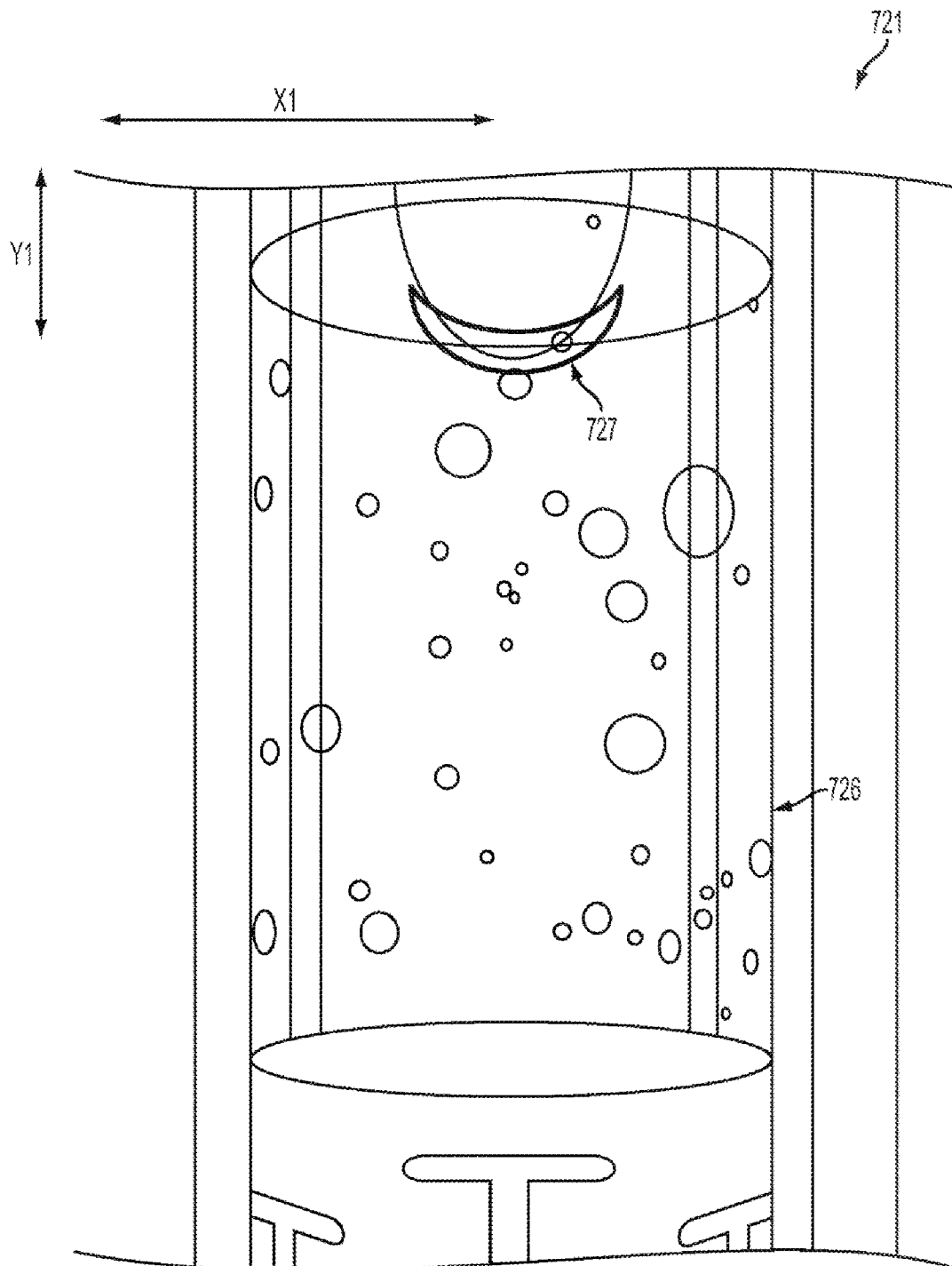


FIG. 71A

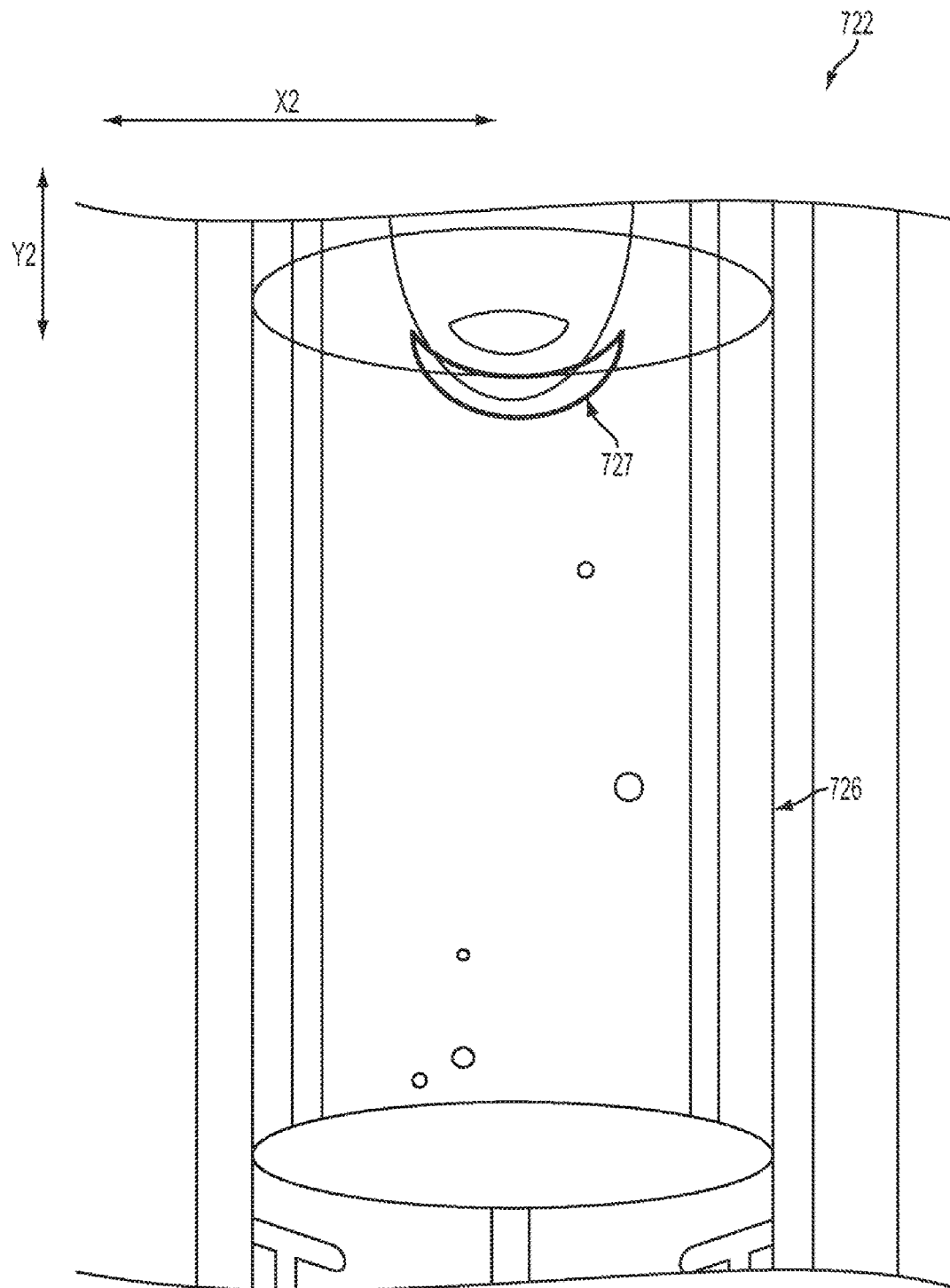


FIG. 71B

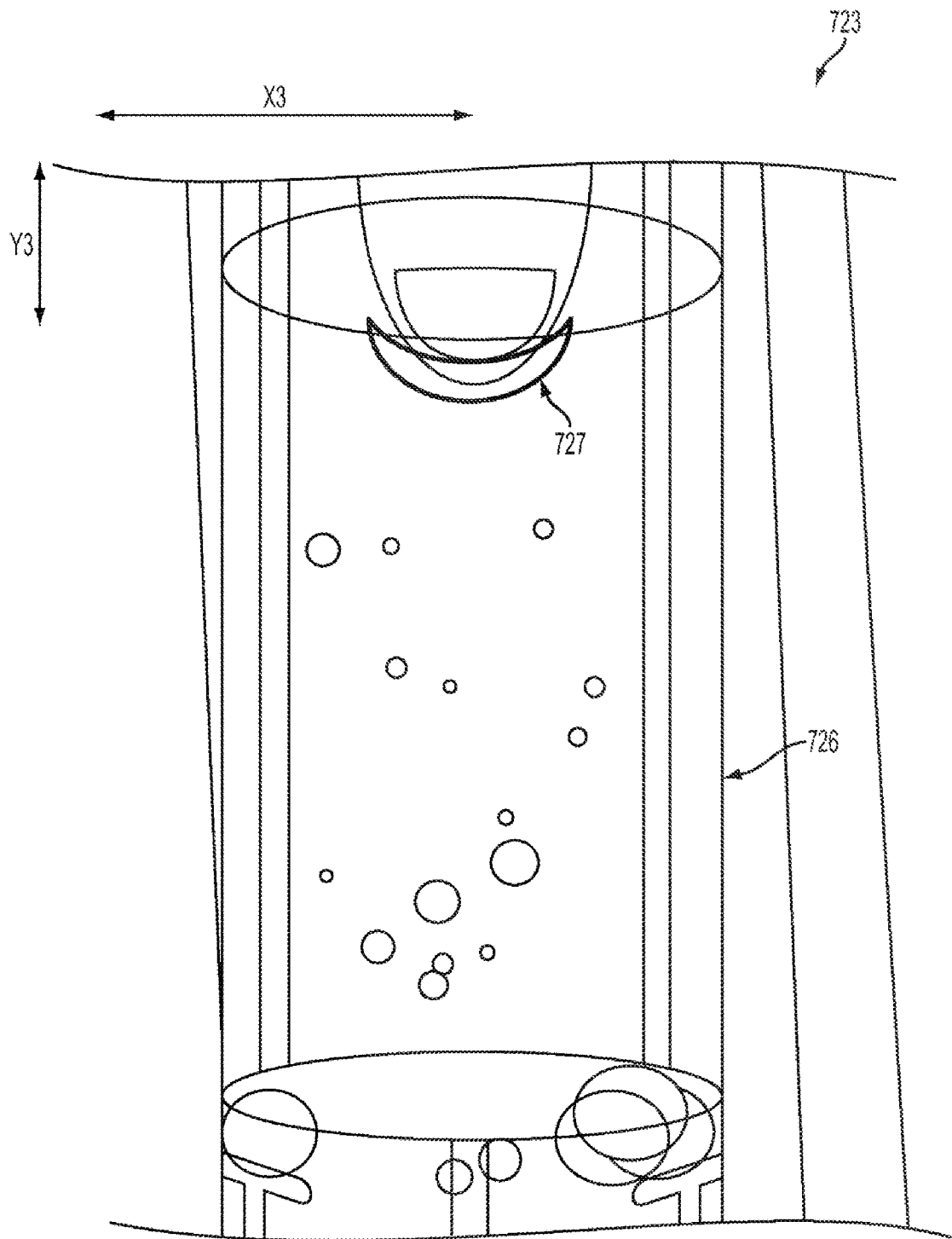


FIG. 71C

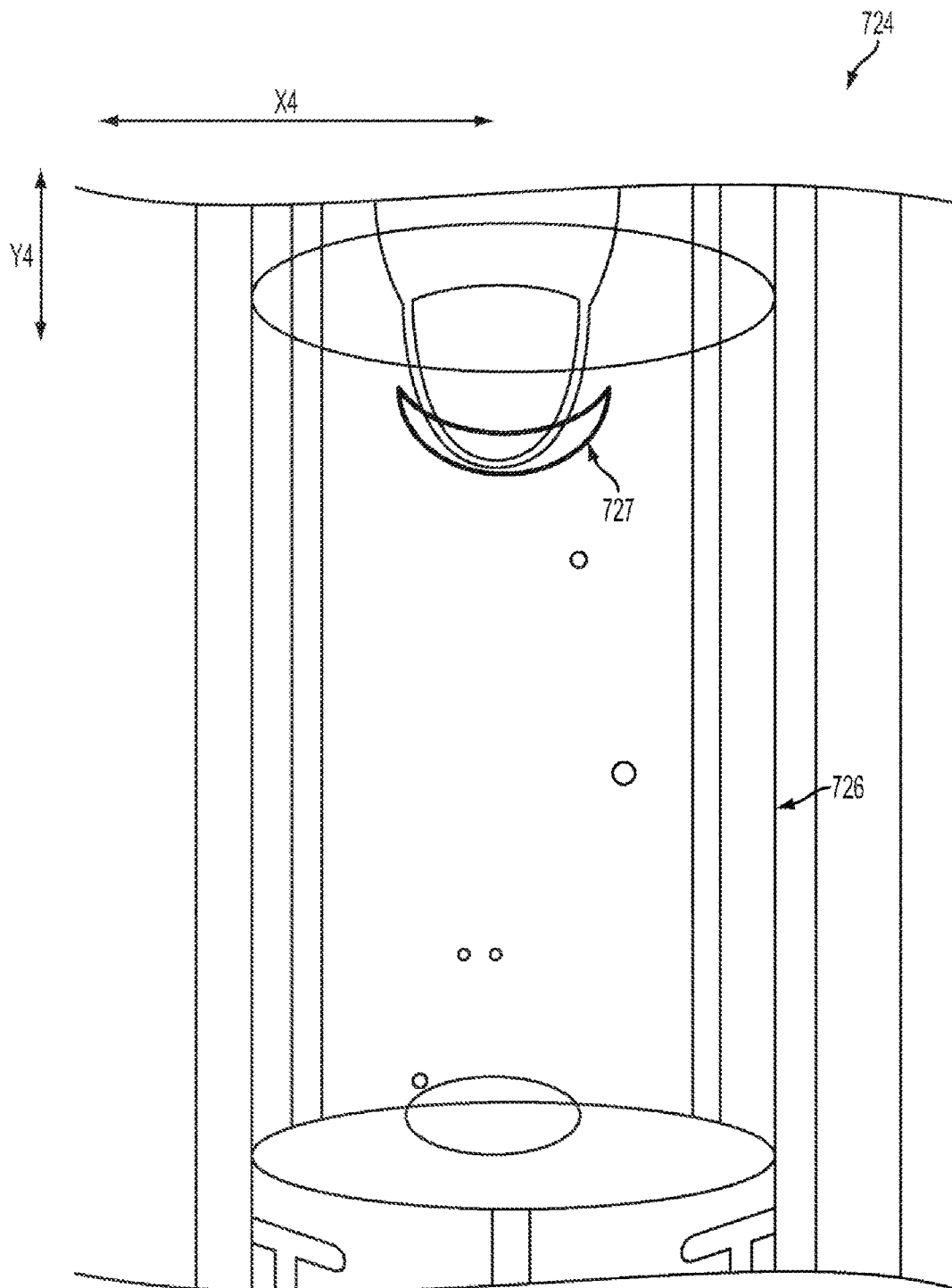


FIG. 71D

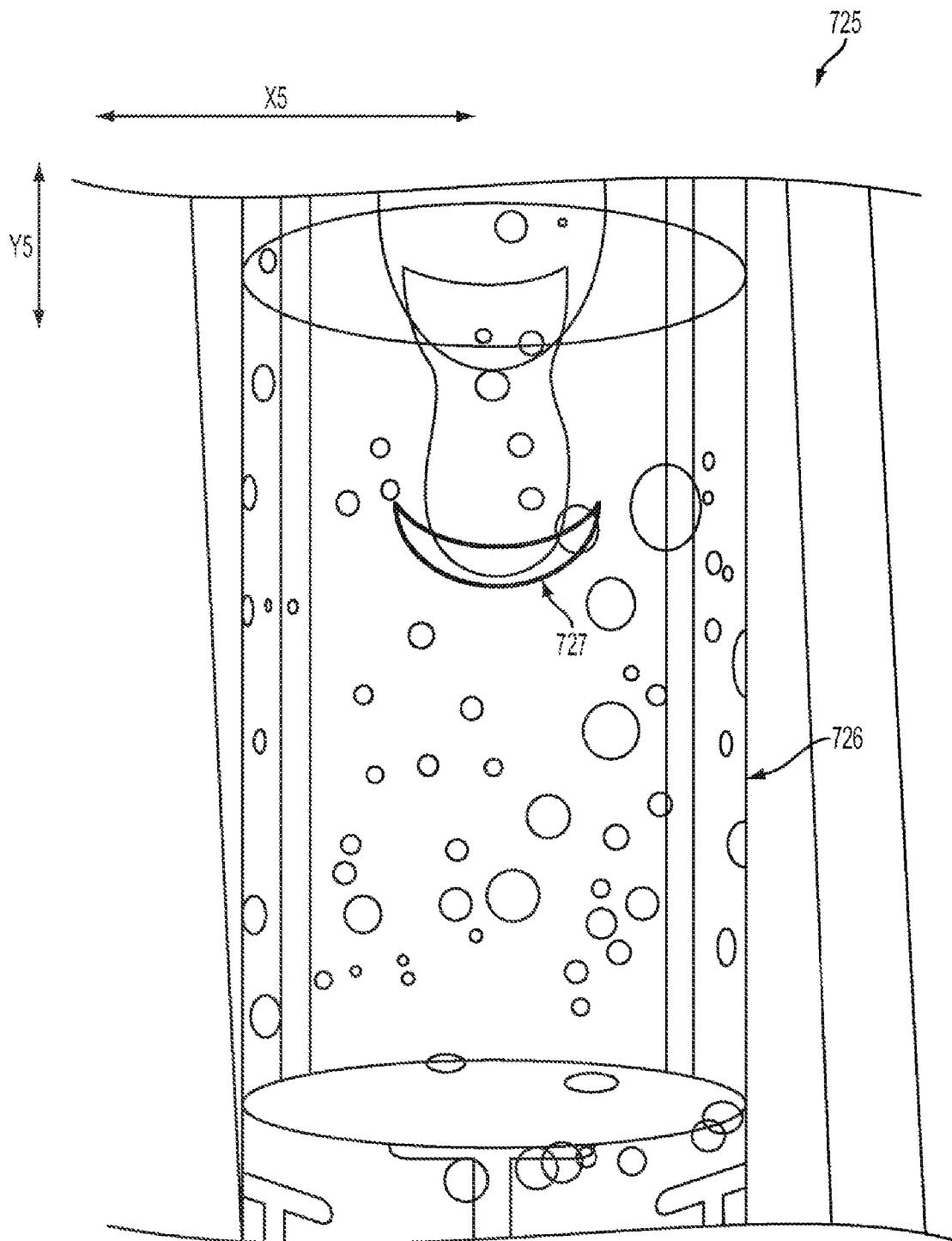


FIG. 71E

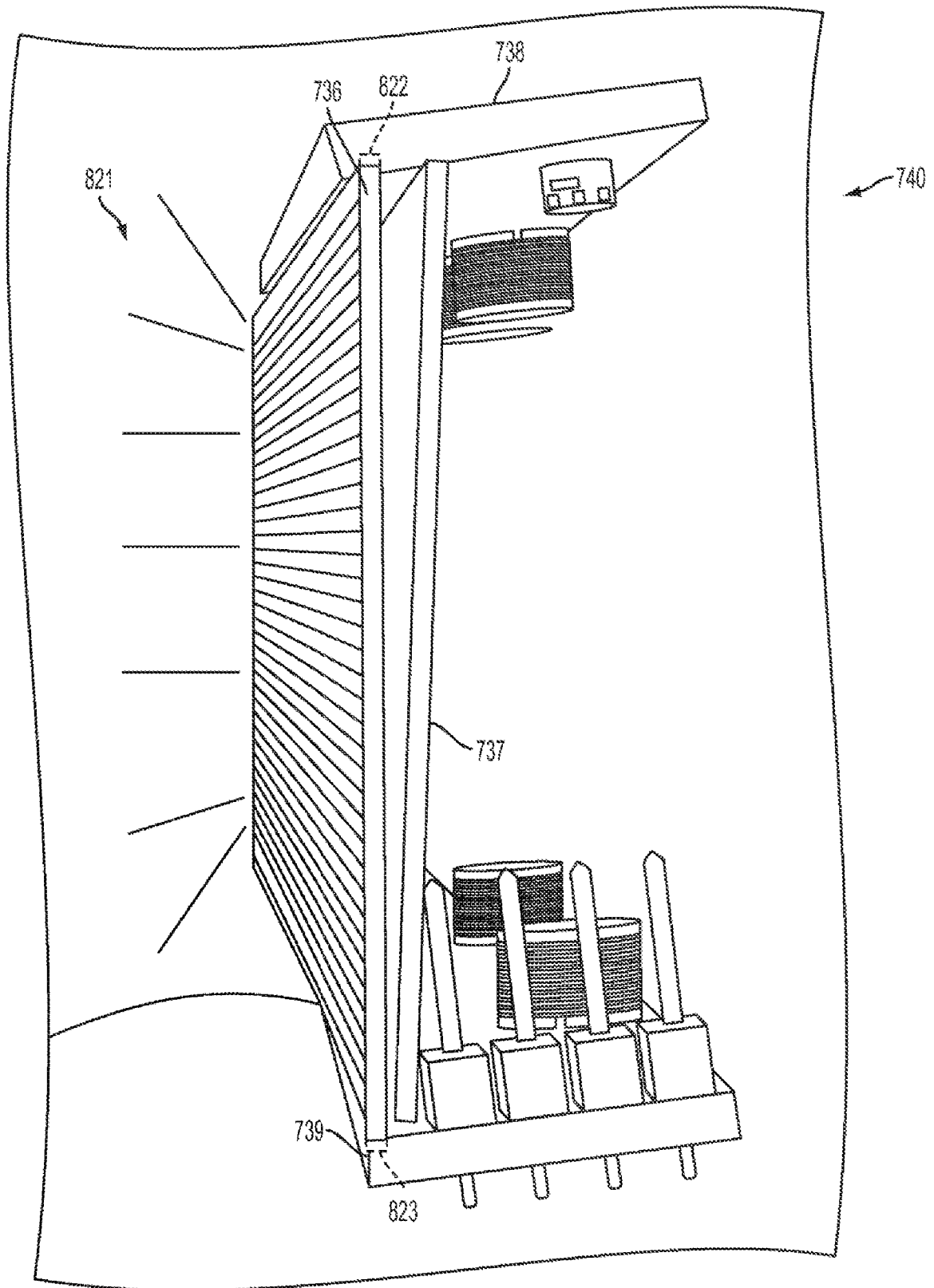


FIG. 72

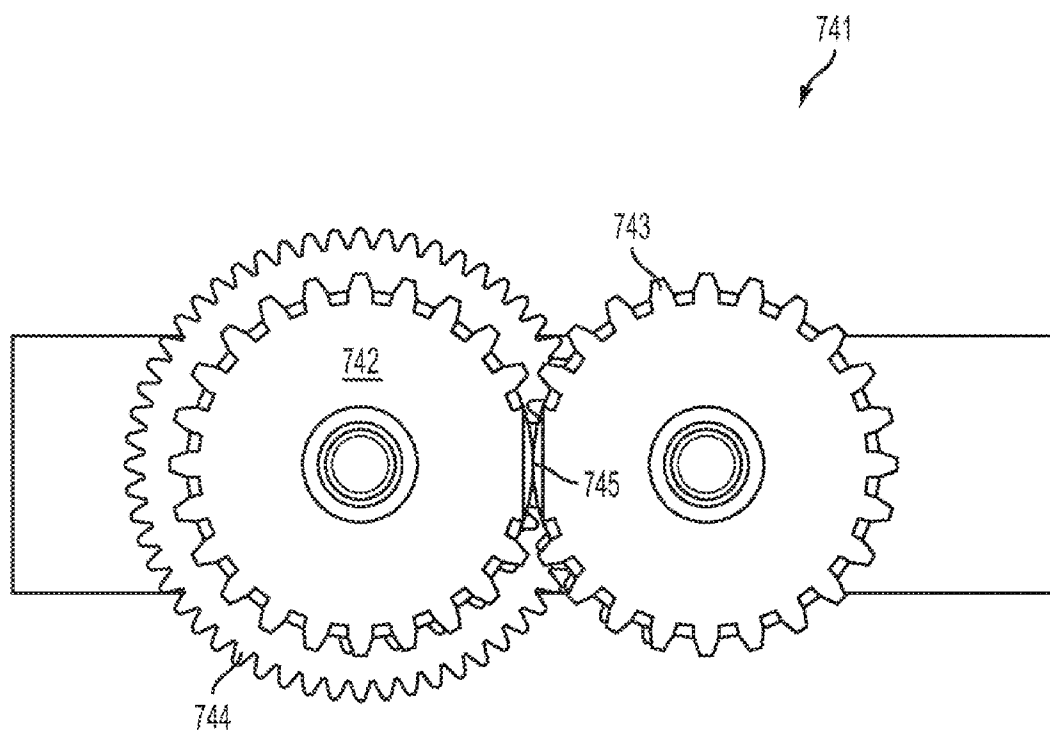


FIG. 73A

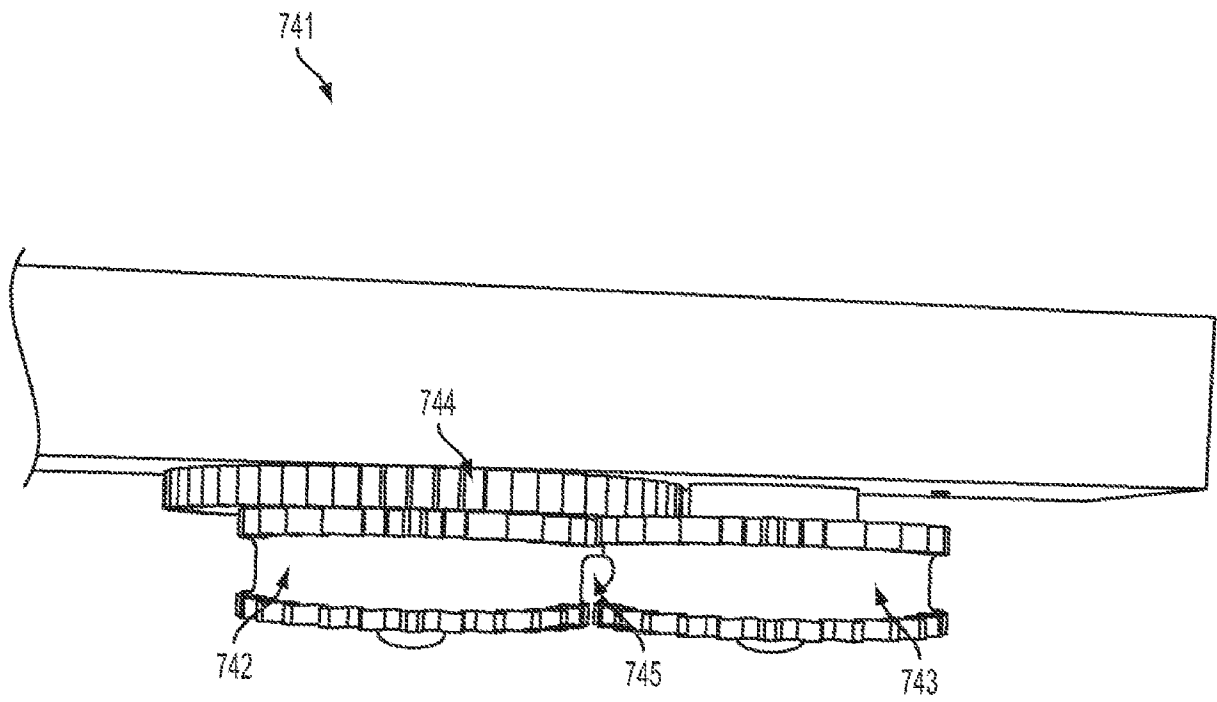


FIG. 73B

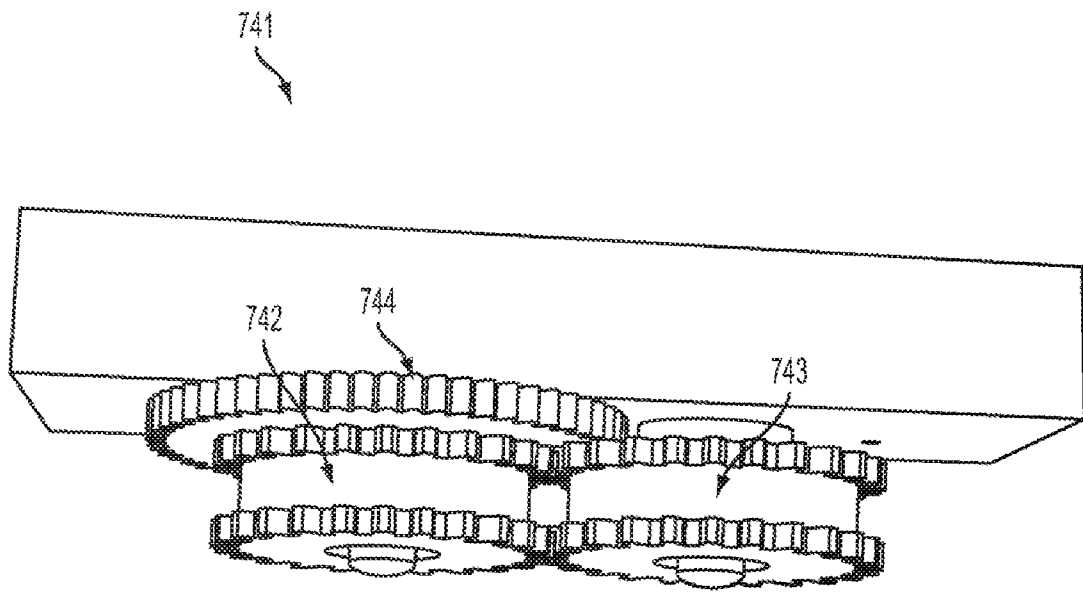


FIG. 73C

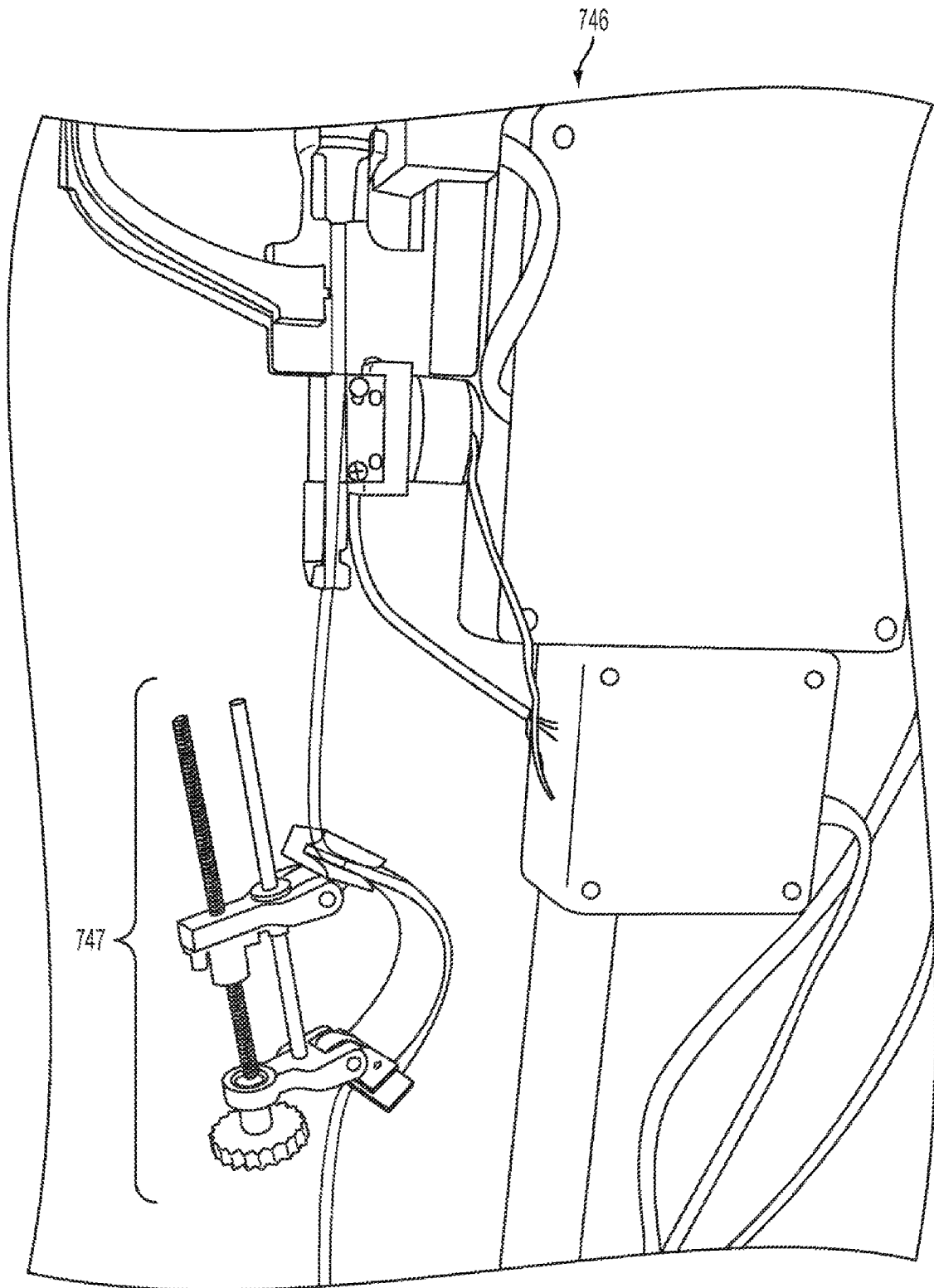


FIG. 74

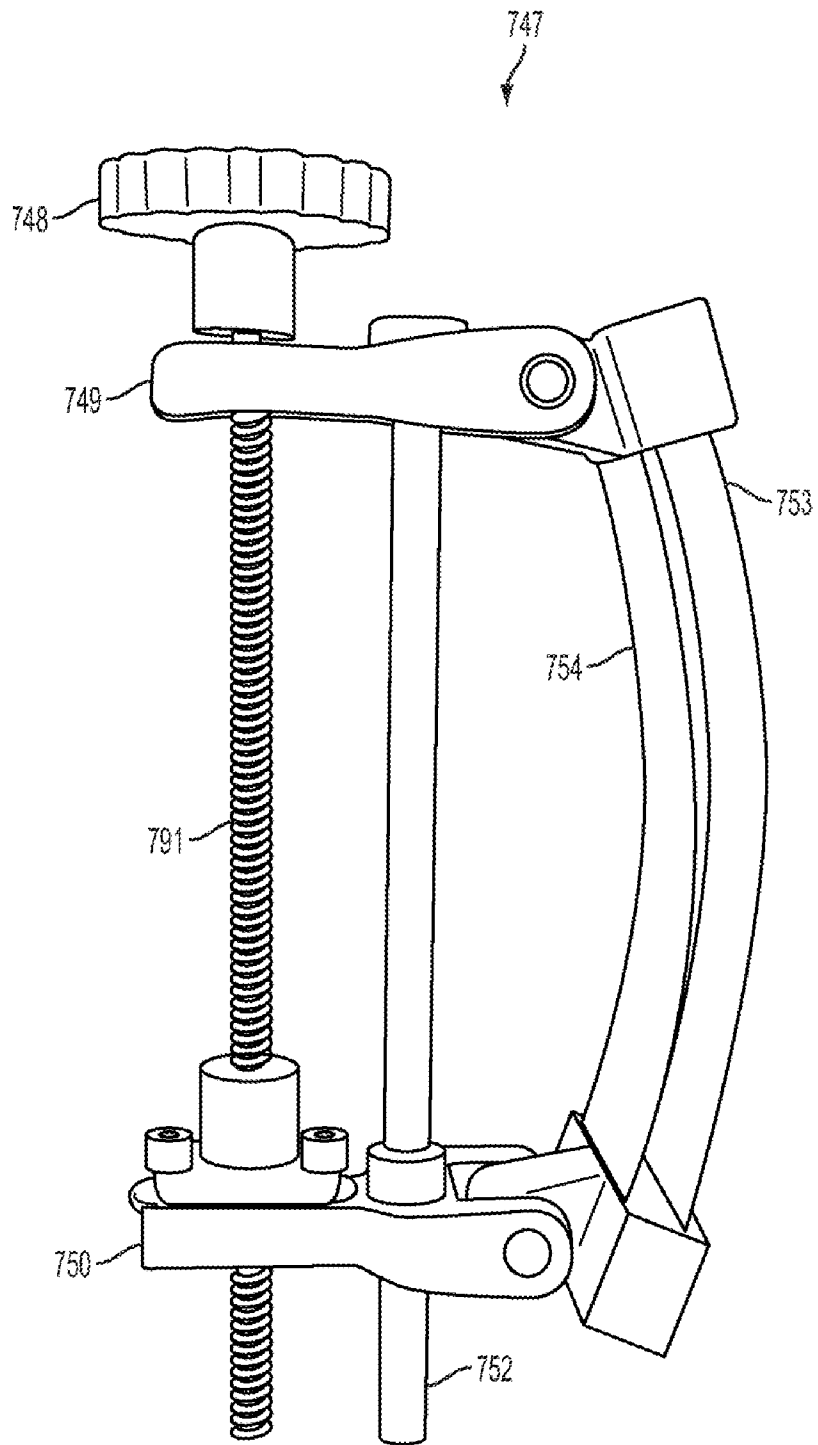


FIG. 75

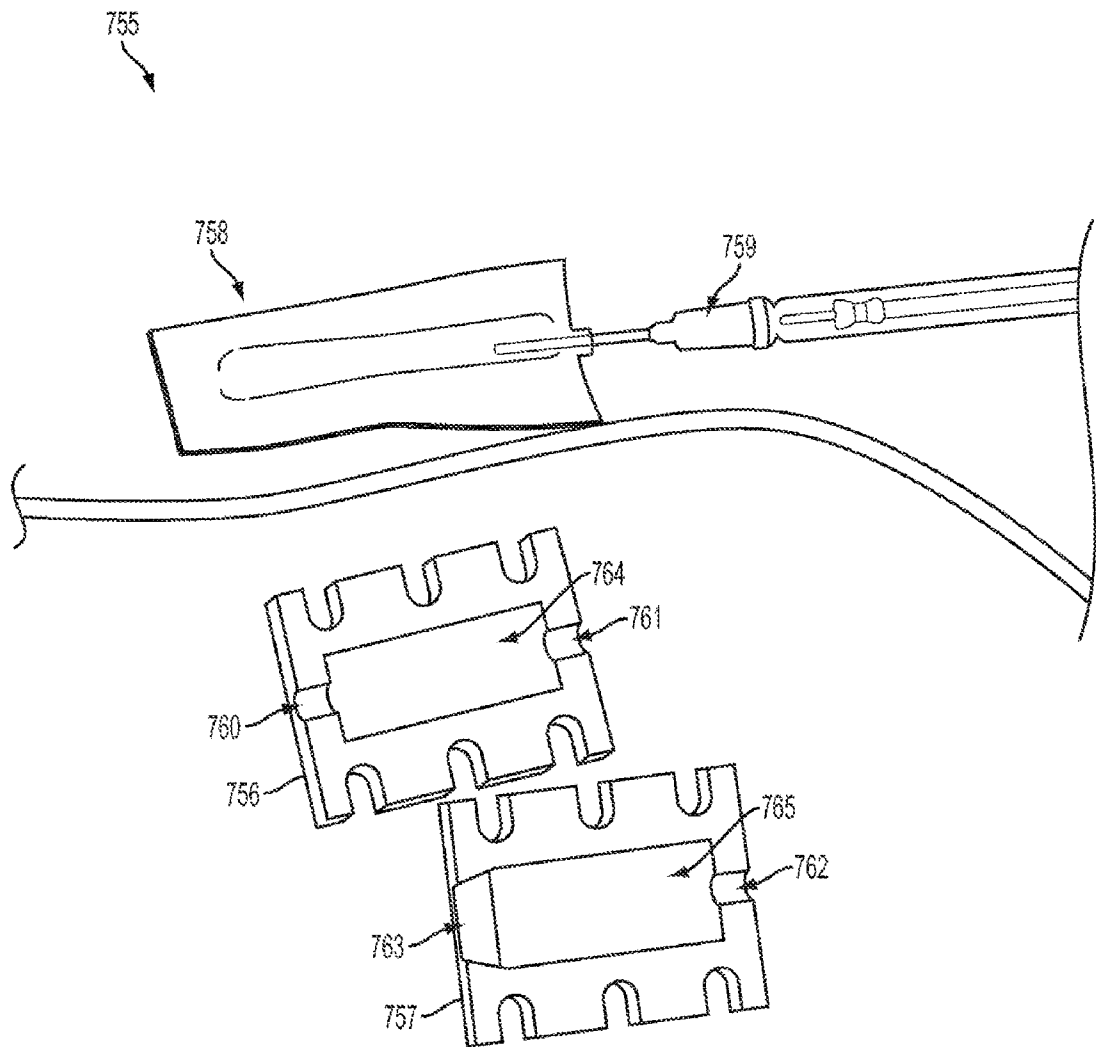


FIG. 76A

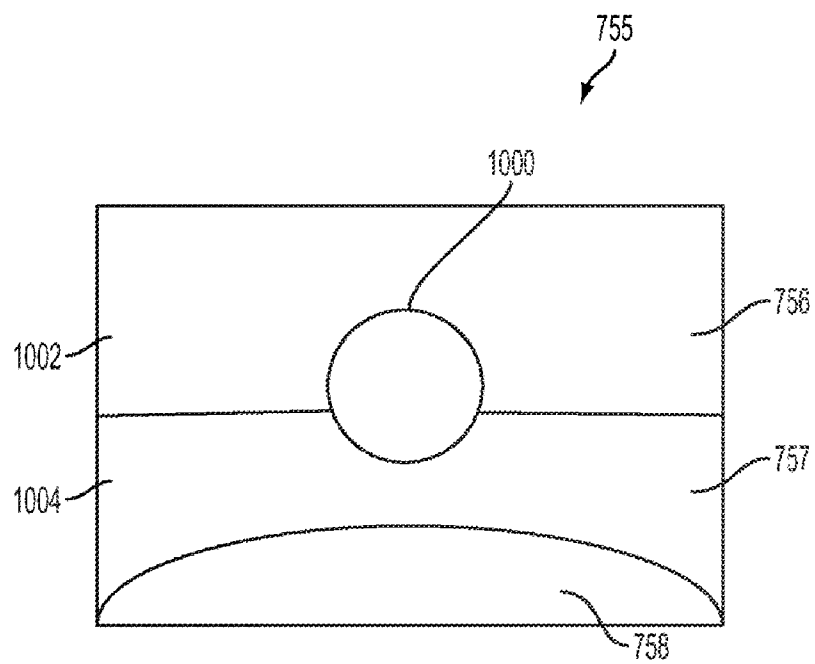


FIG. 76B

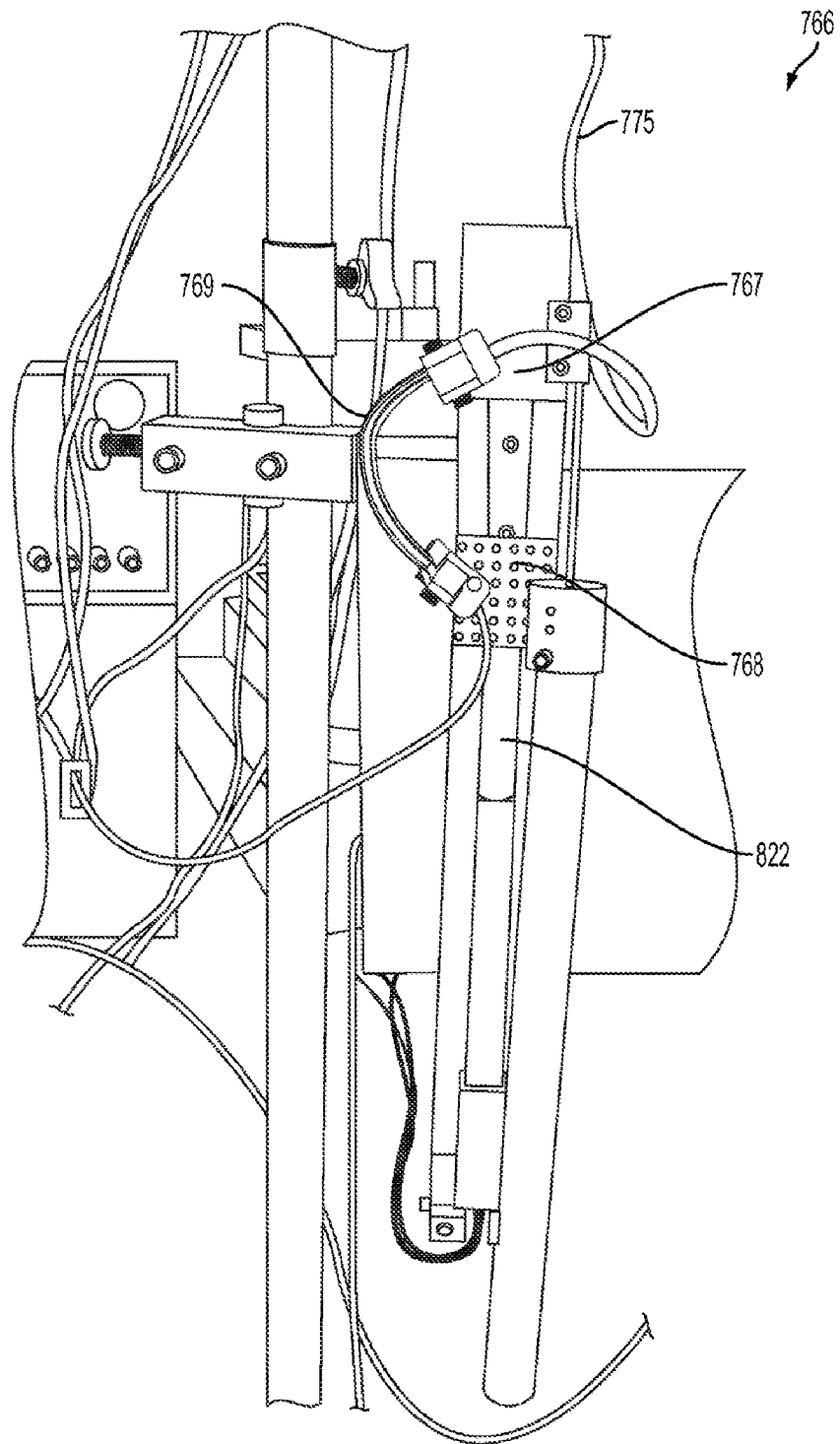


FIG. 77

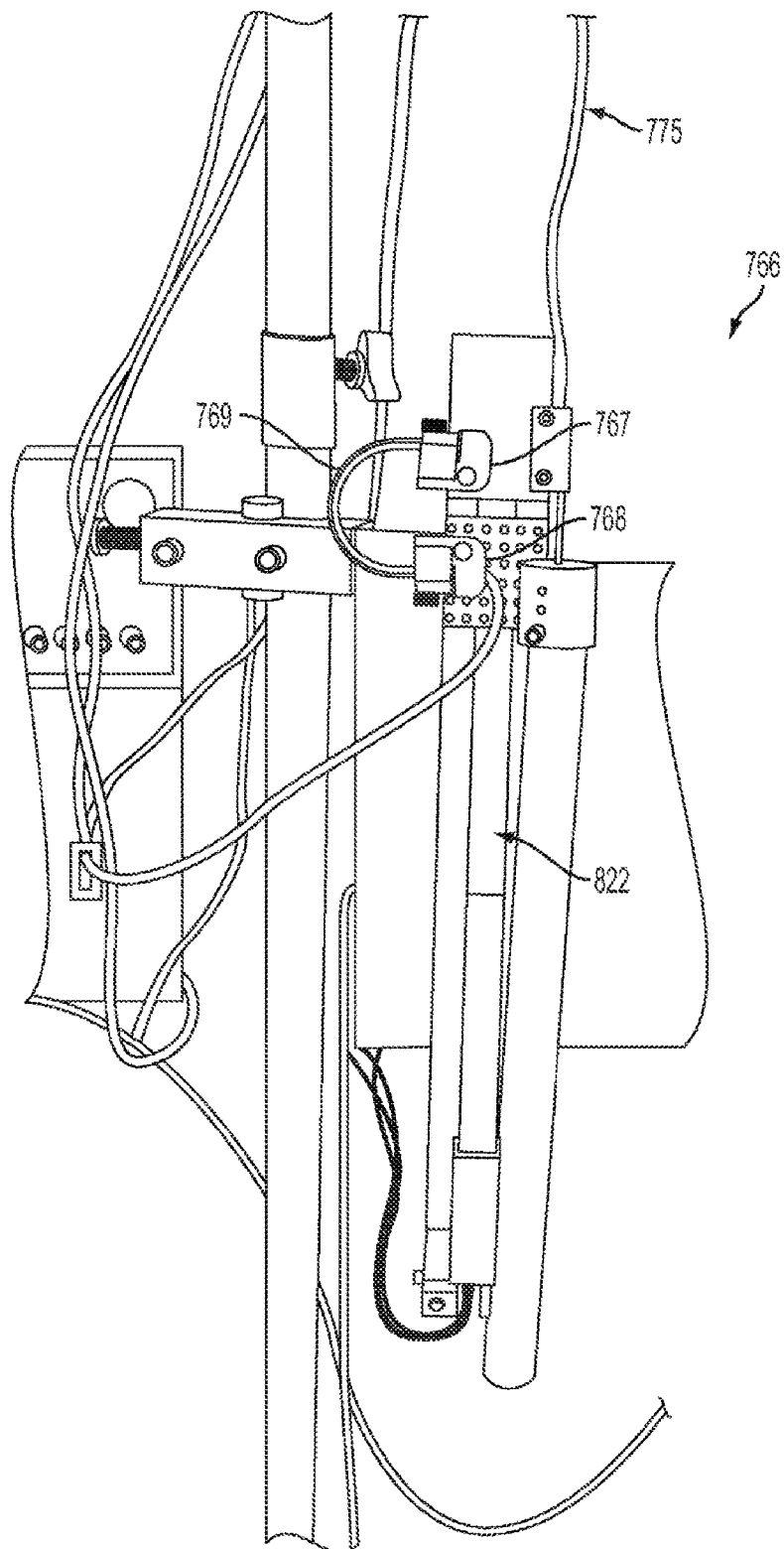


FIG. 78

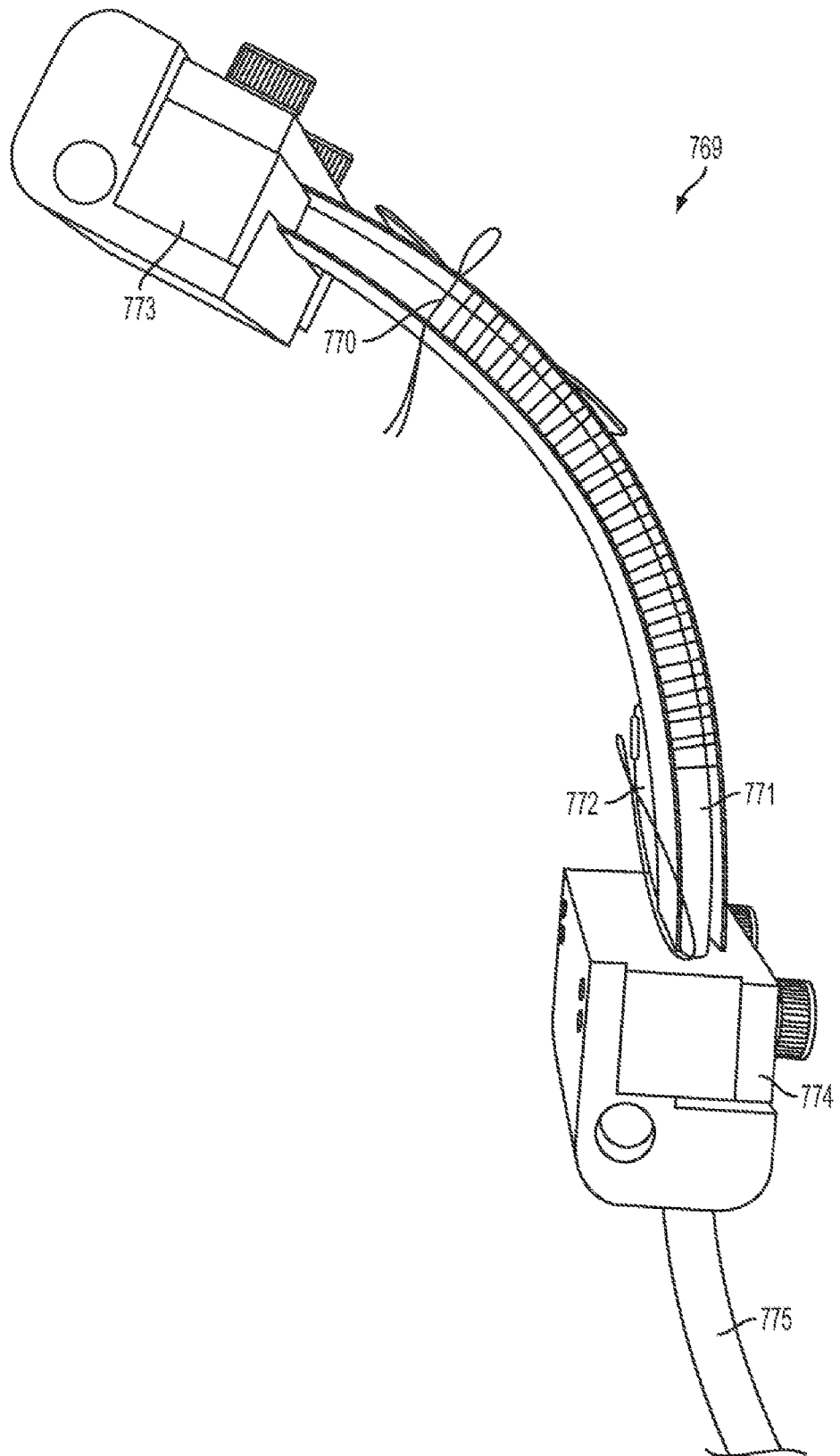


FIG. 79

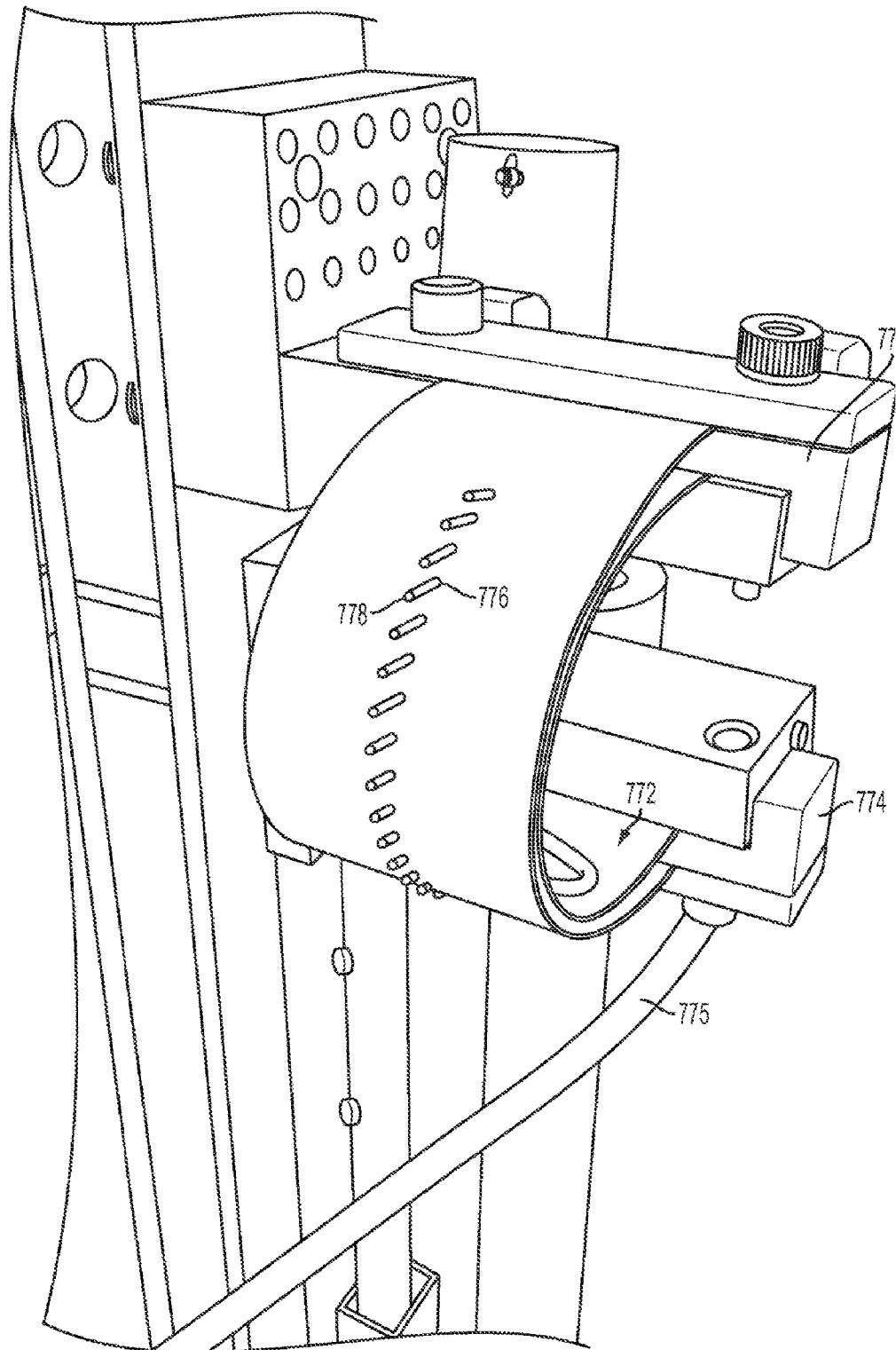


FIG. 80

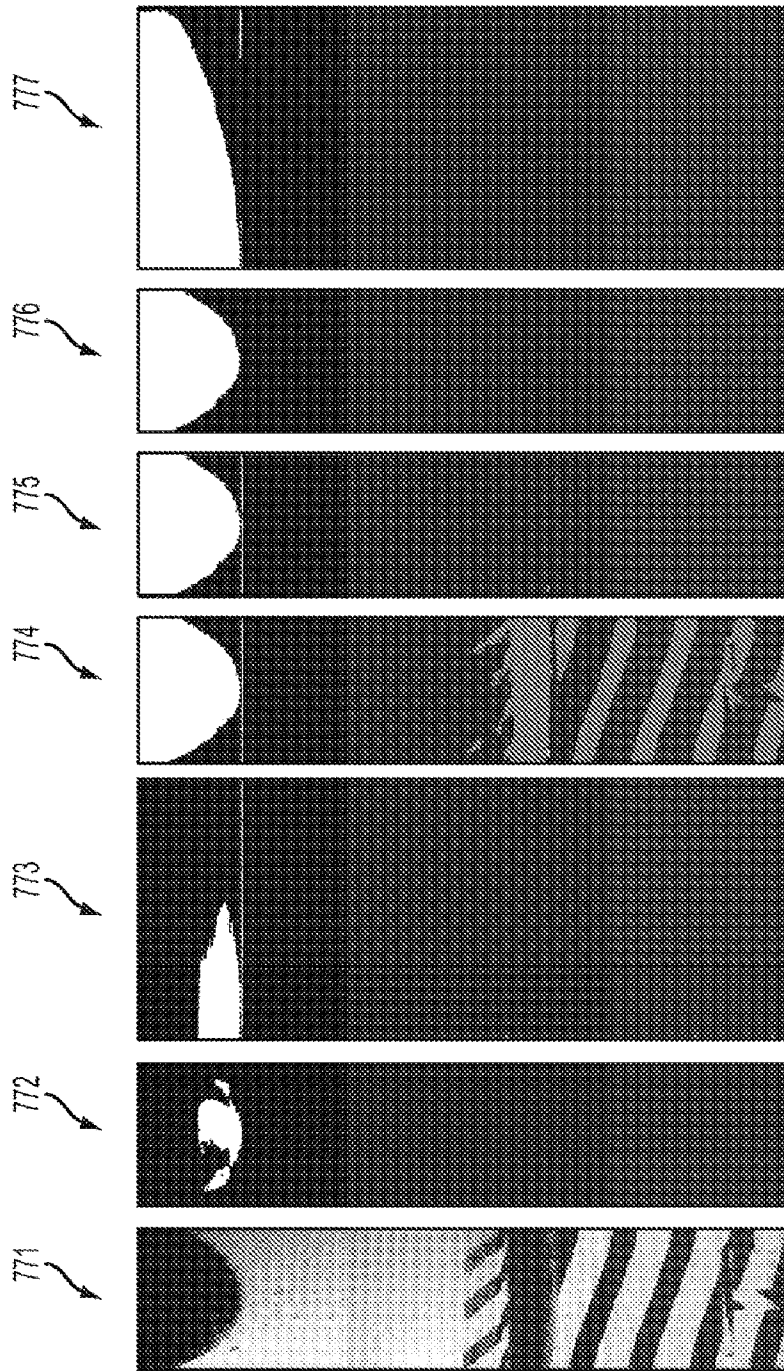


FIG. 81

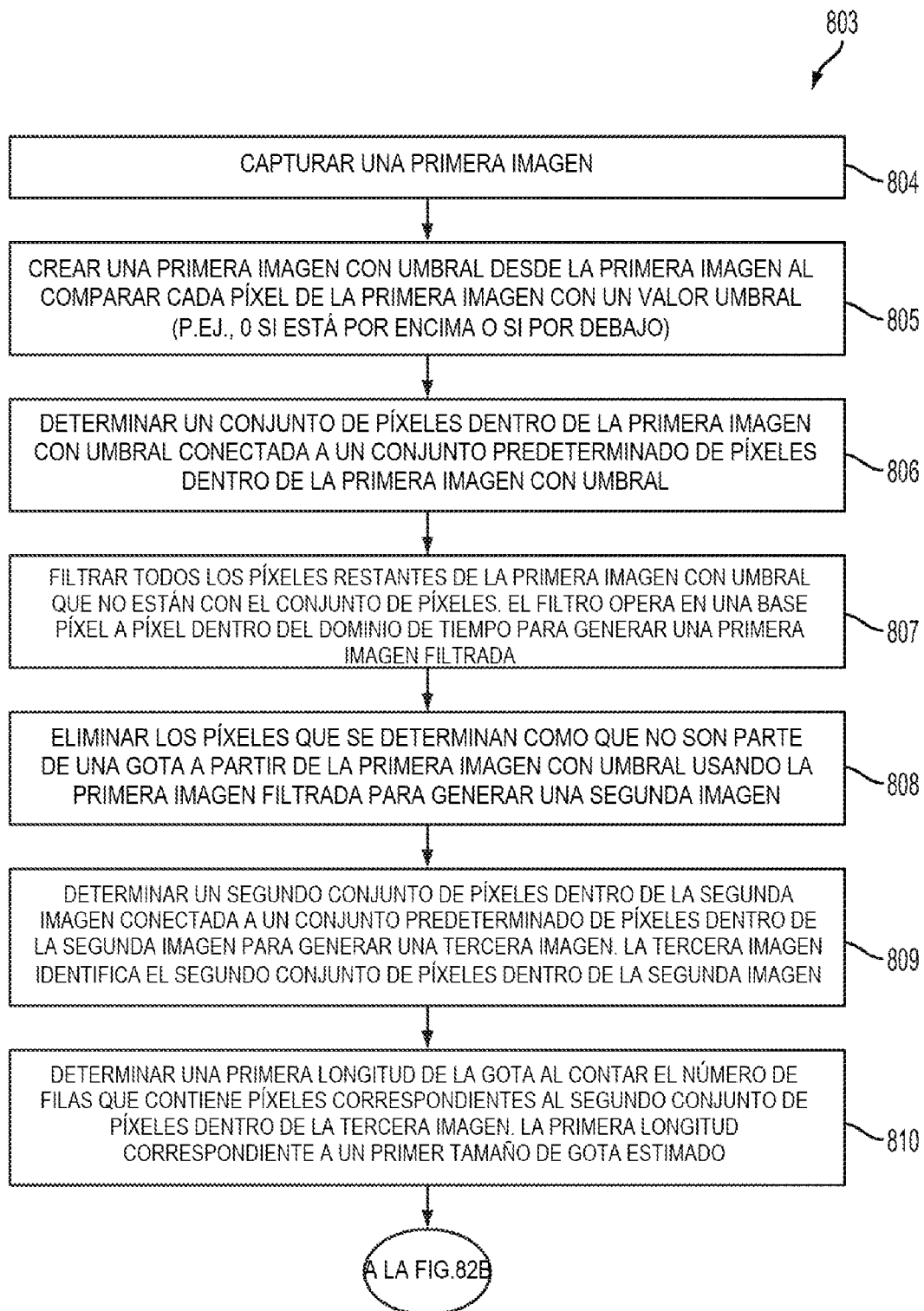


FIG. 82A

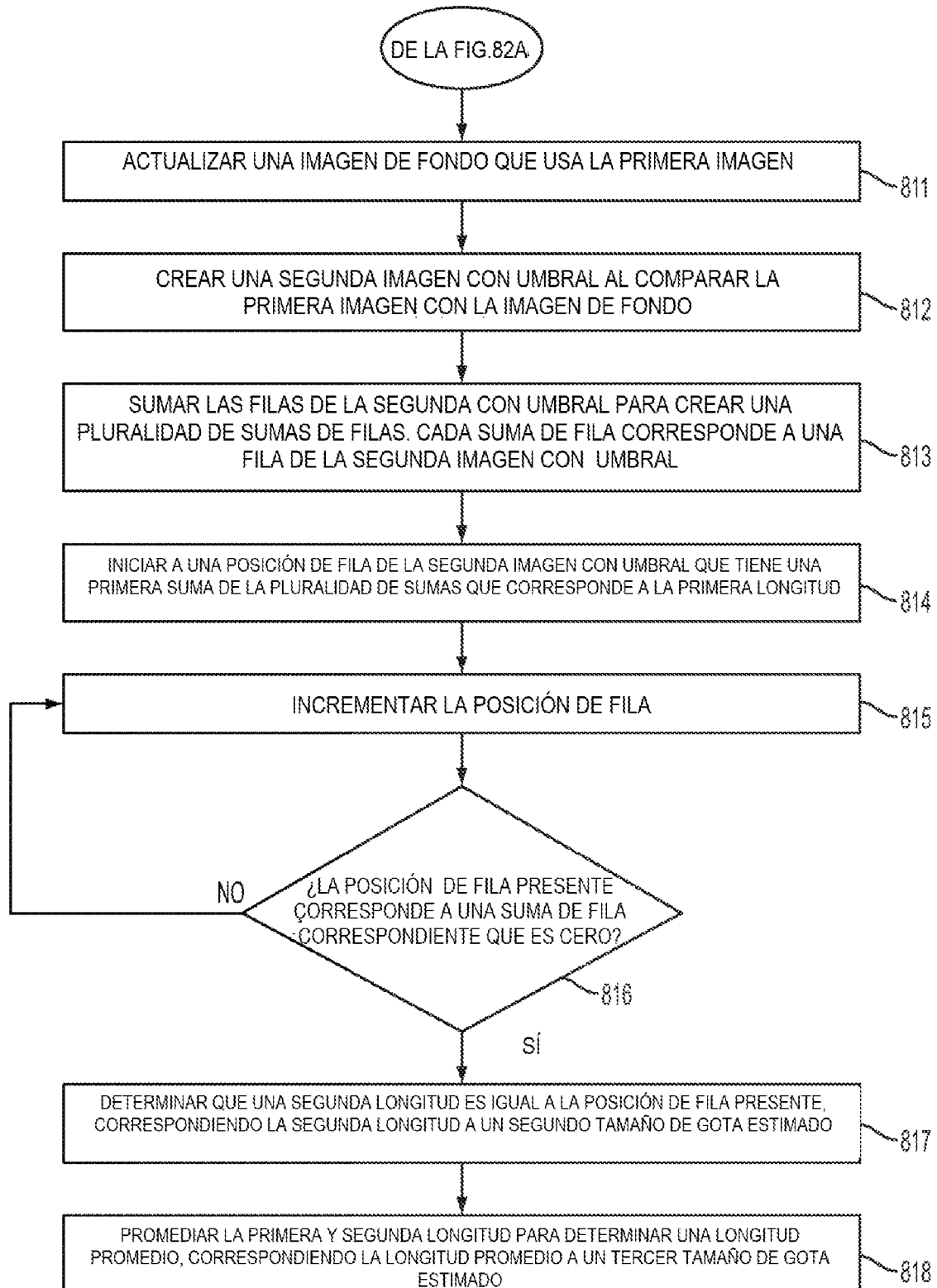


FIG. 82B

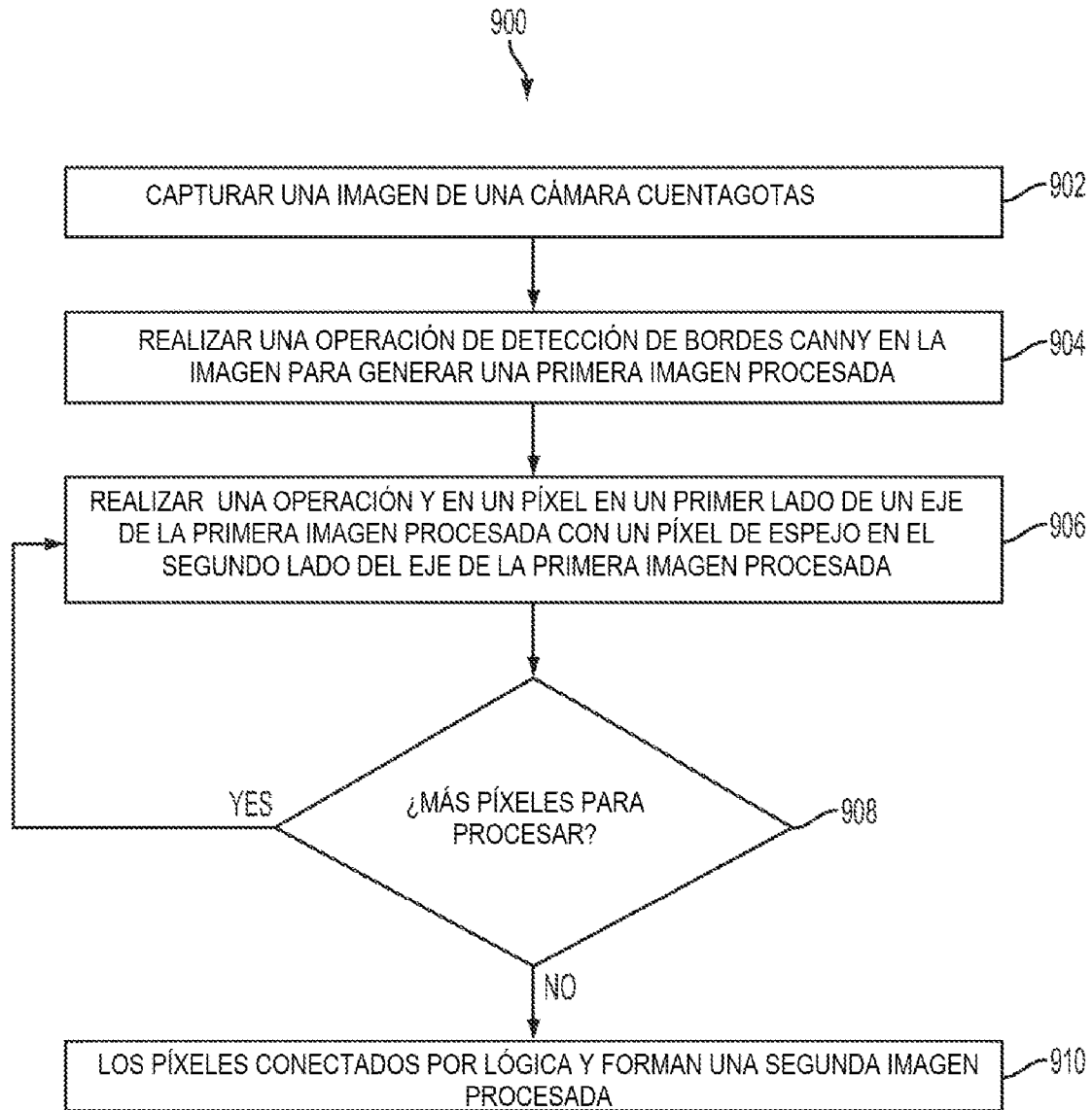


FIG. 83

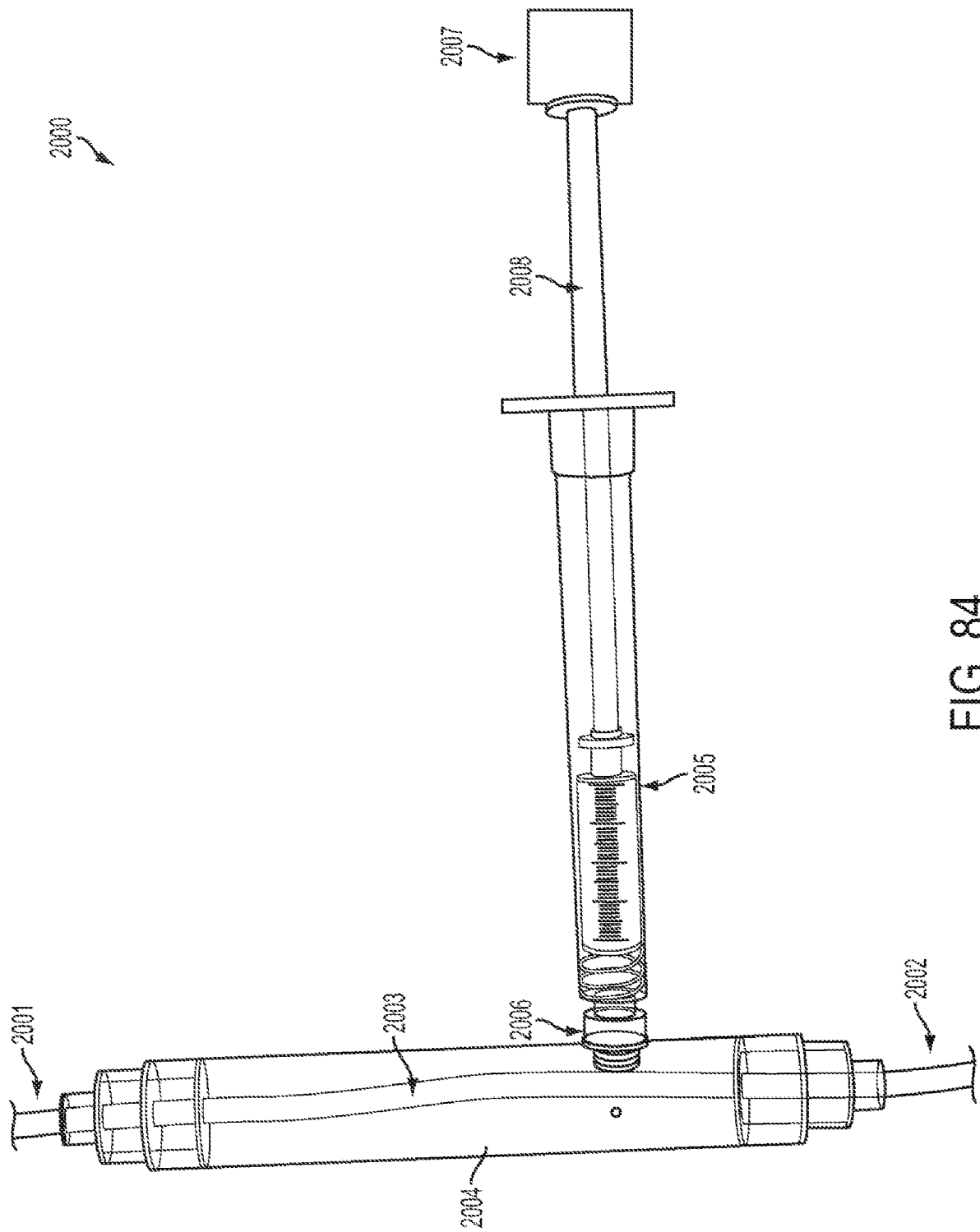


FIG. 84

EXTREMO DE ENTRADA

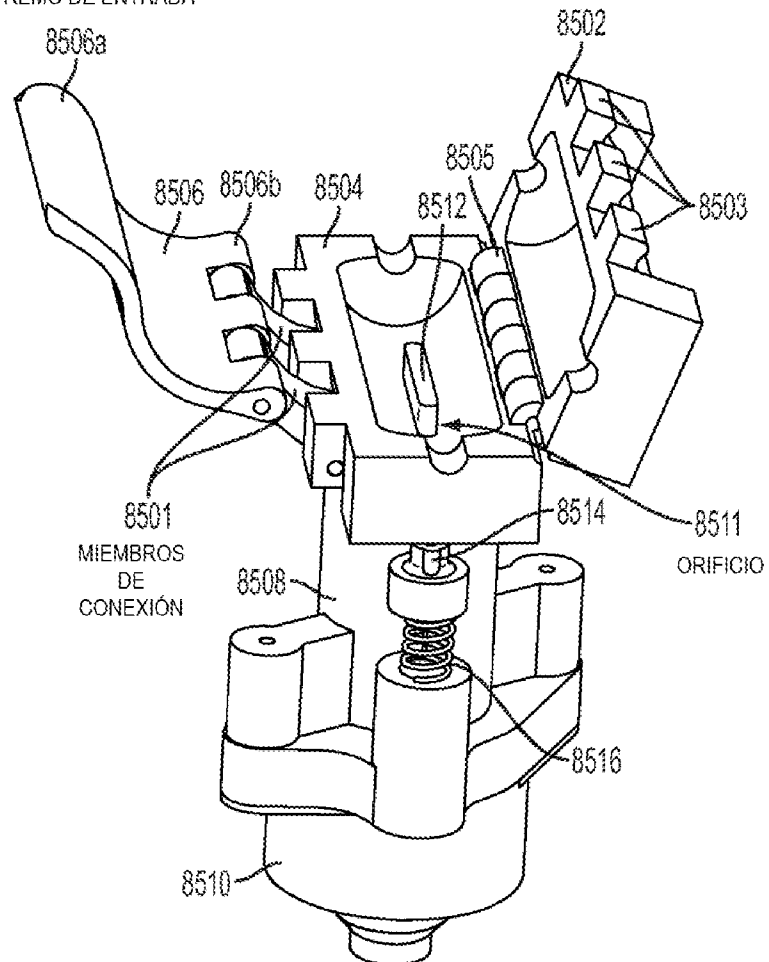


FIG. 85A

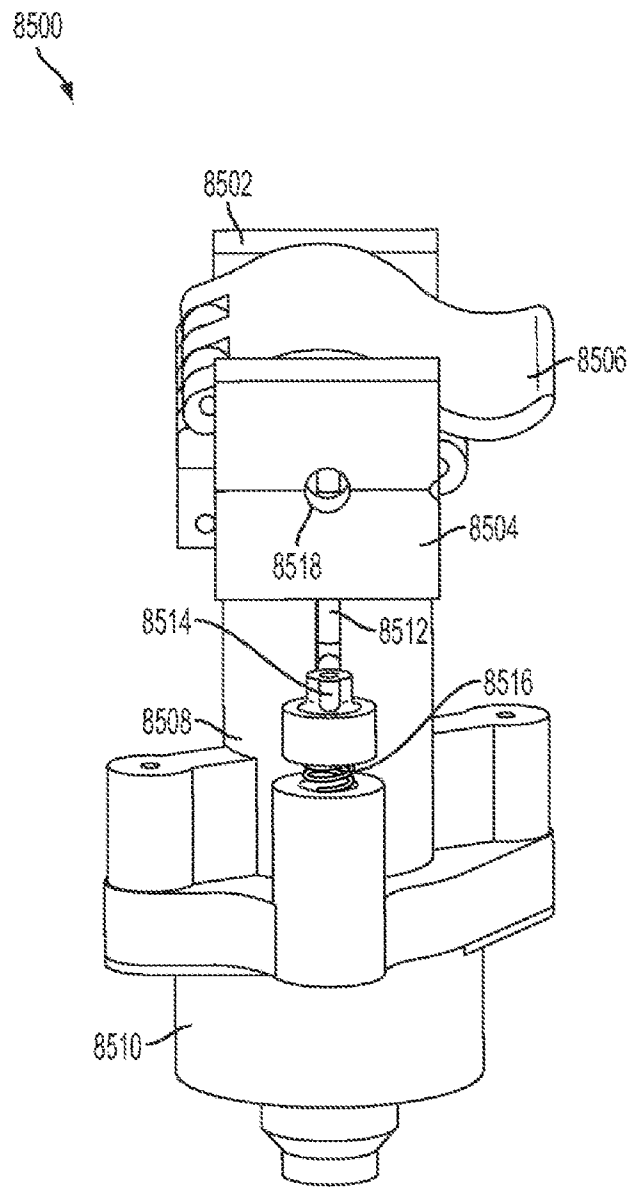


FIG. 85B

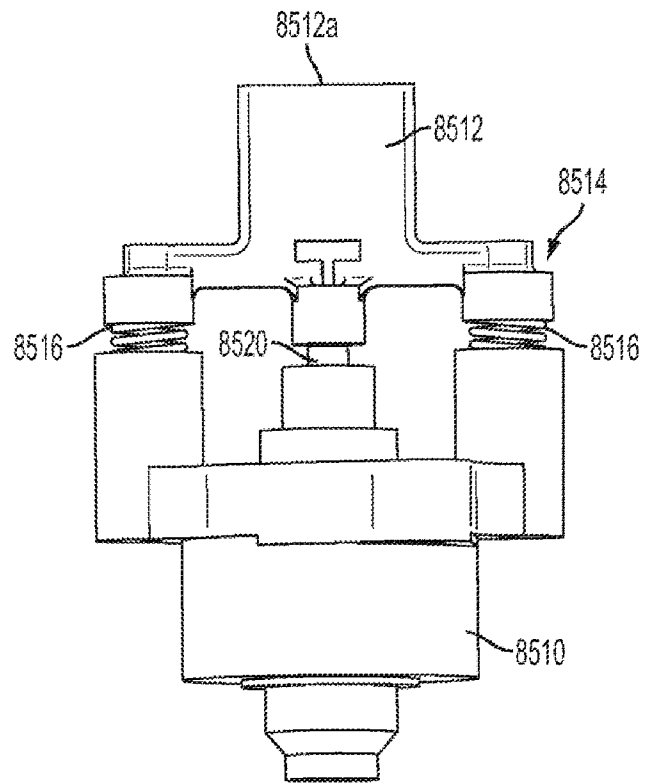


FIG. 85C

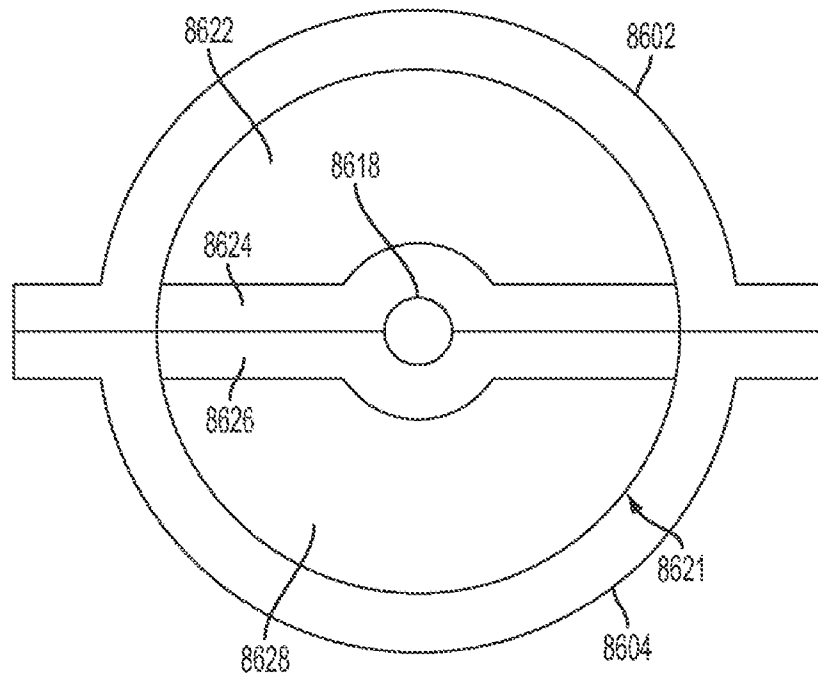


FIG. 86

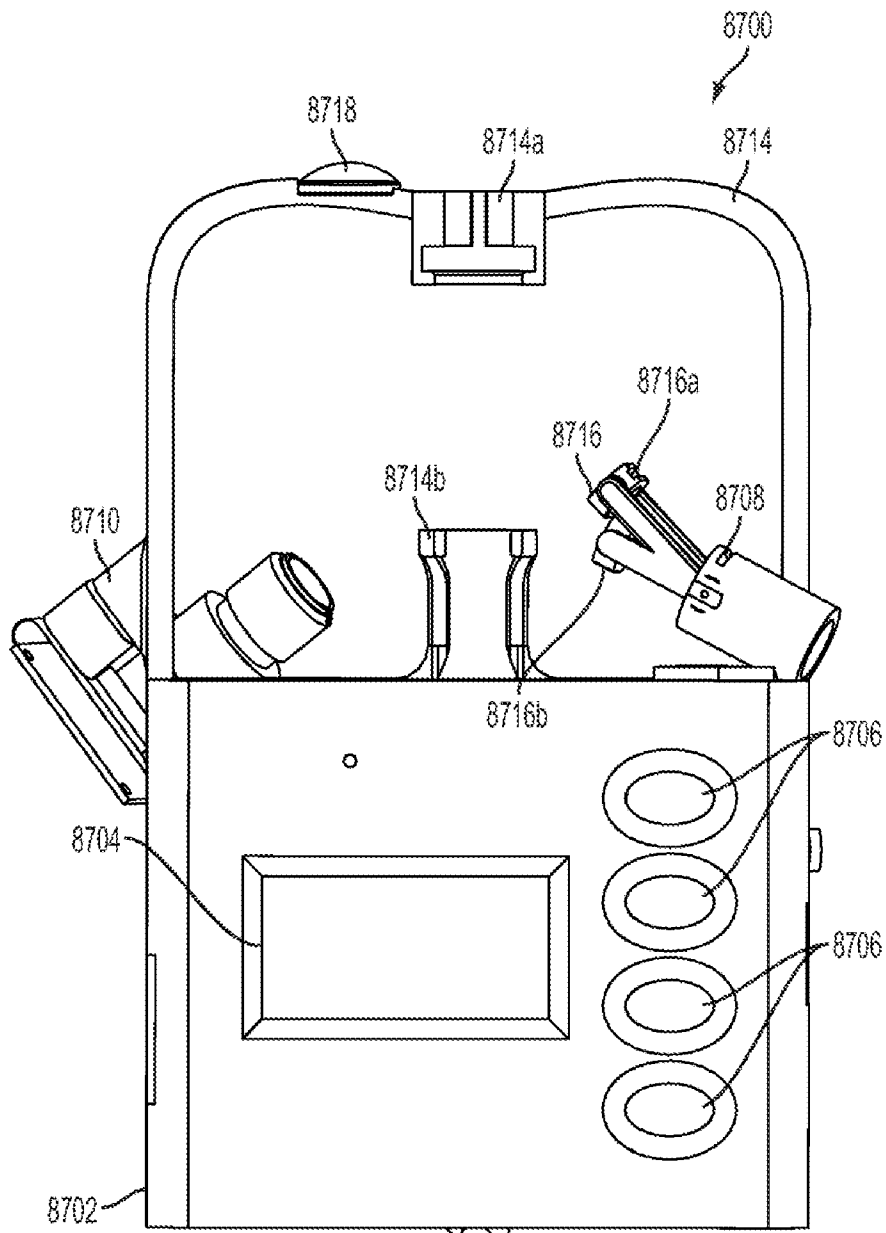


FIG. 87A

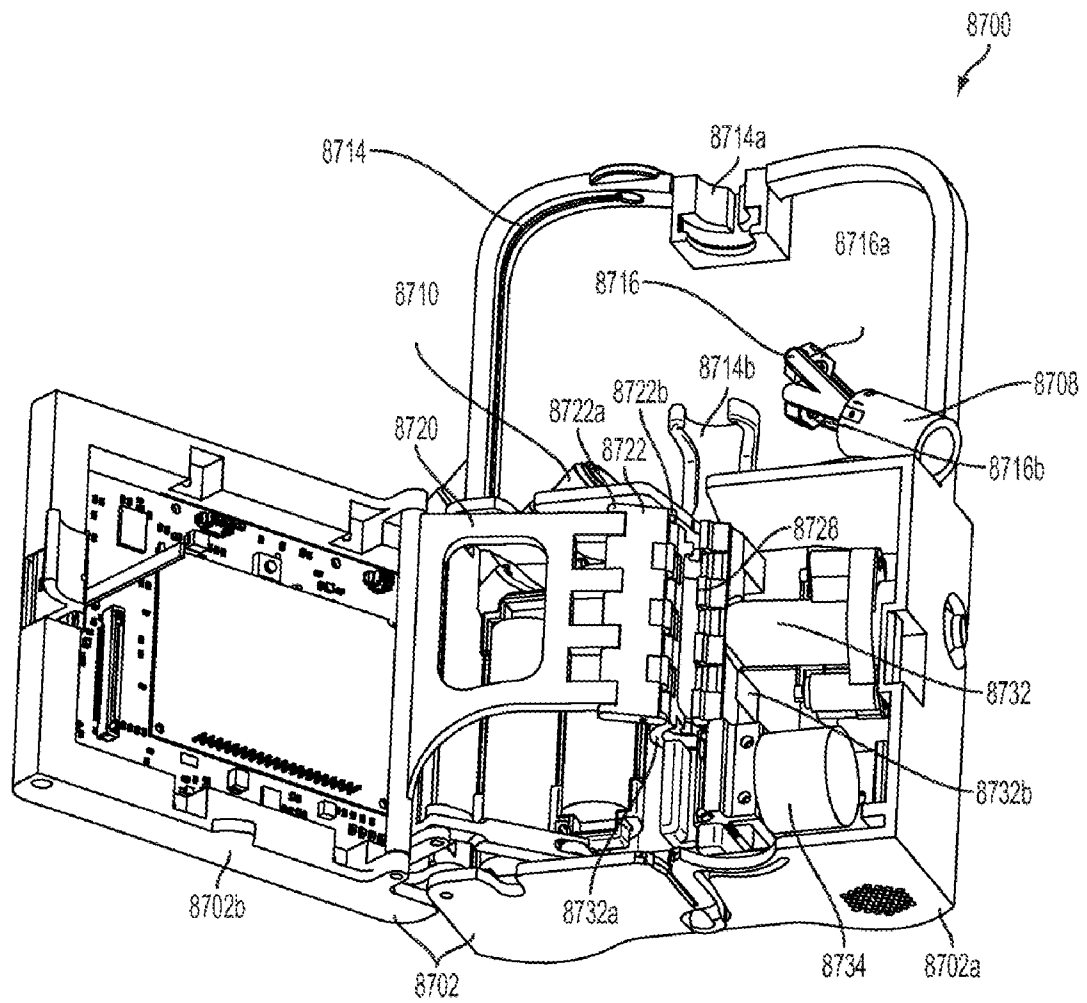


FIG. 87B

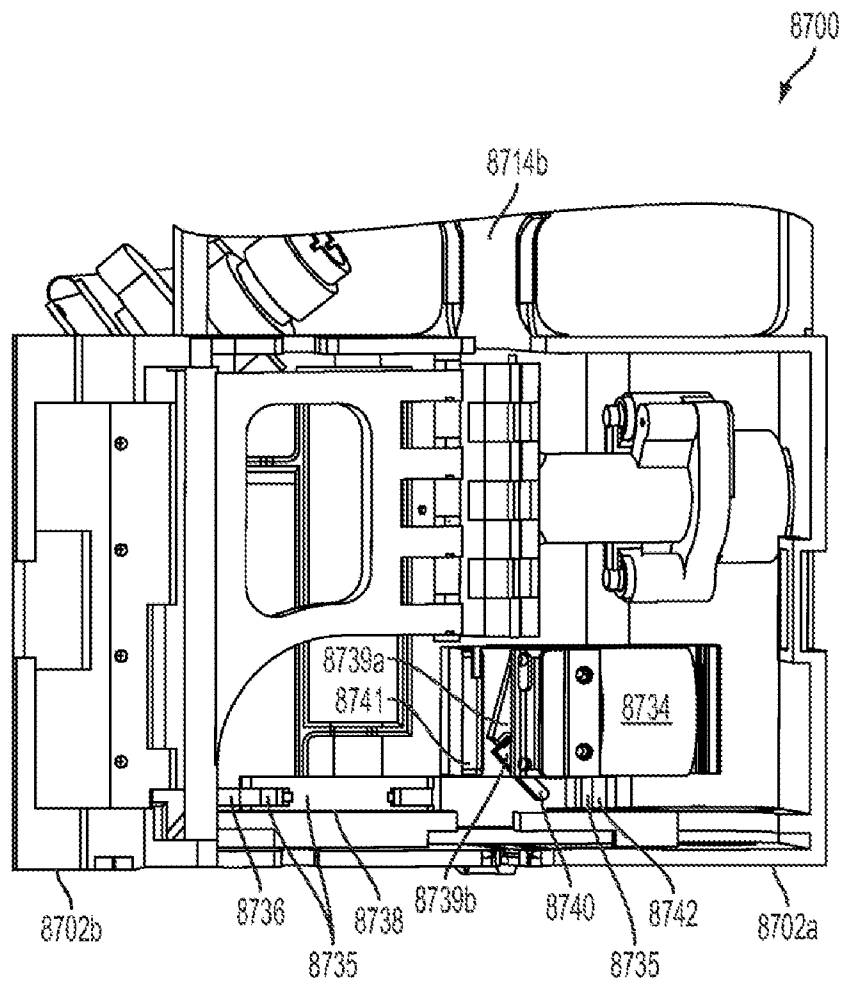


FIG. 87C

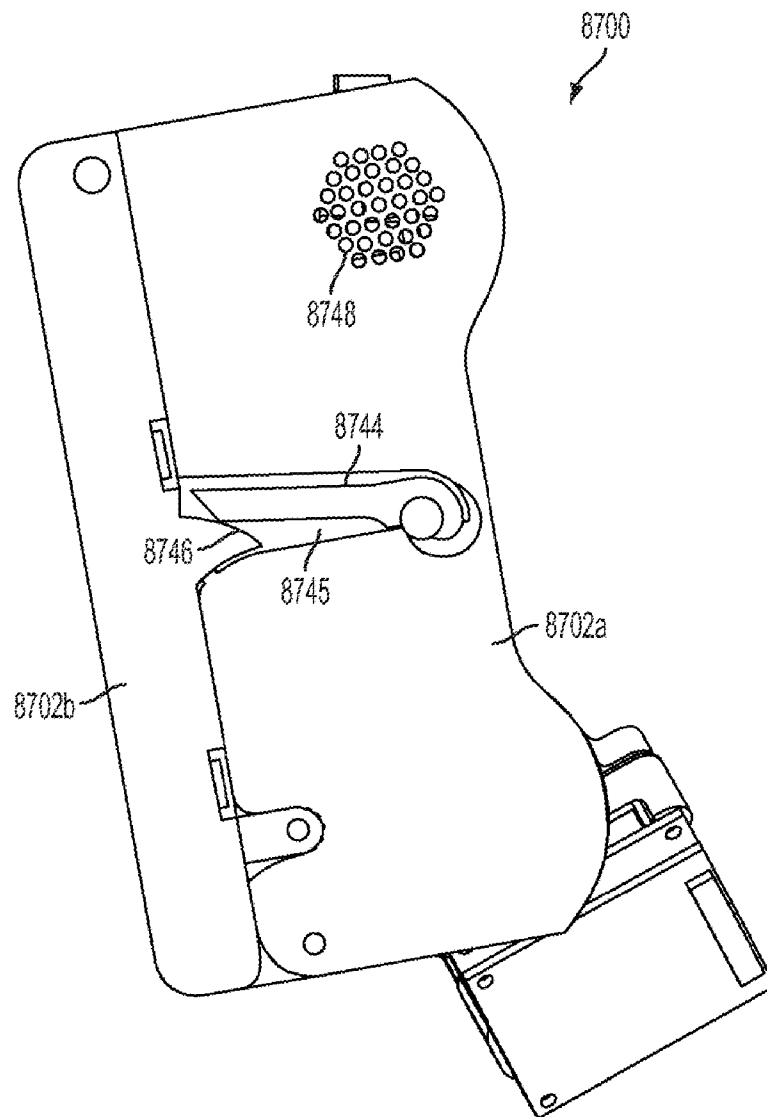


FIG. 87D

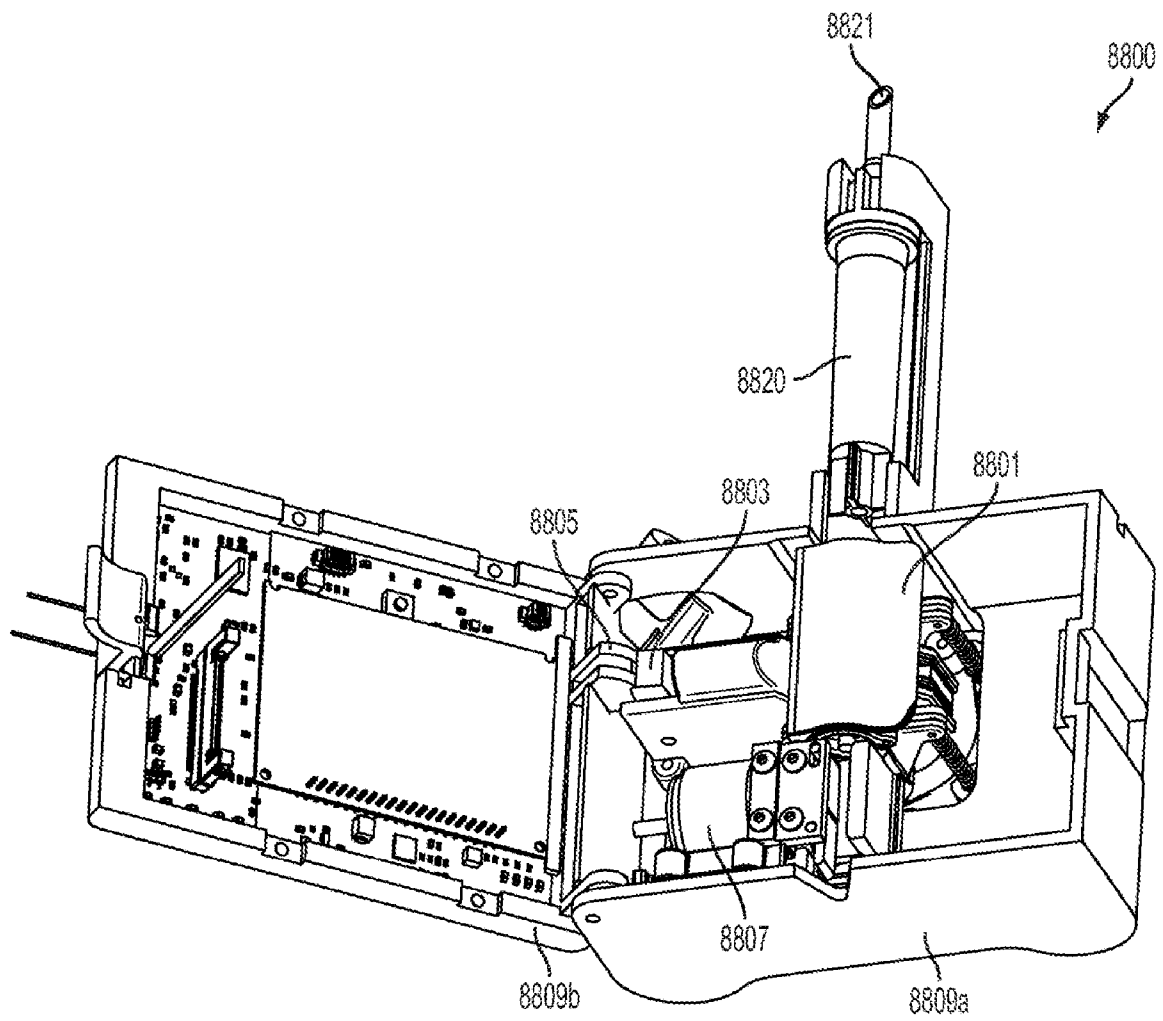


FIG. 88A

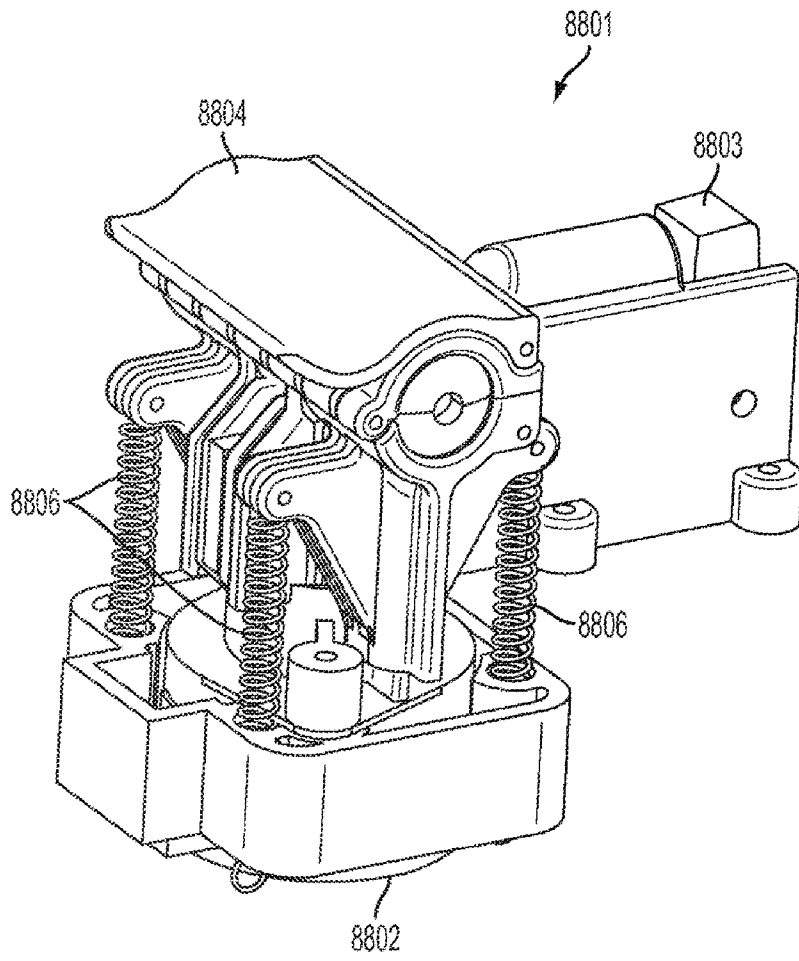


FIG. 88B

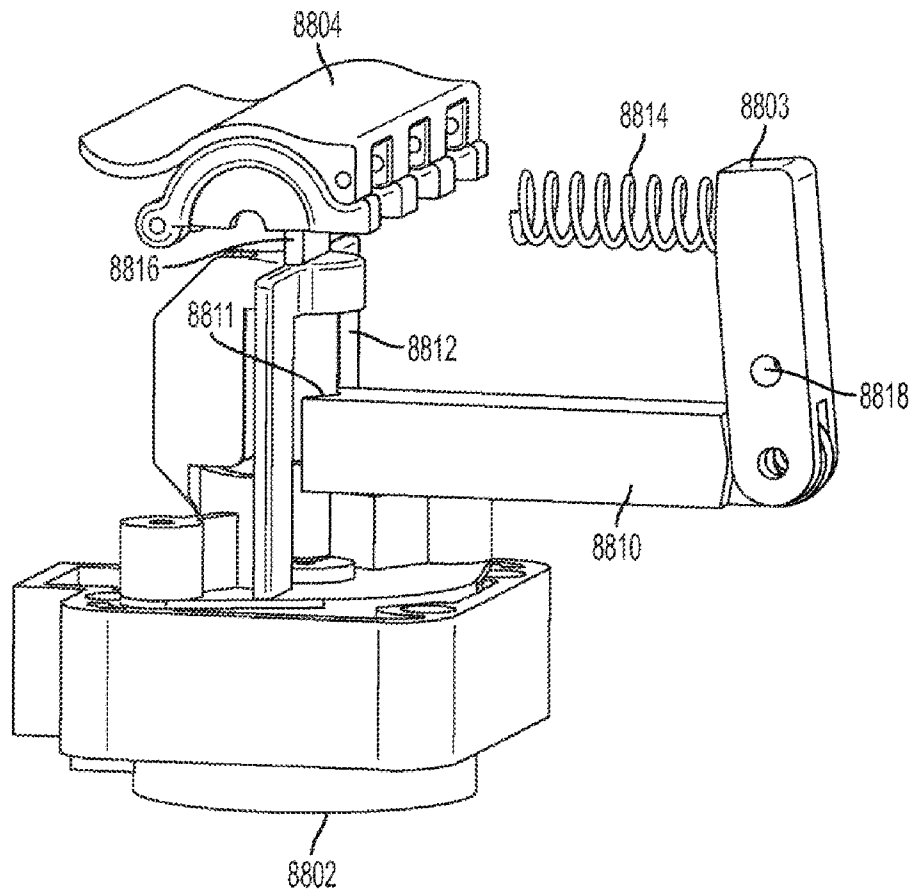


FIG. 88C

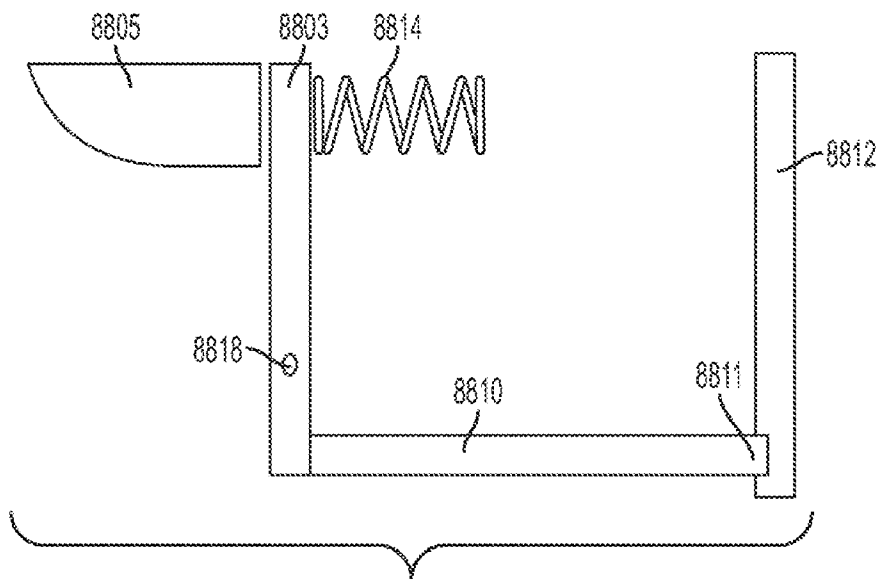


FIG. 88D

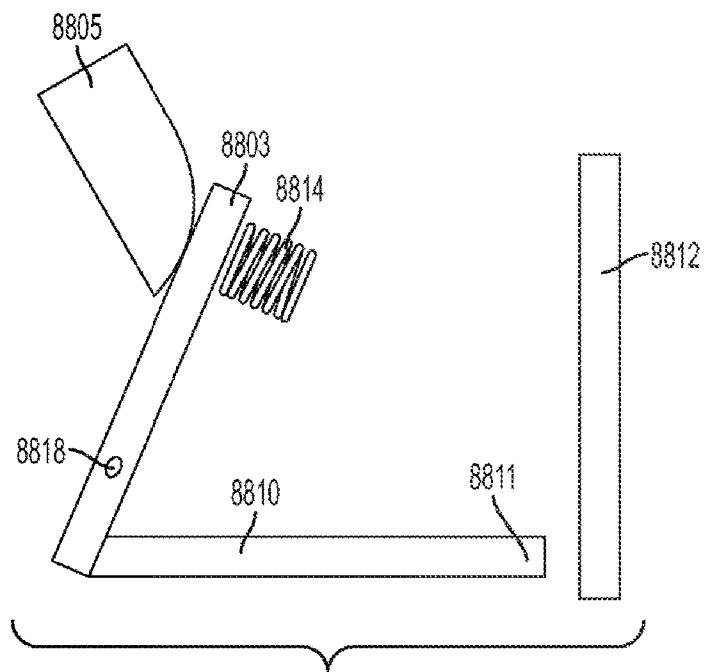


FIG. 88E

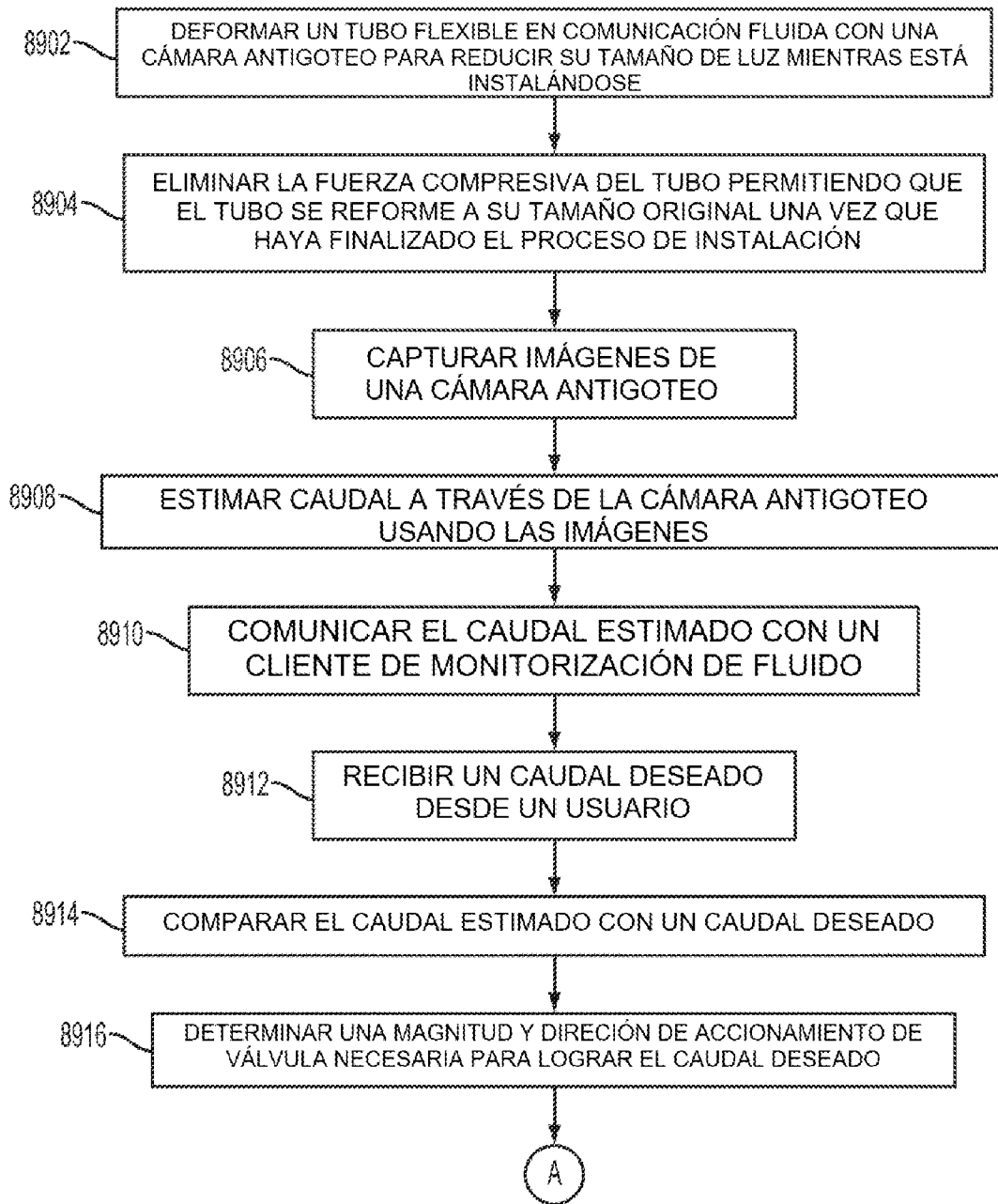


FIG. 89A

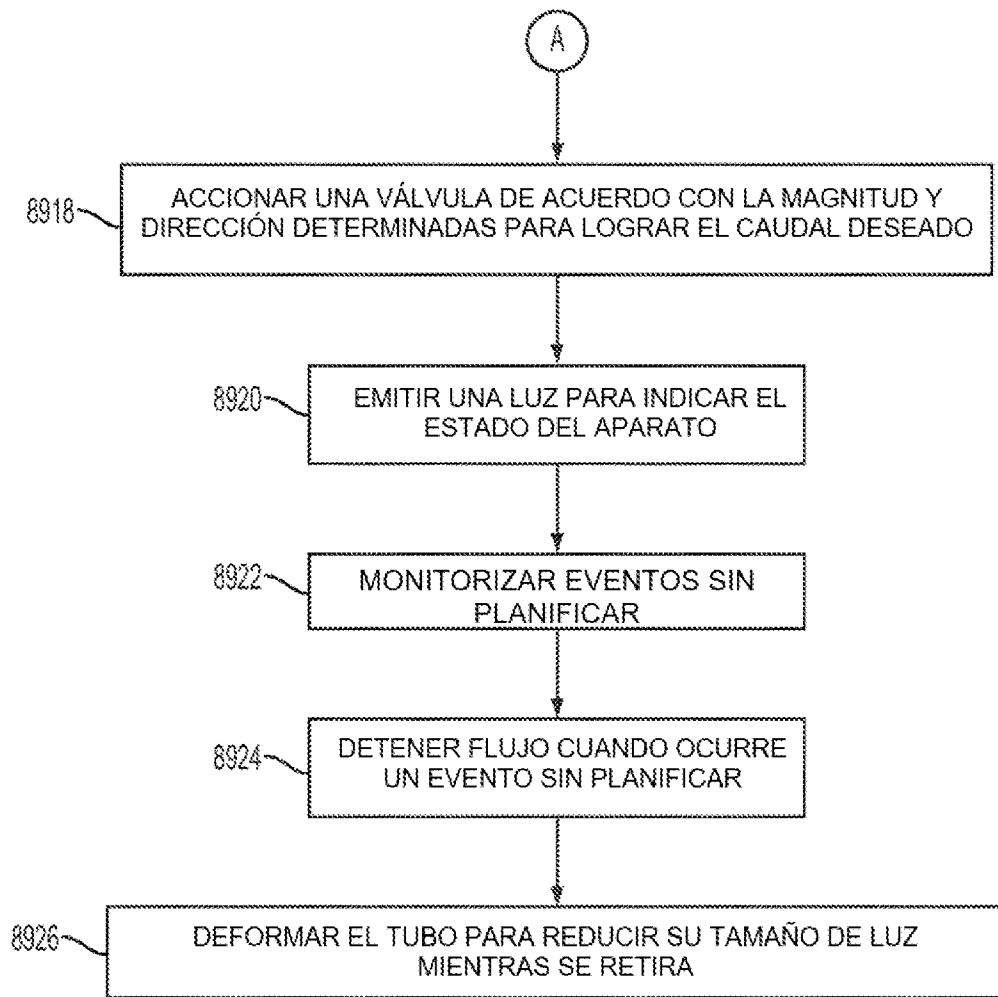


FIG. 89B

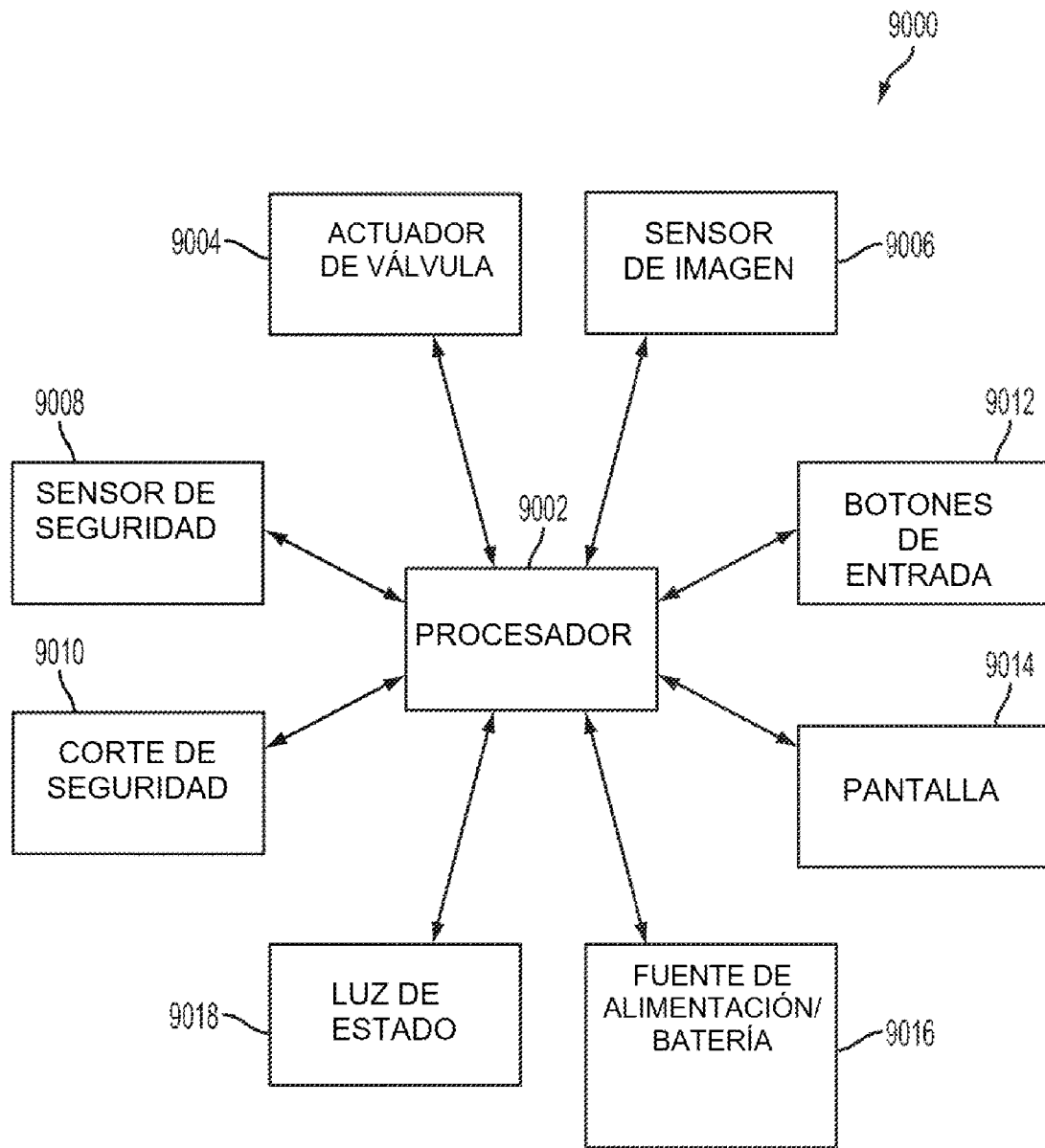


FIG. 90

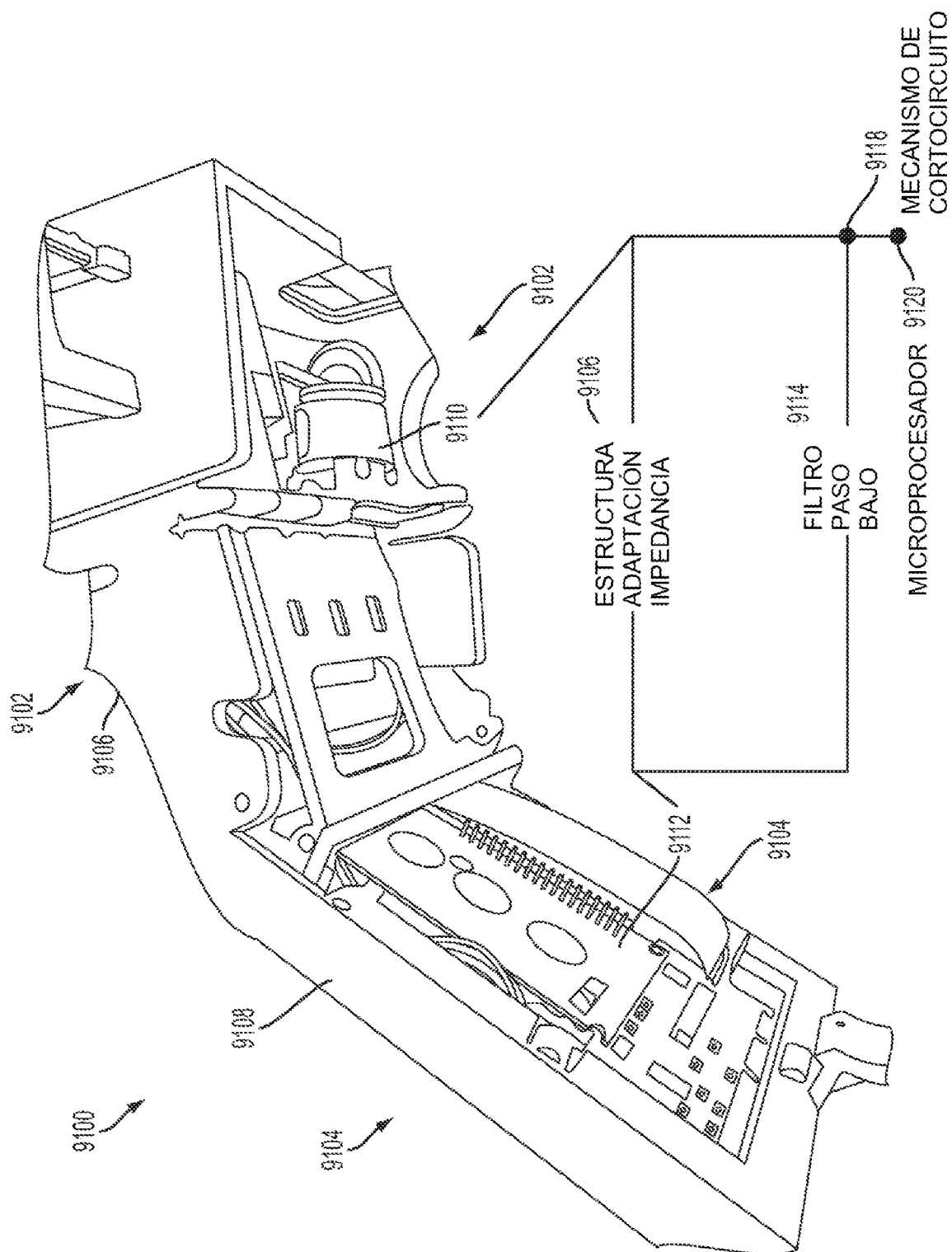


FIG. 91

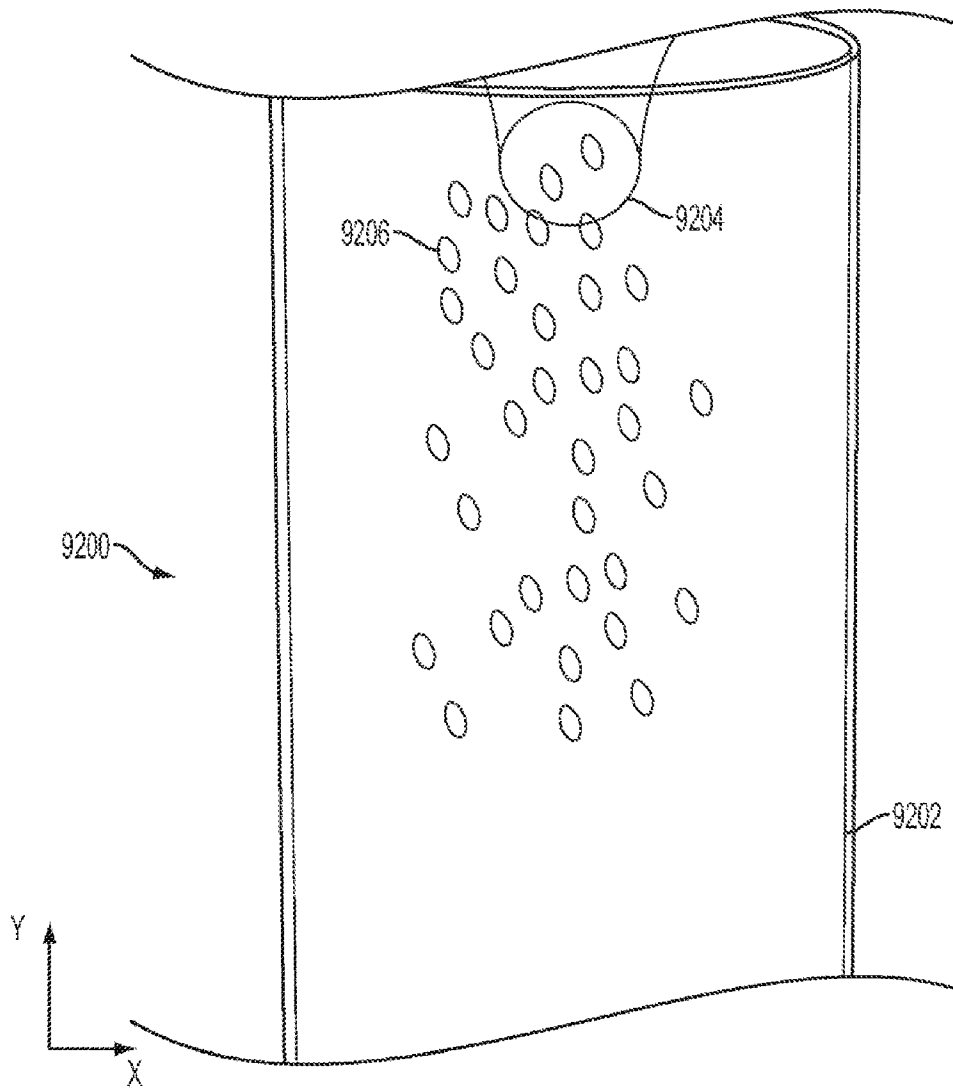


FIG. 92

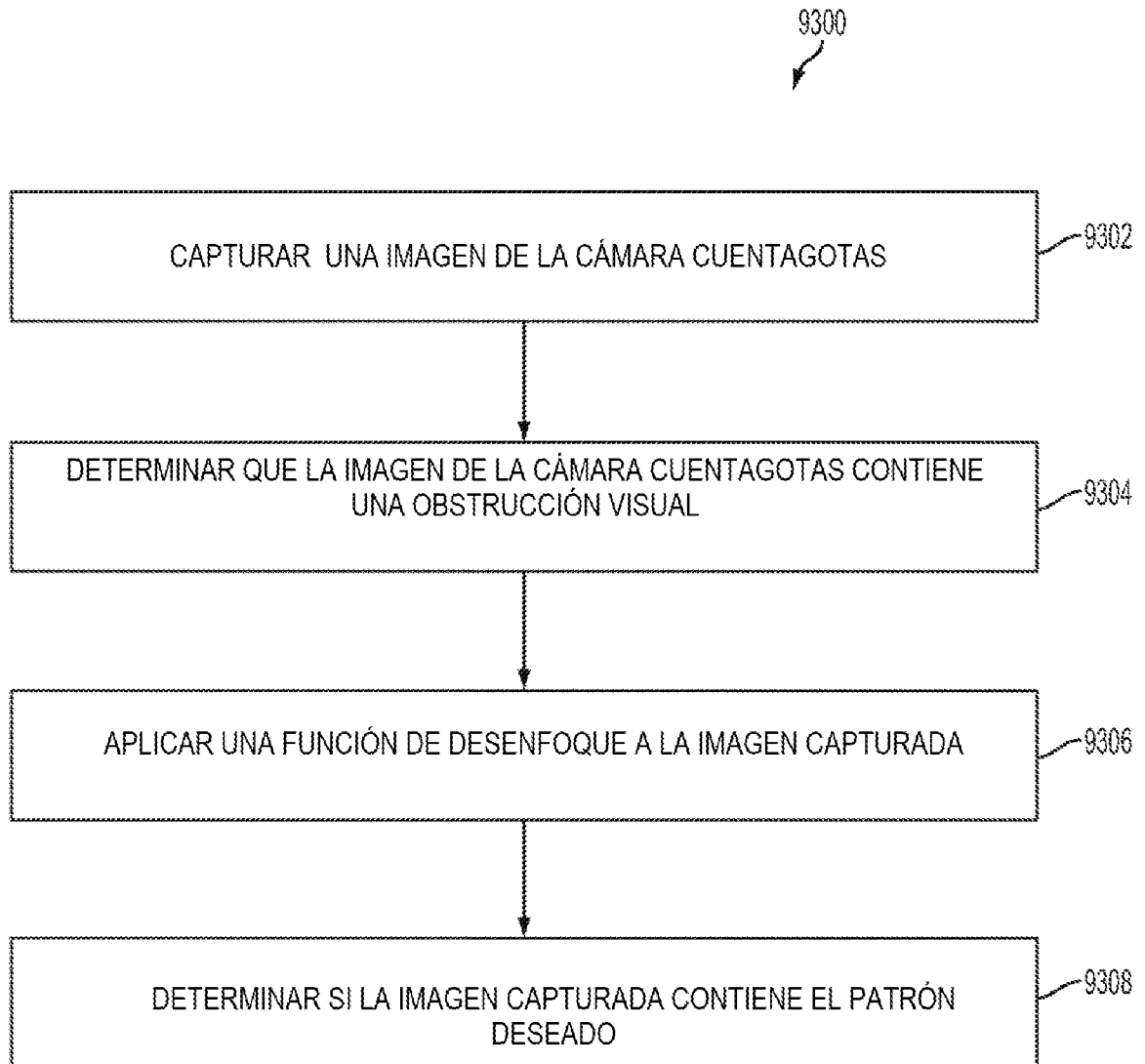


FIG. 93

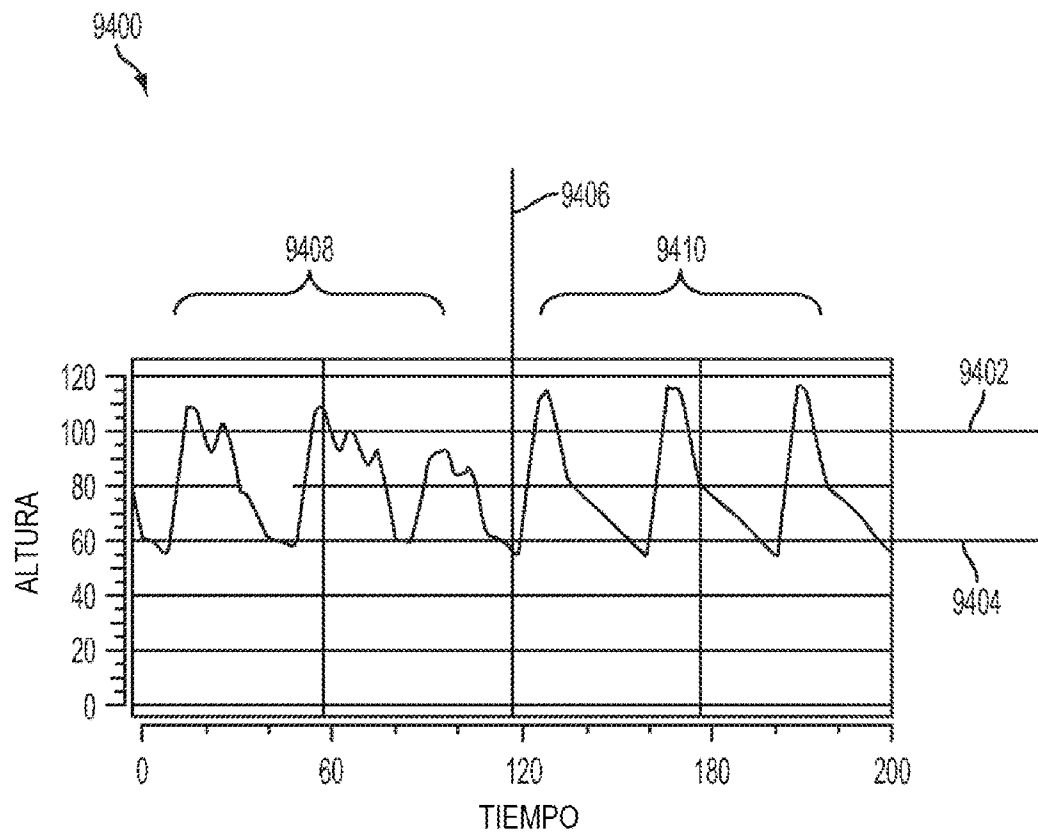


FIG. 94

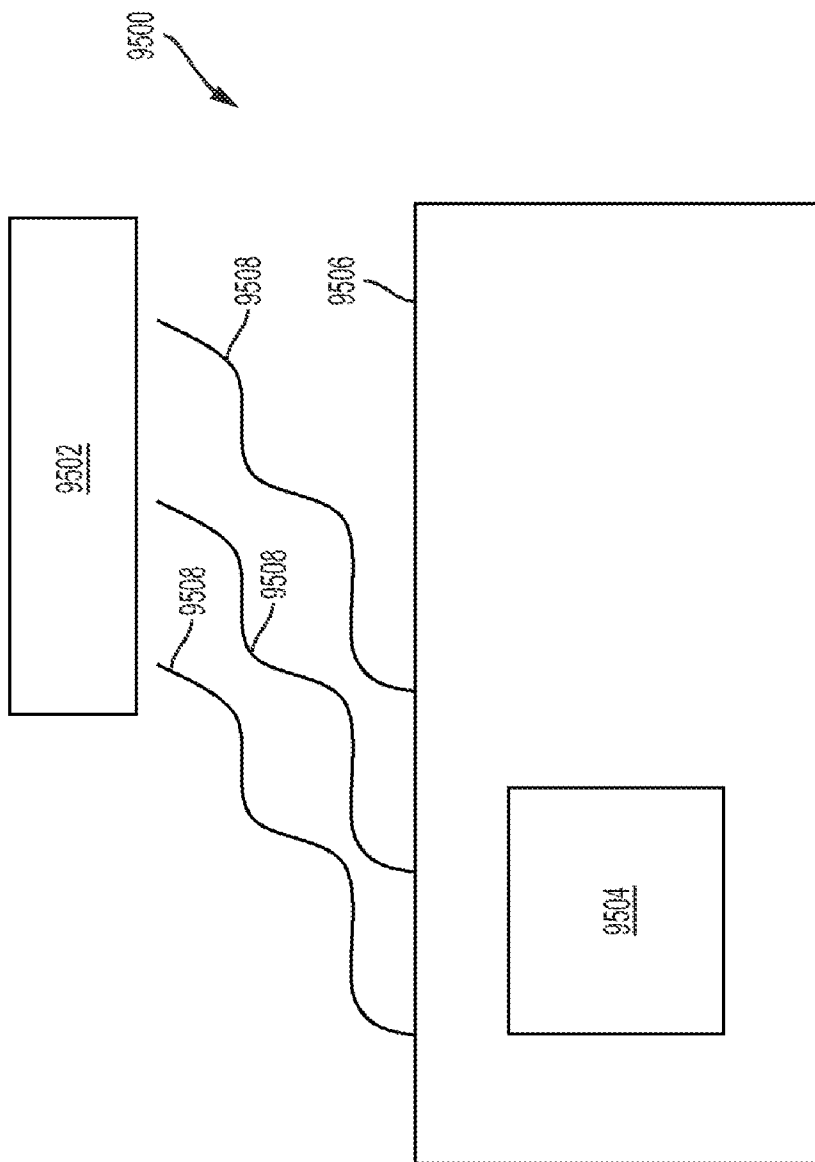


FIG. 95



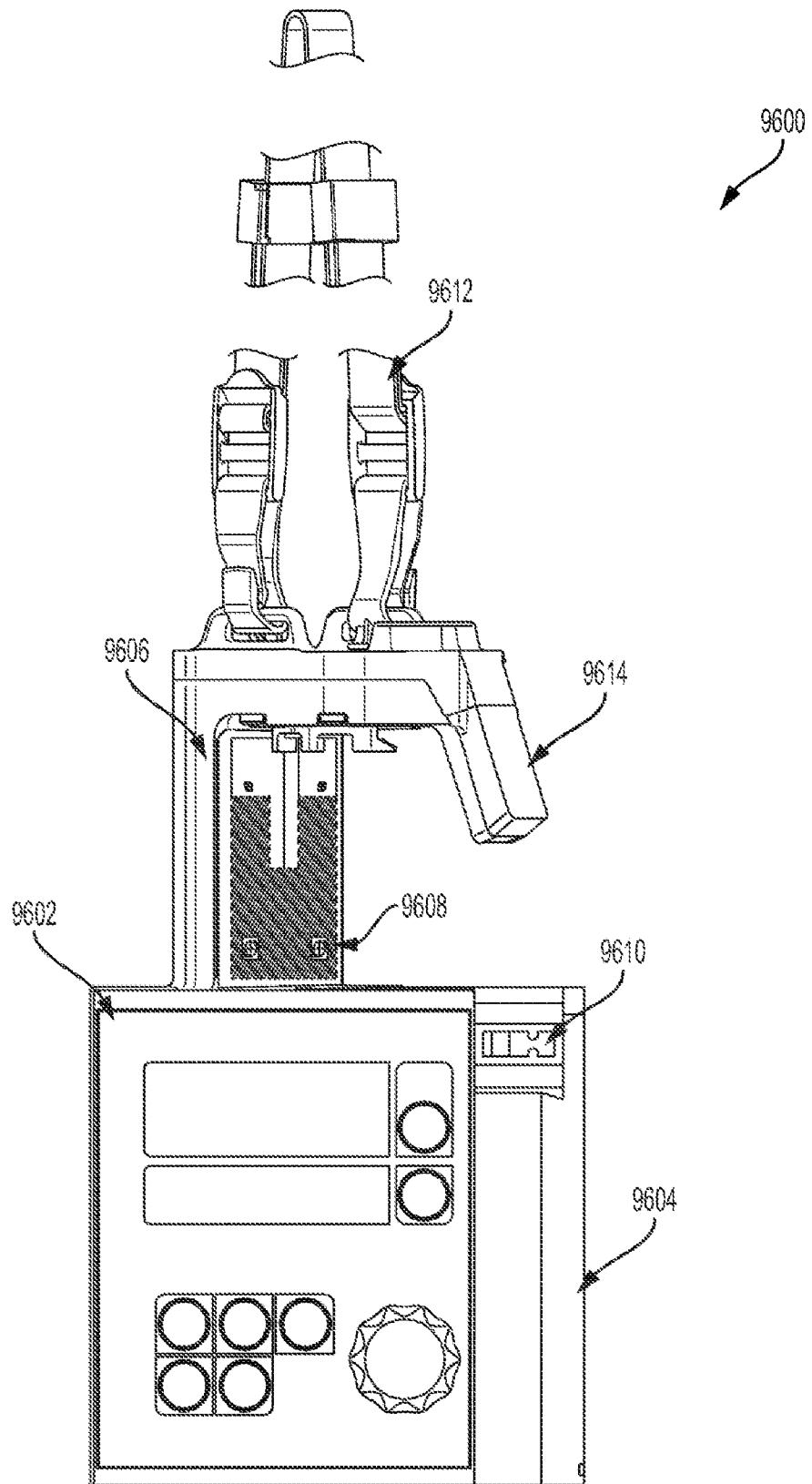


FIG. 96B

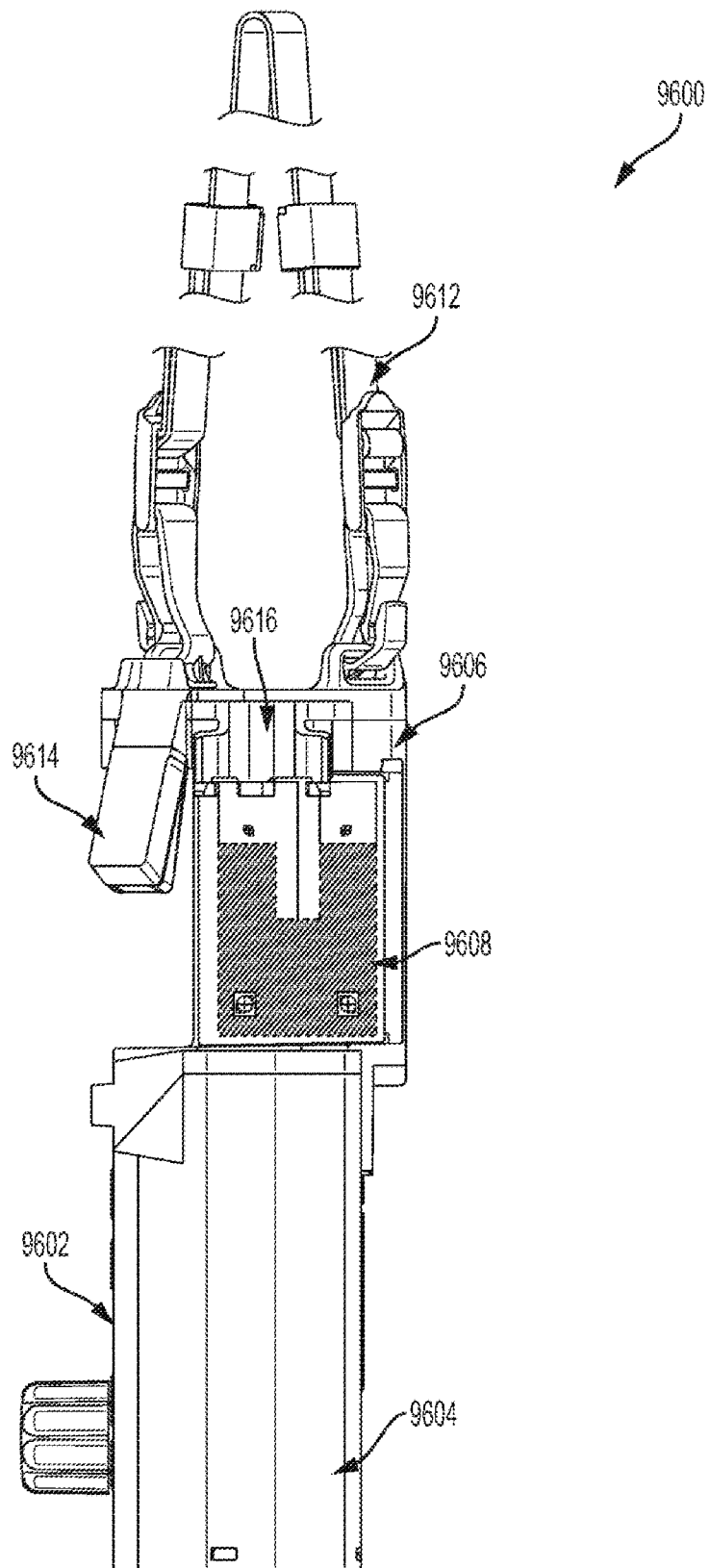


FIG. 96C

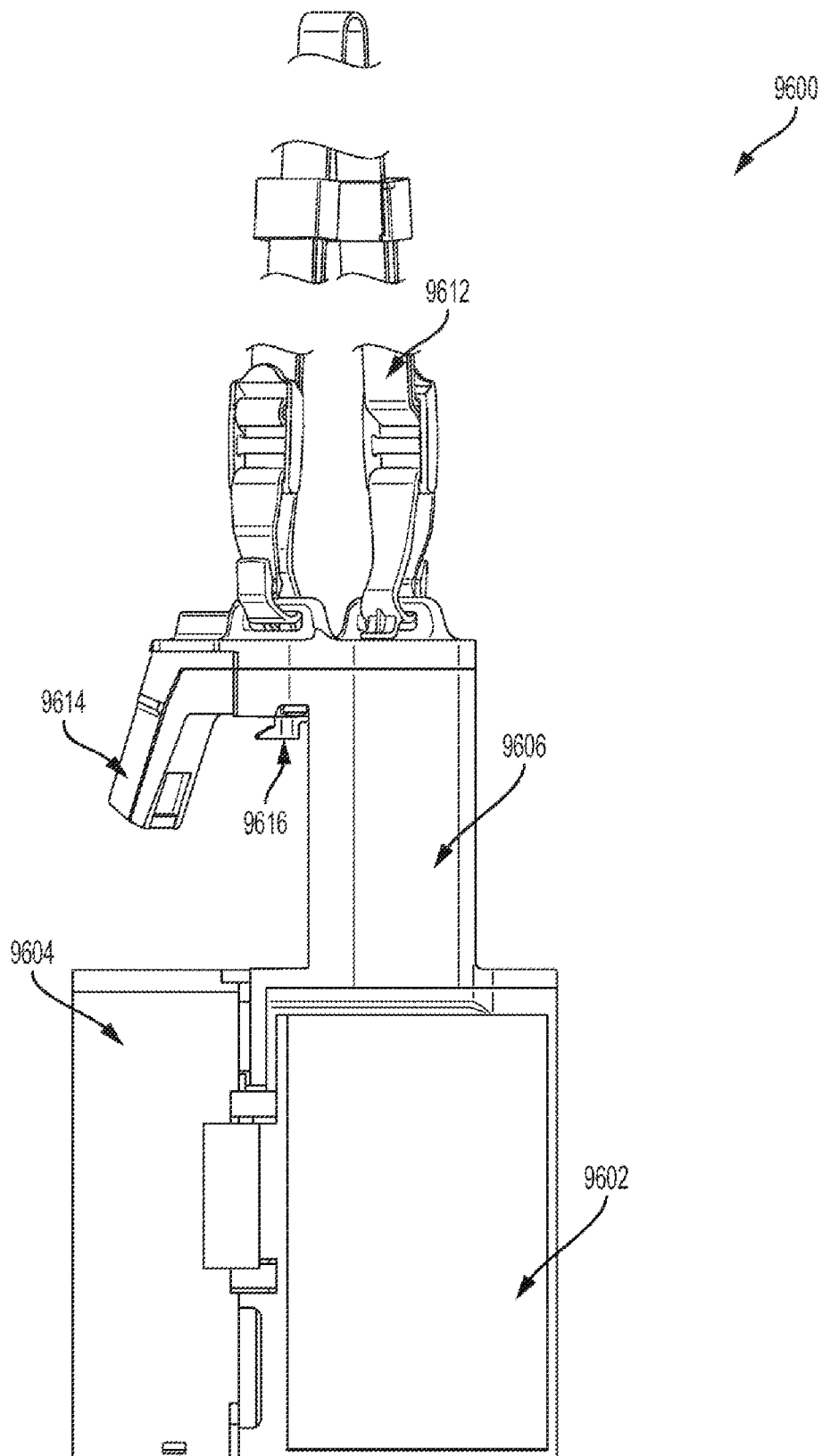


FIG. 96D

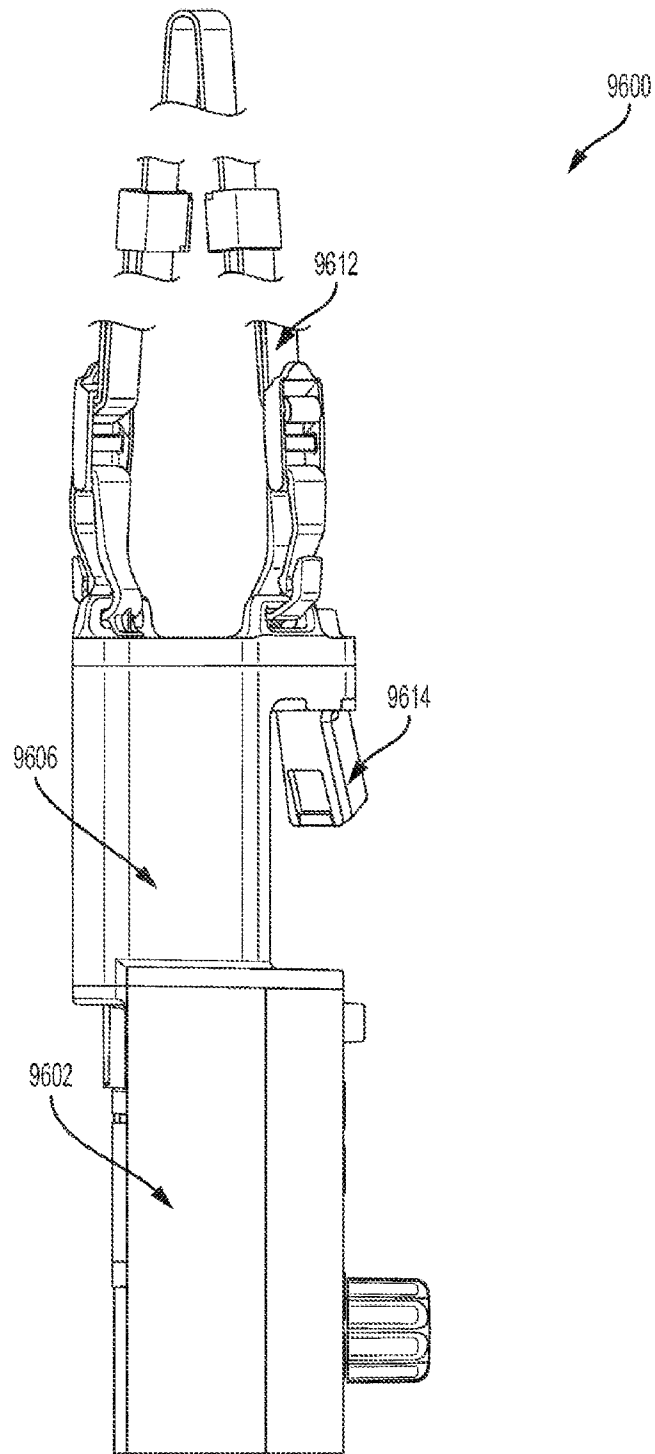


FIG. 96E

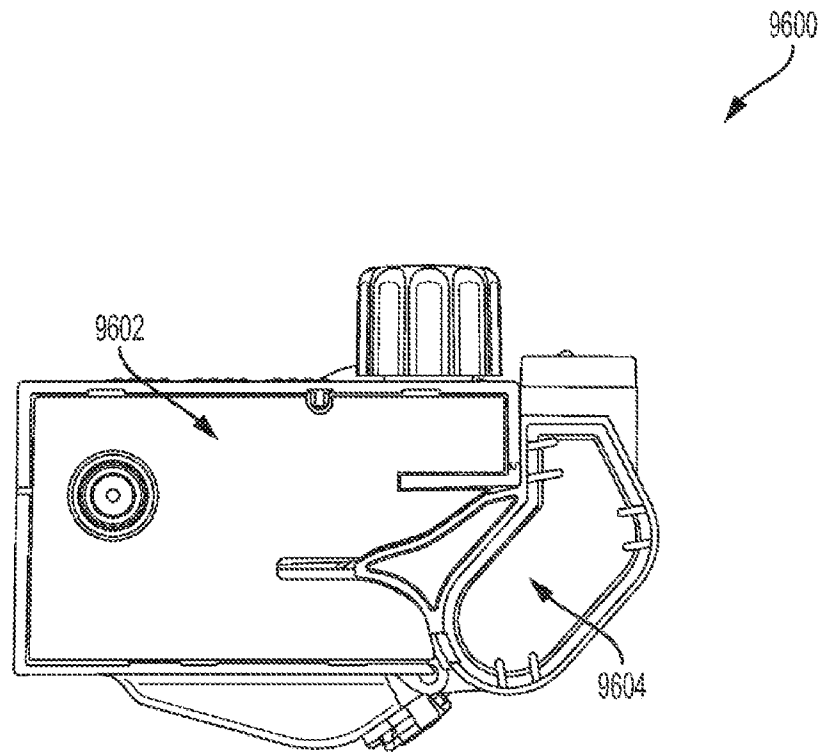


FIG. 96F

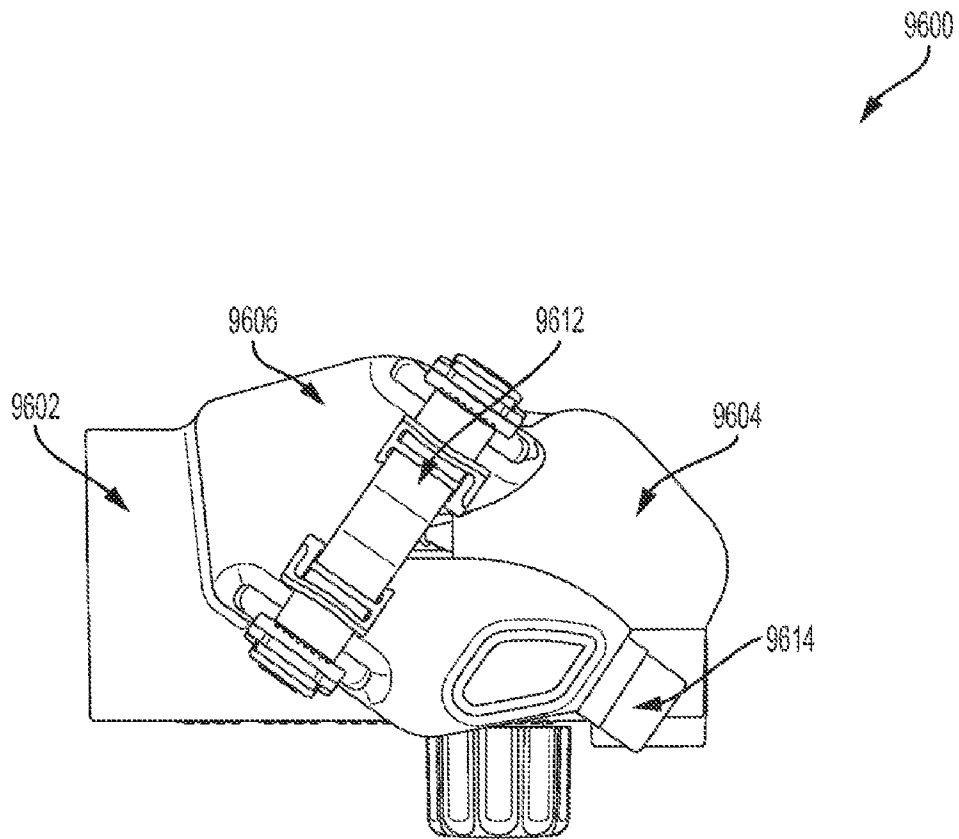


FIG. 96G

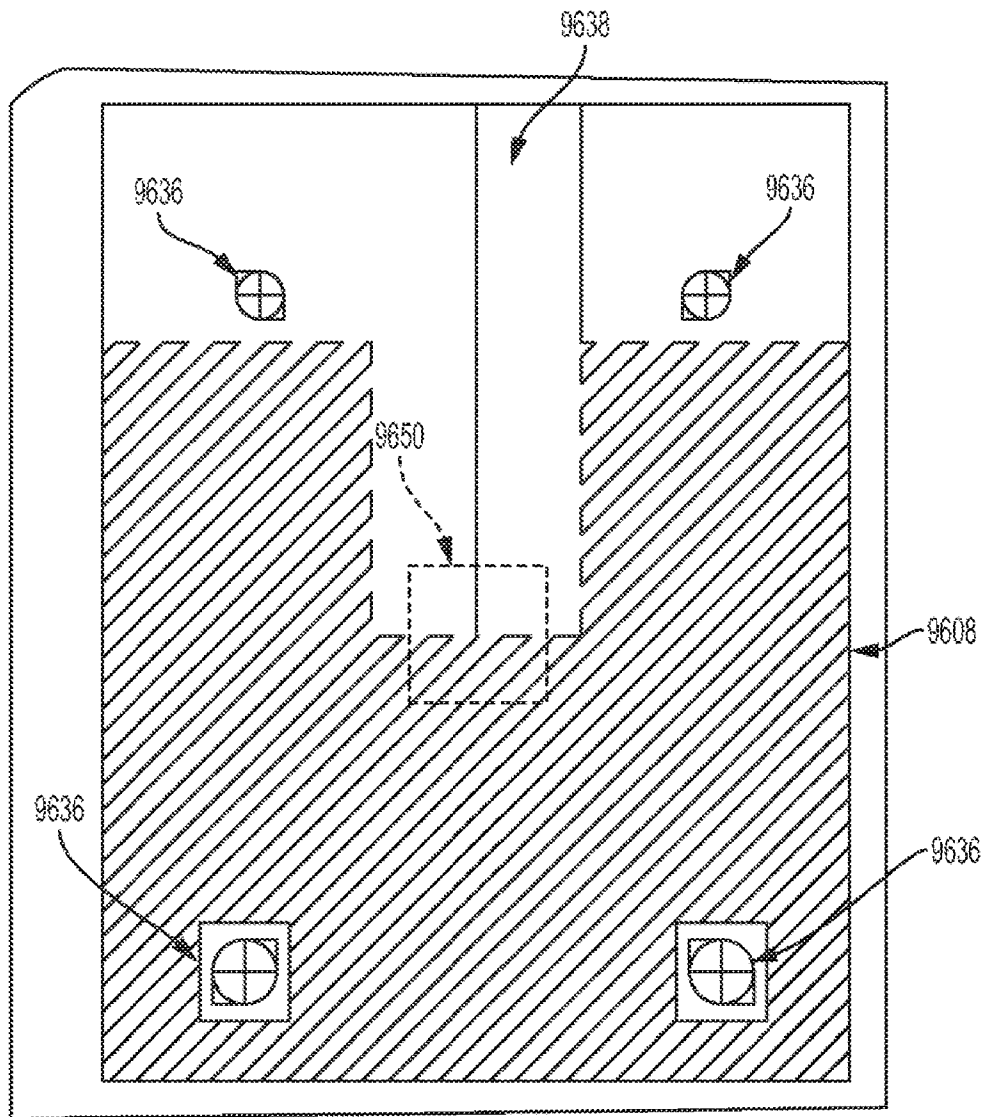


FIG. 96H

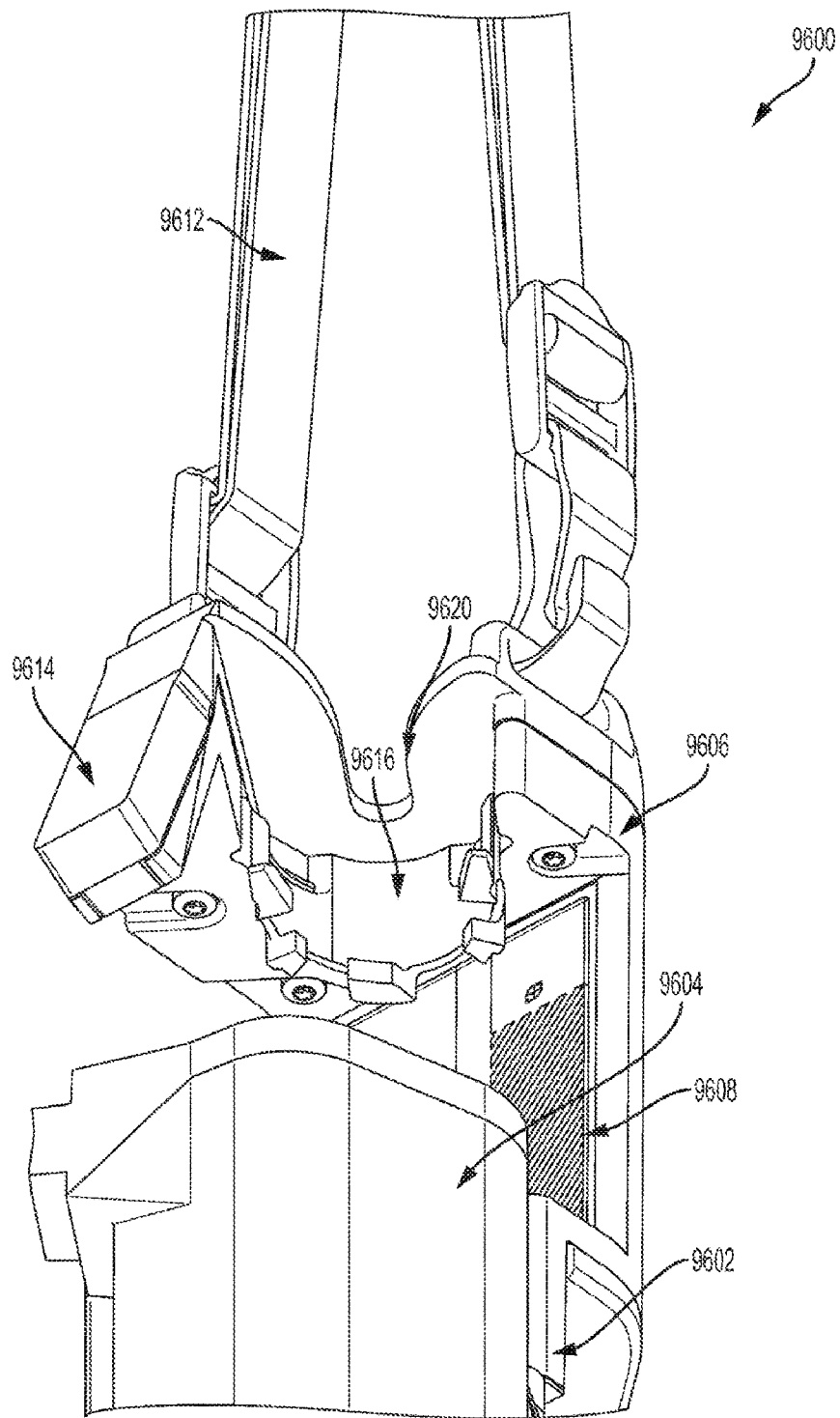


FIG. 96I

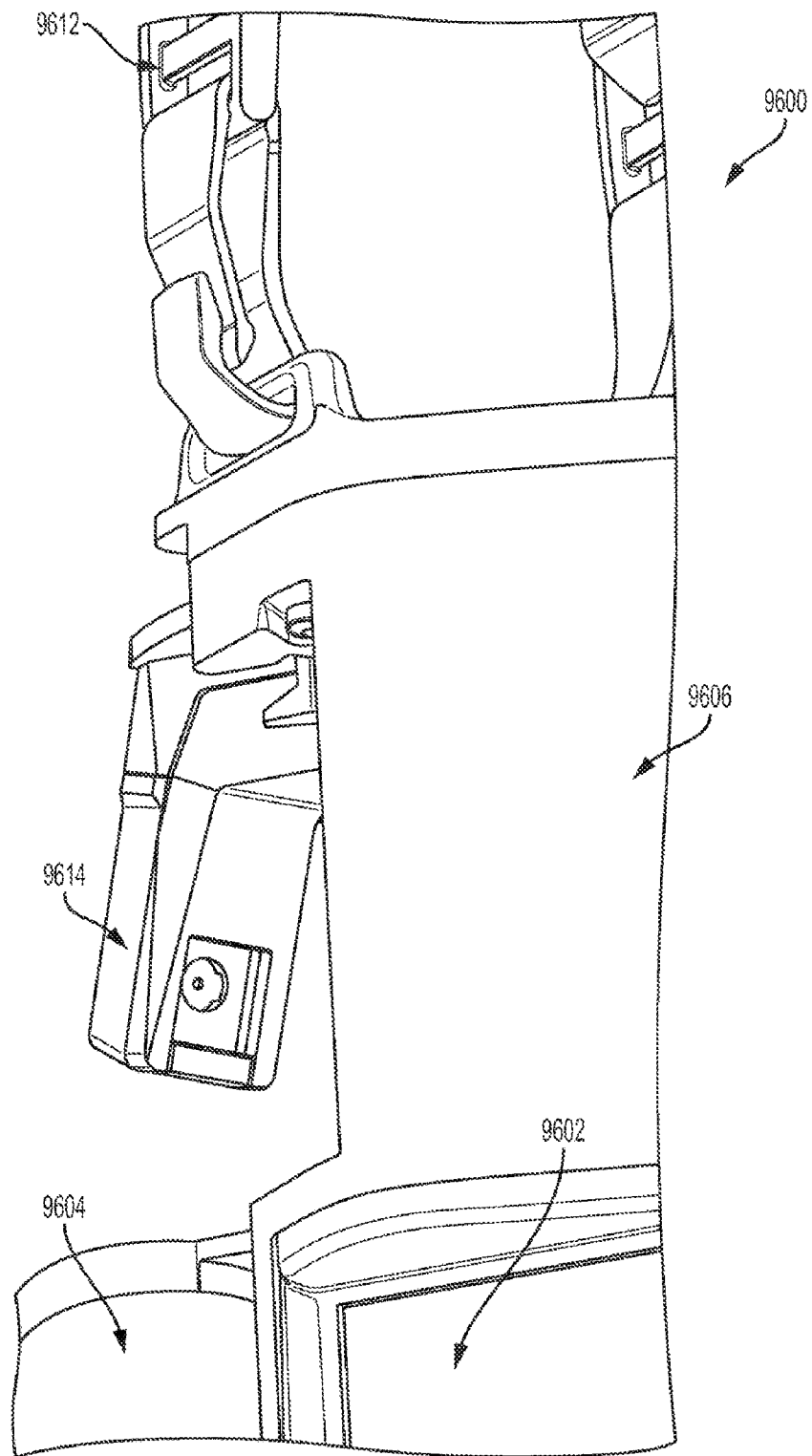


FIG. 96J

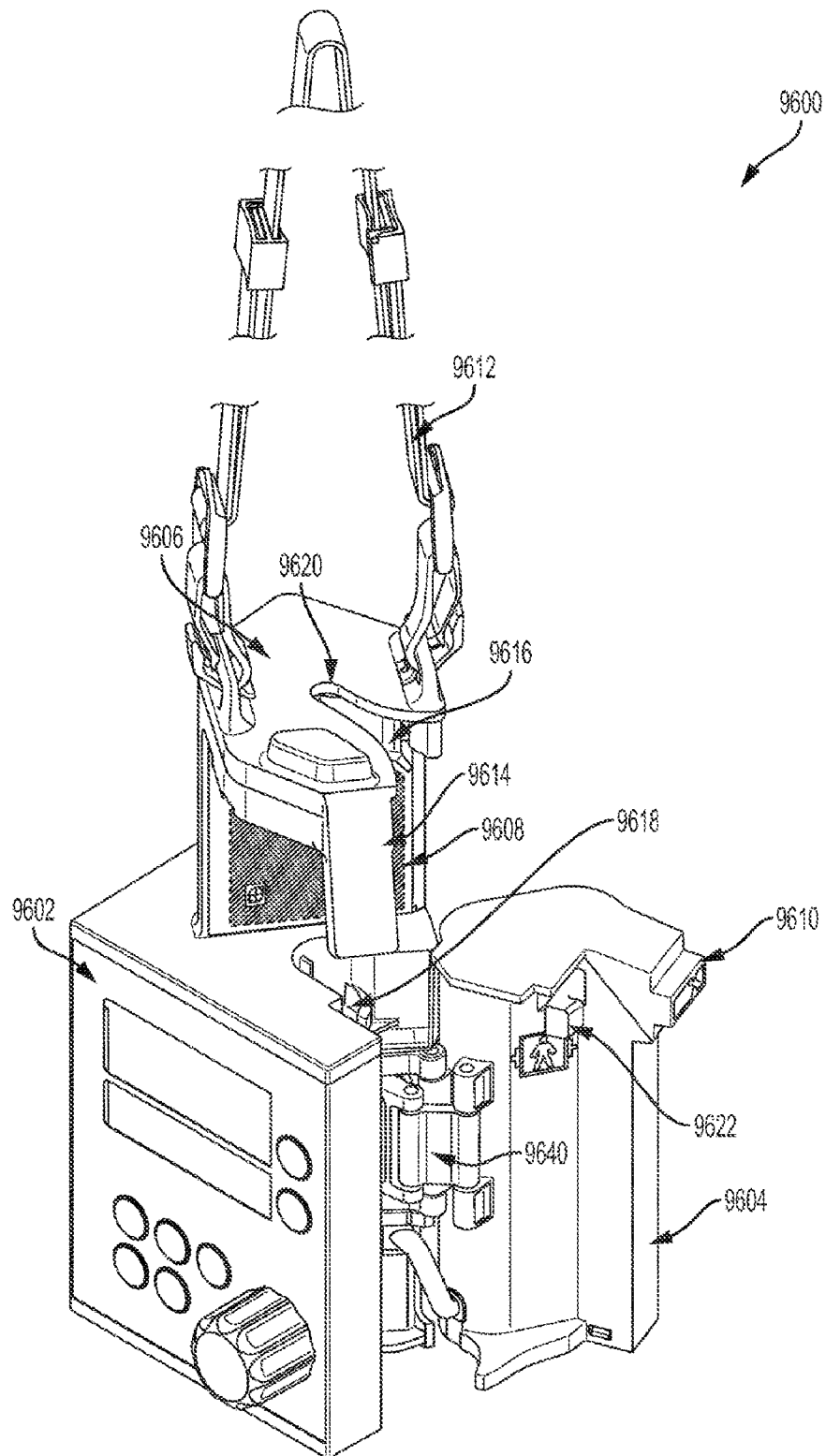


FIG. 96K

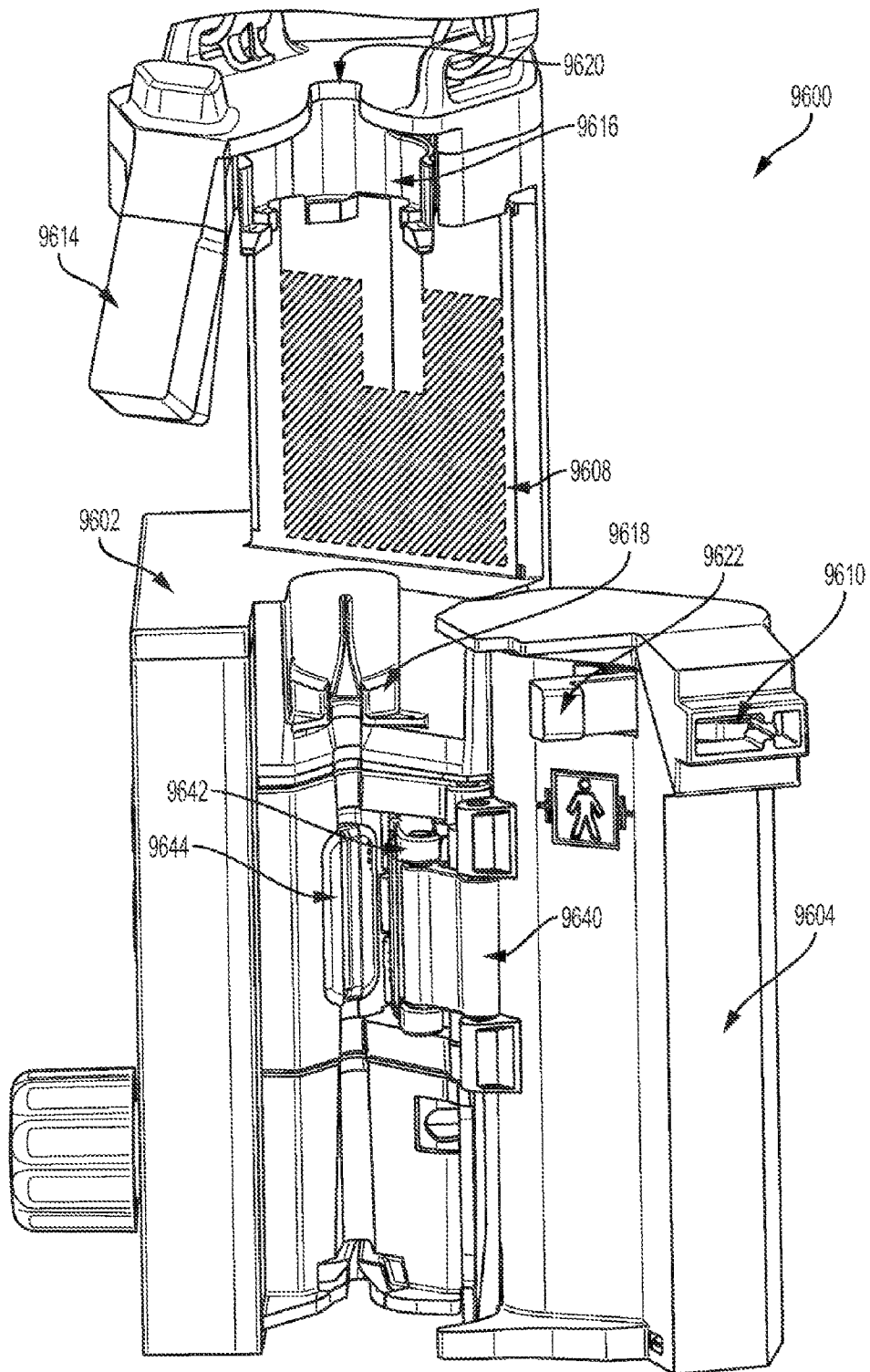


FIG. 96L

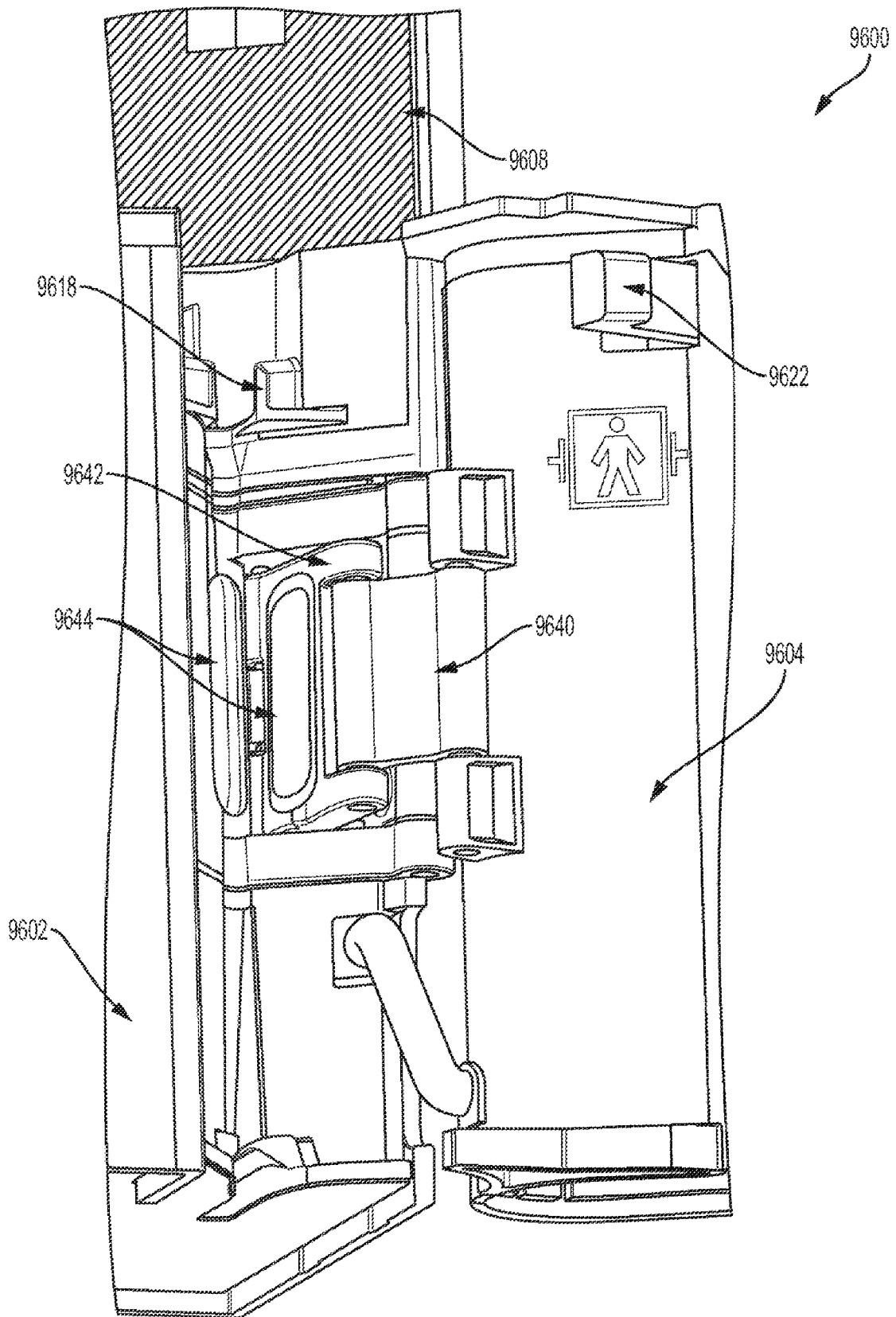
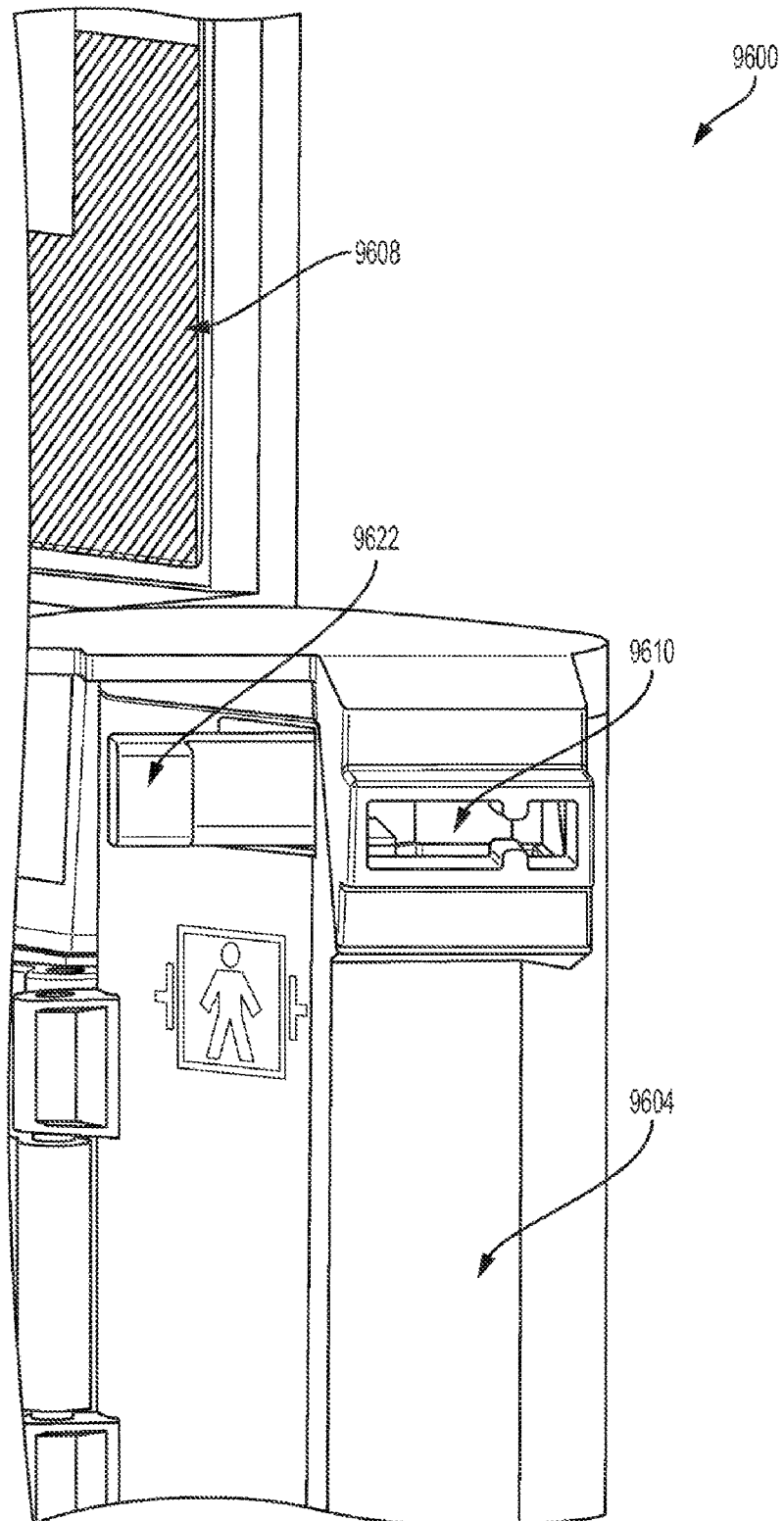


FIG. 96M



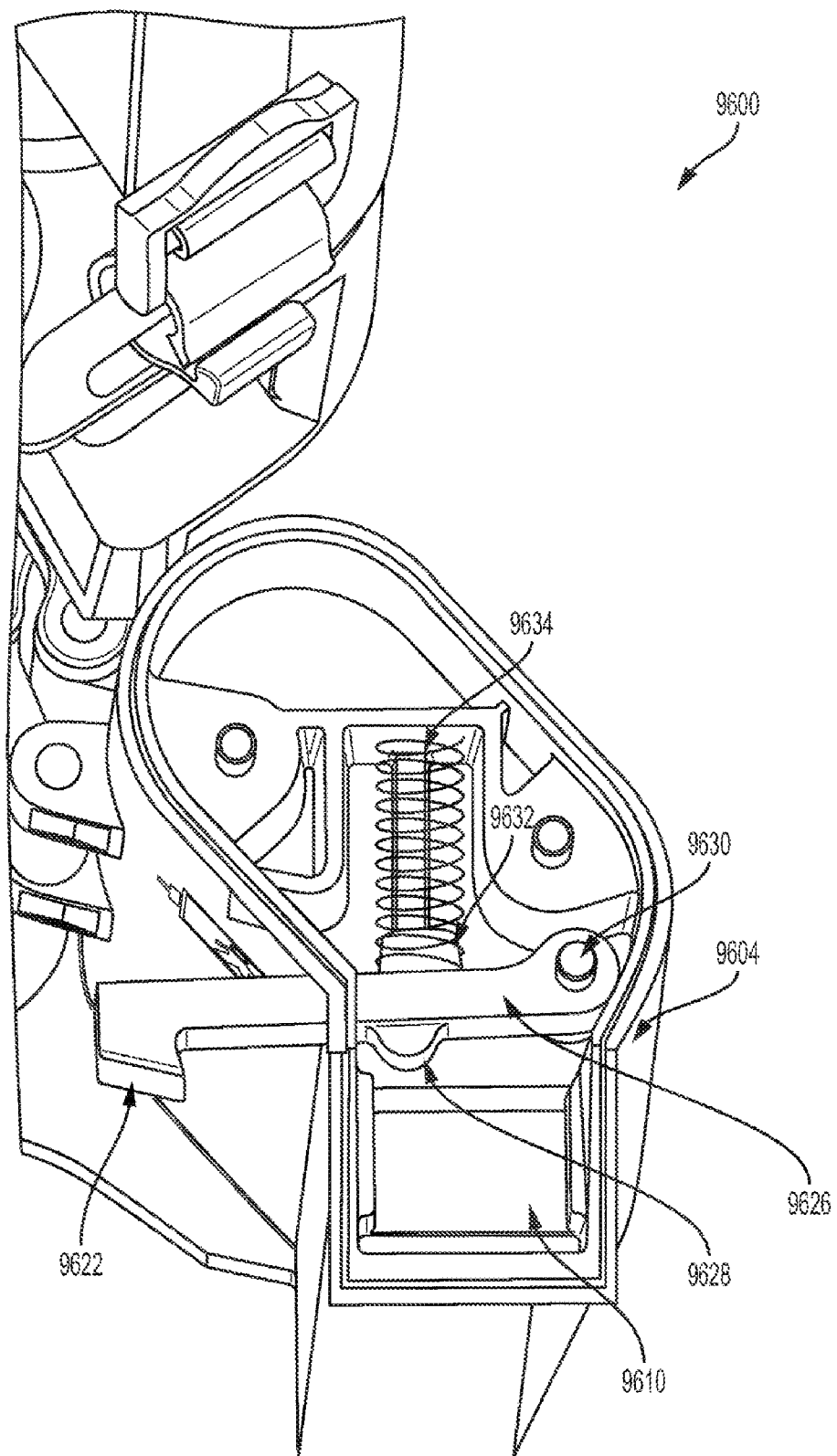


FIG. 960

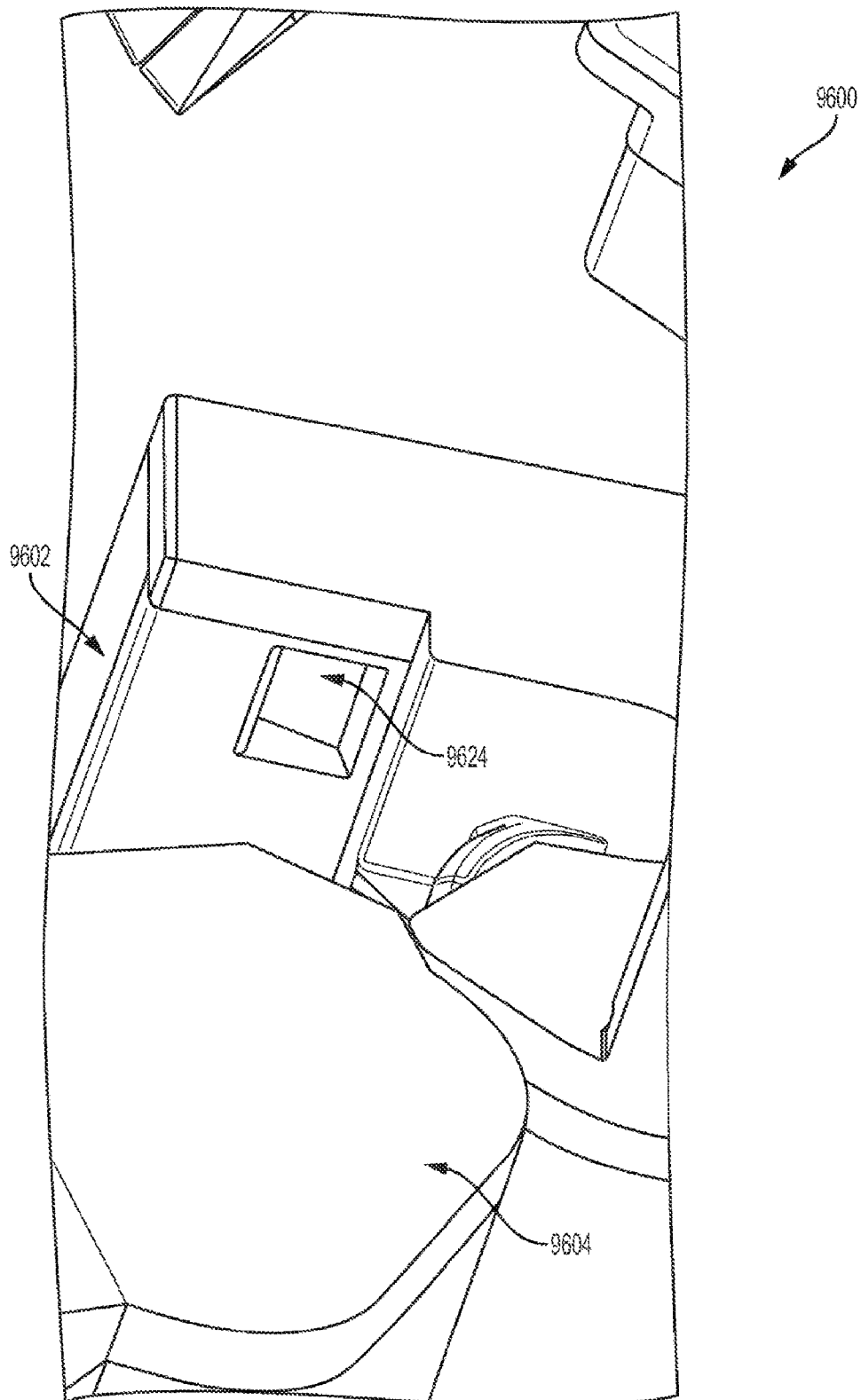


FIG. 96P

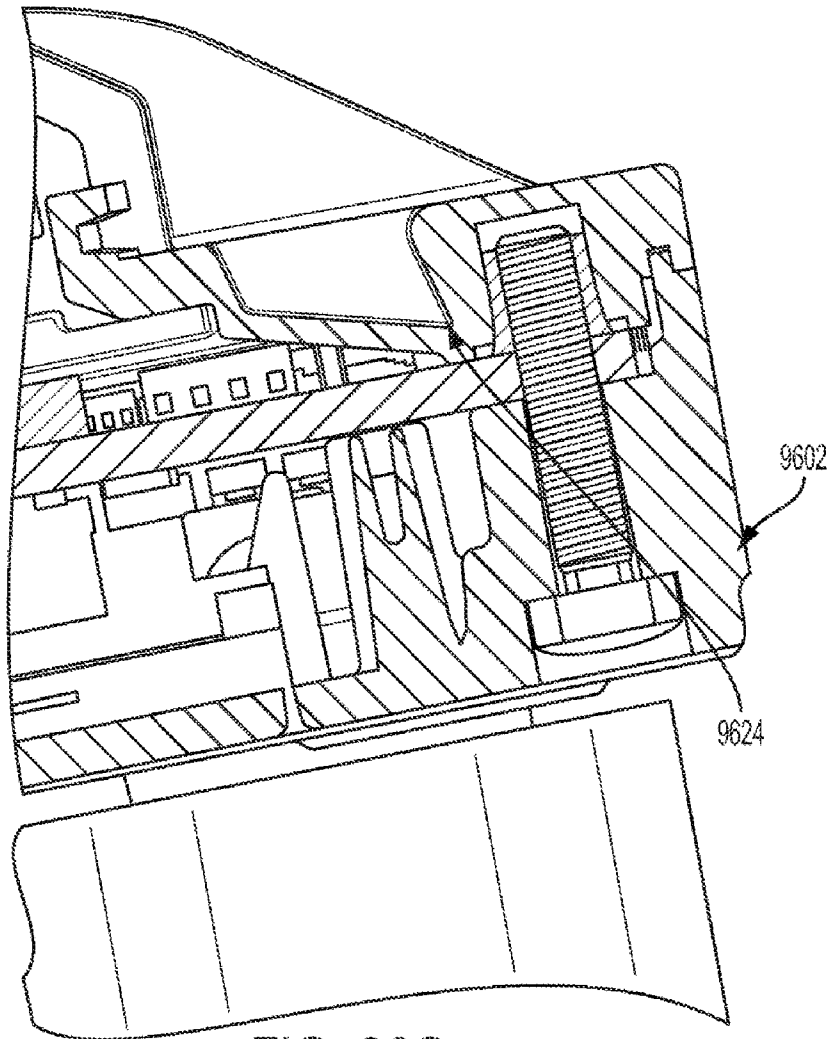


FIG. 96Q

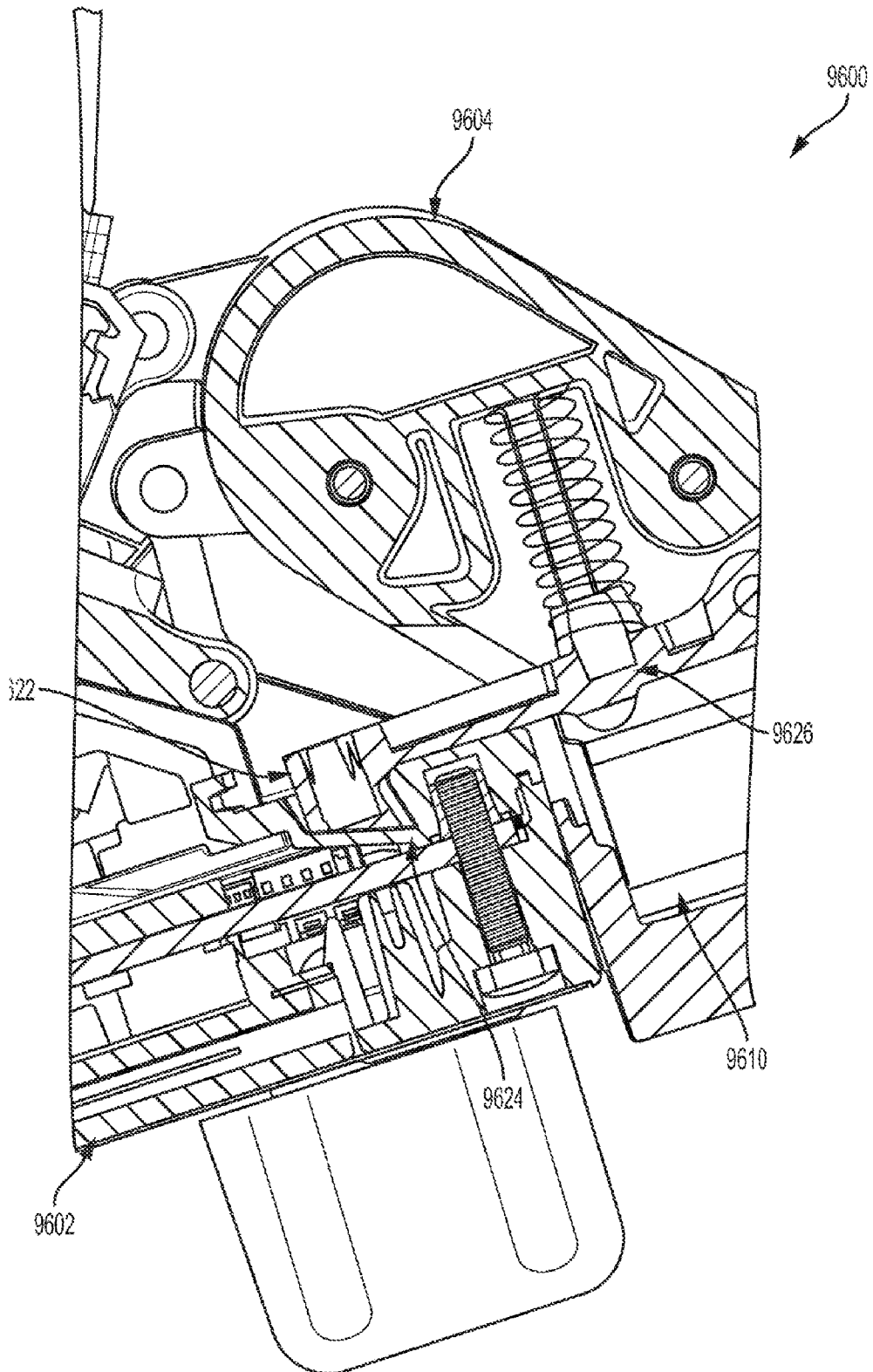


FIG. 96R

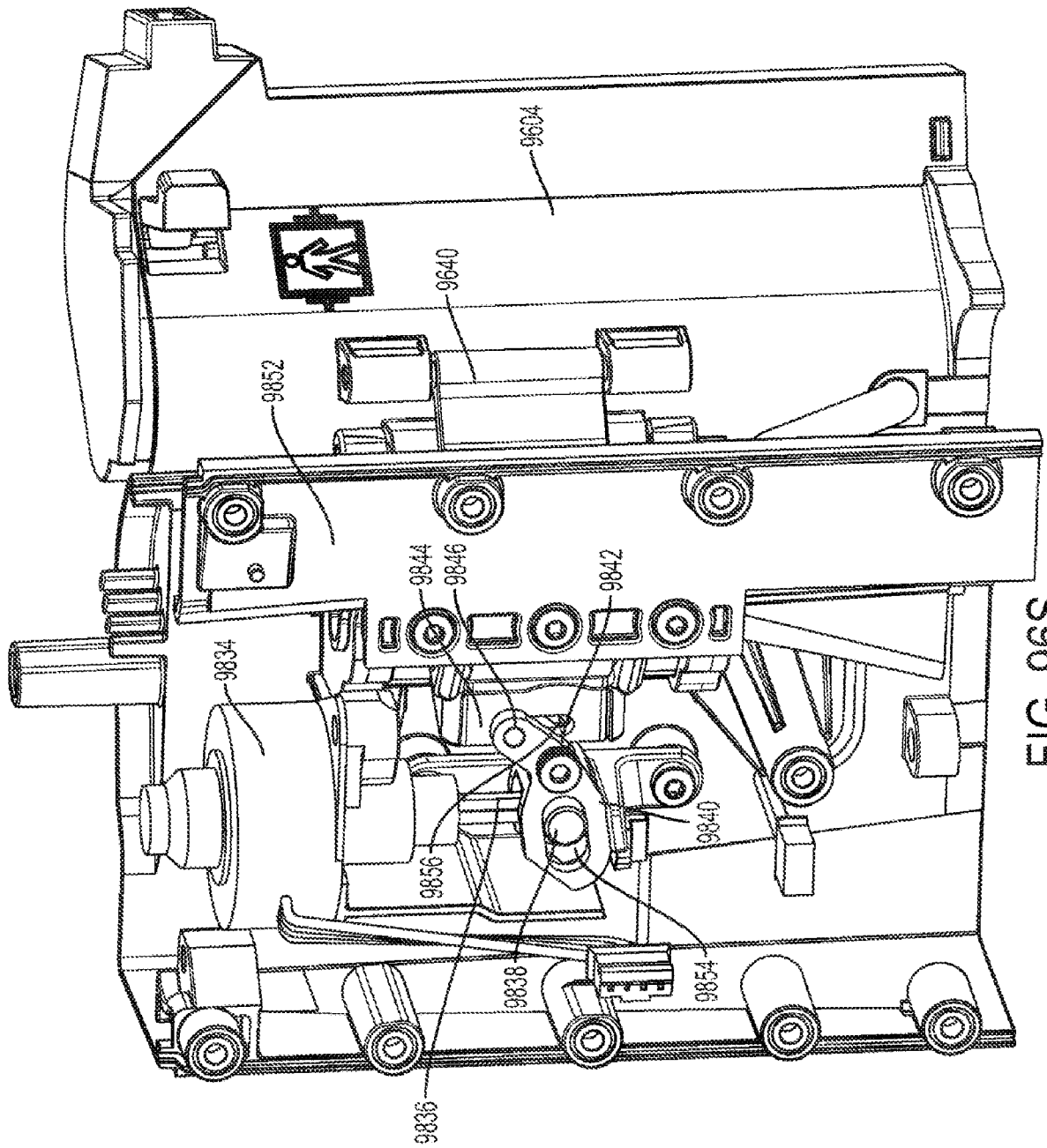


FIG. 96S

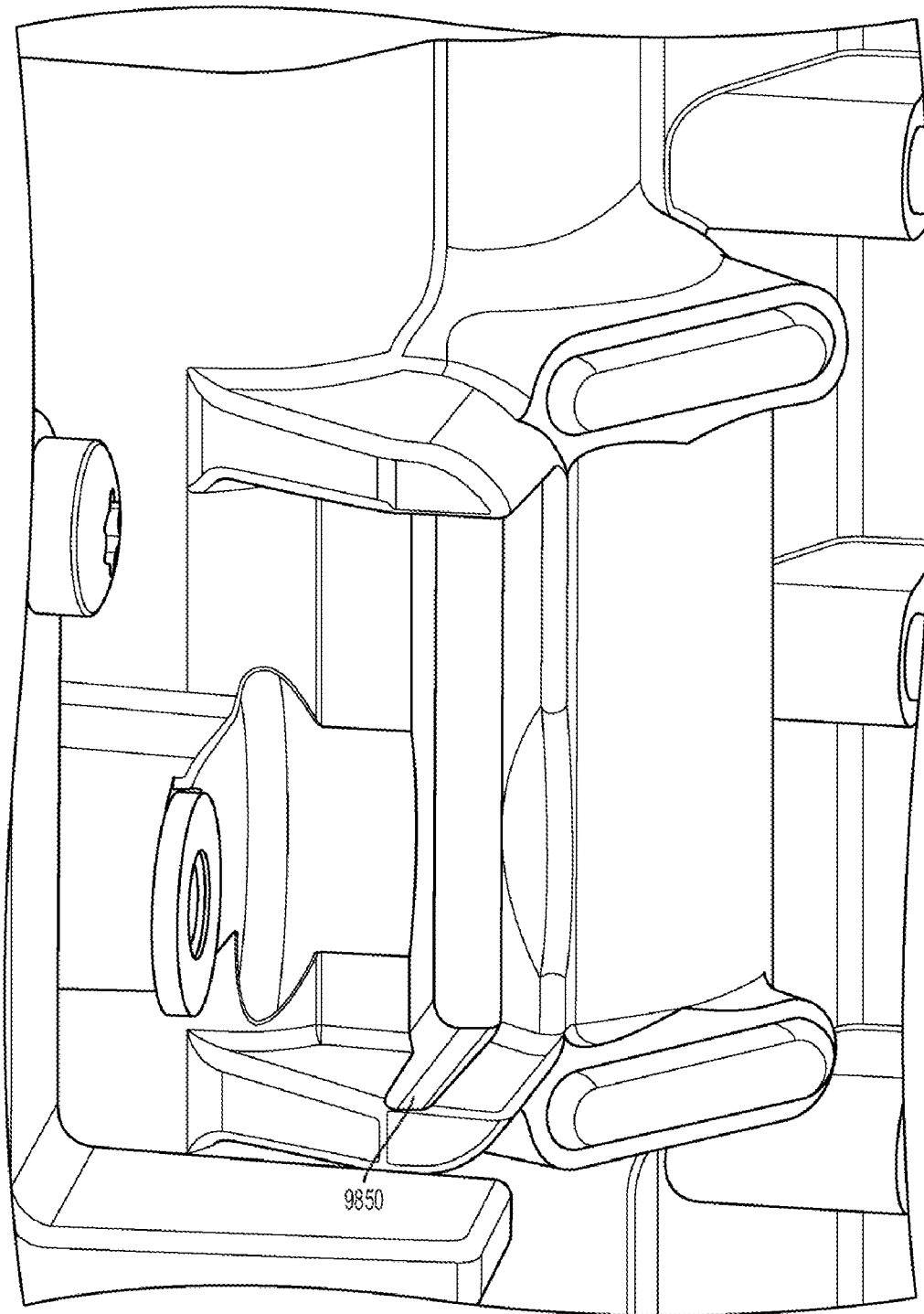


FIG. 96T

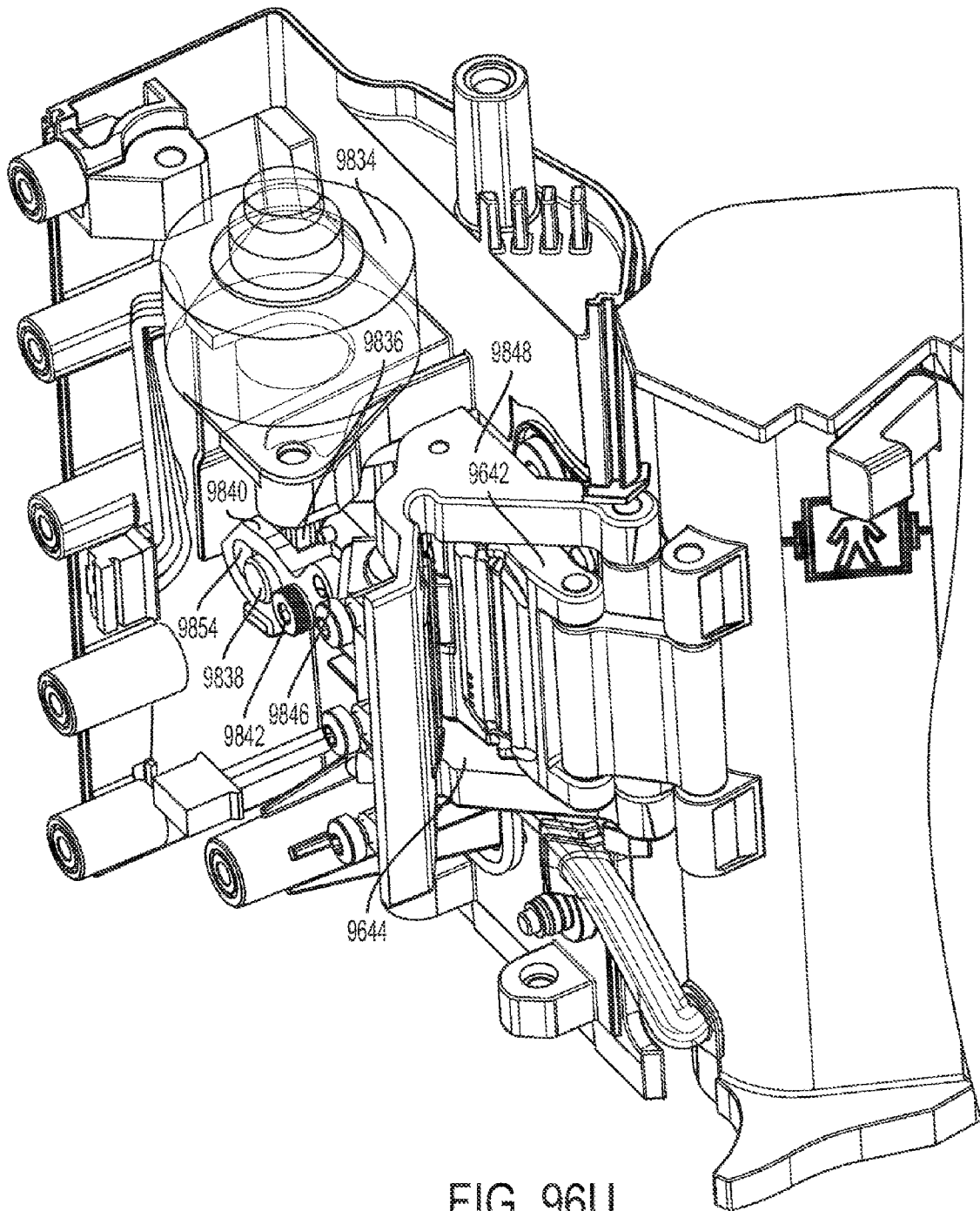


FIG. 96U

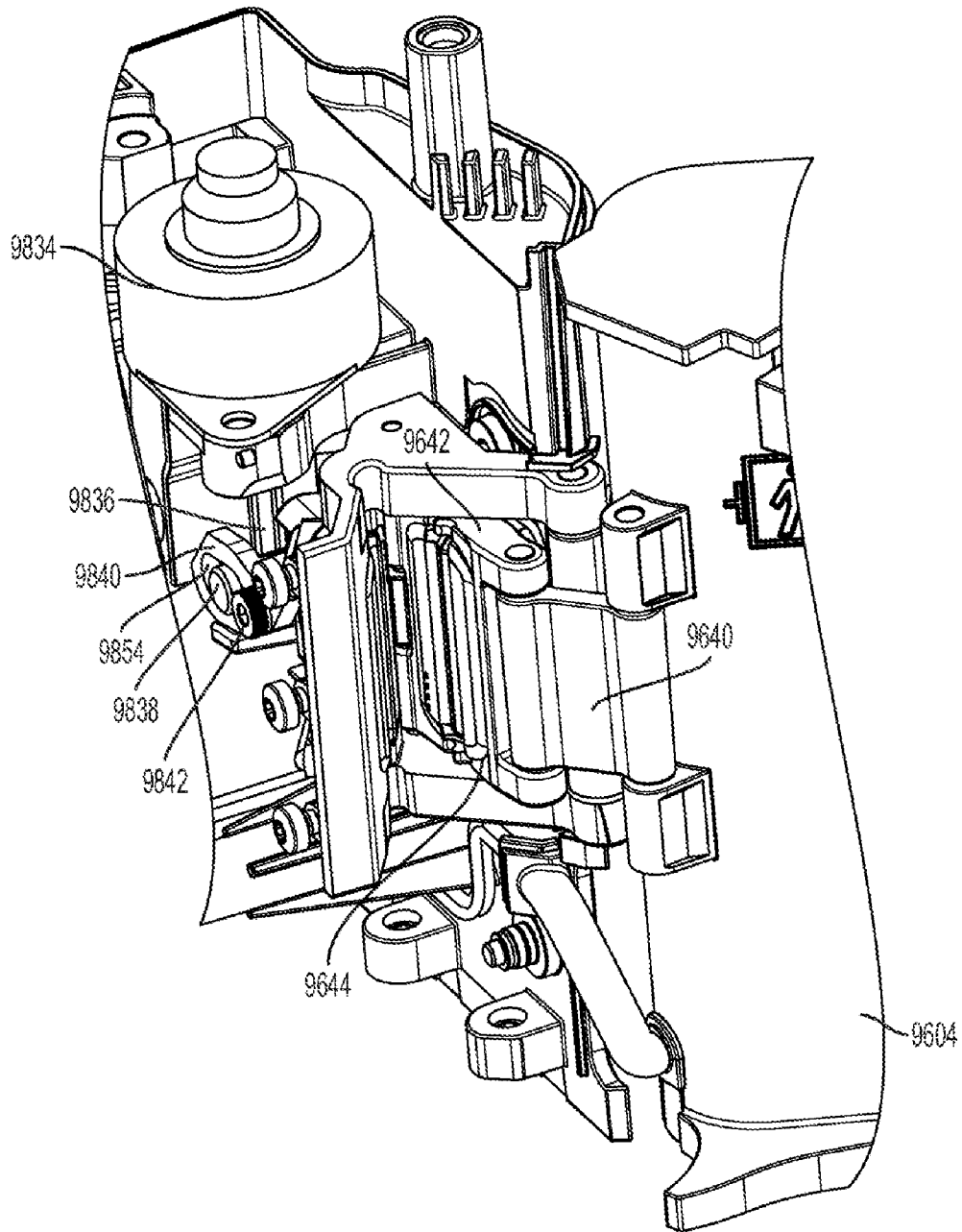


FIG. 96V

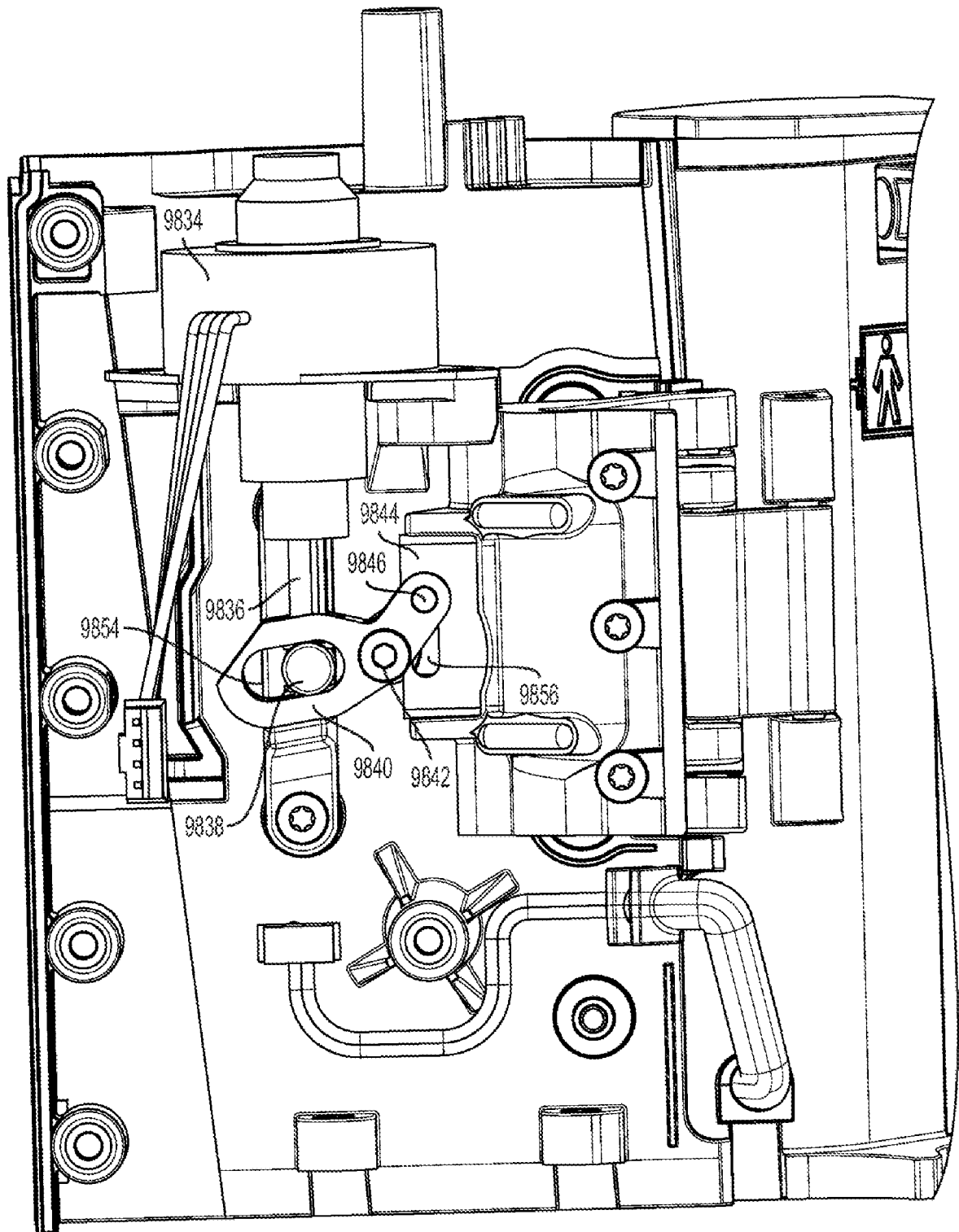
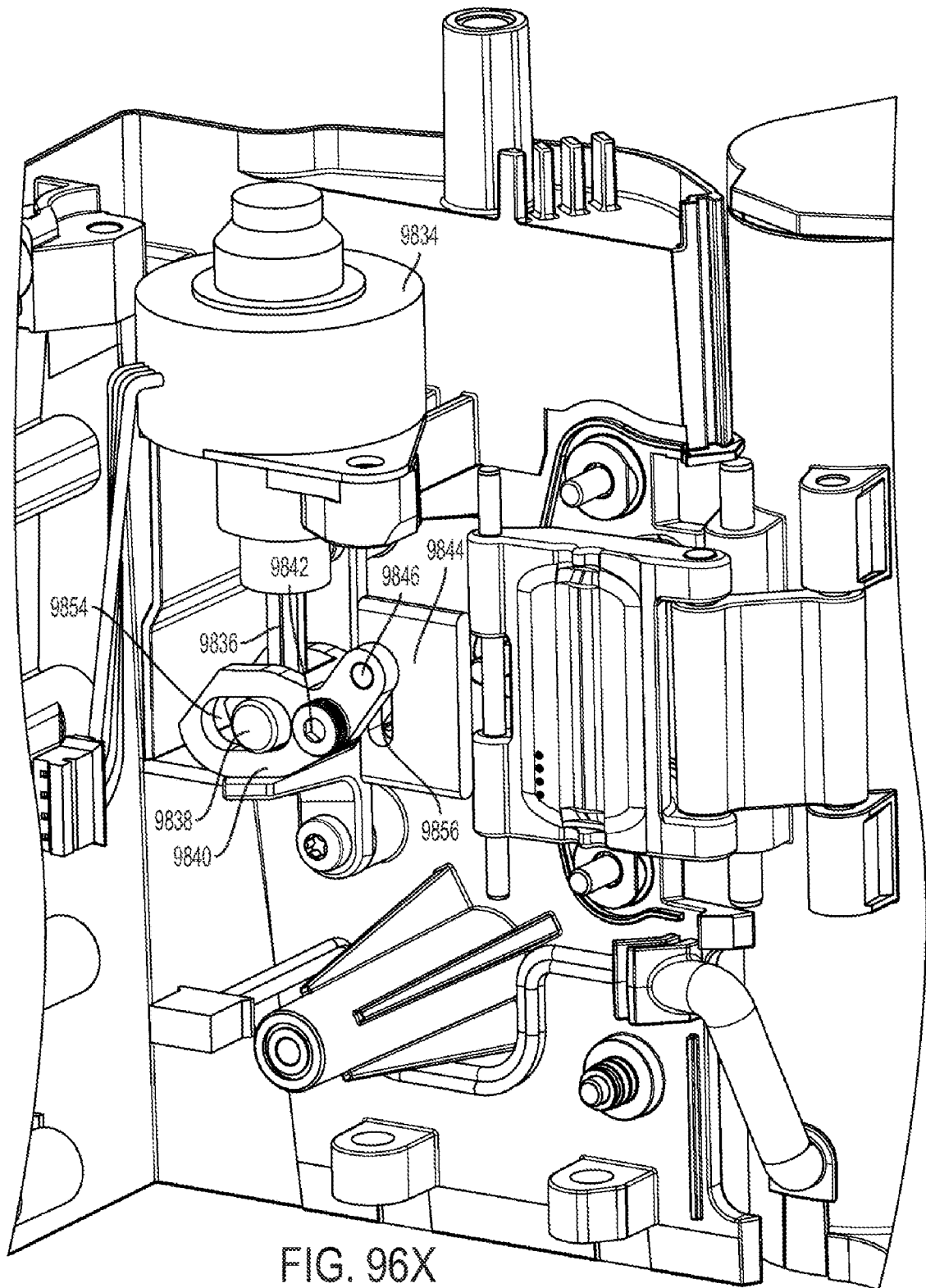
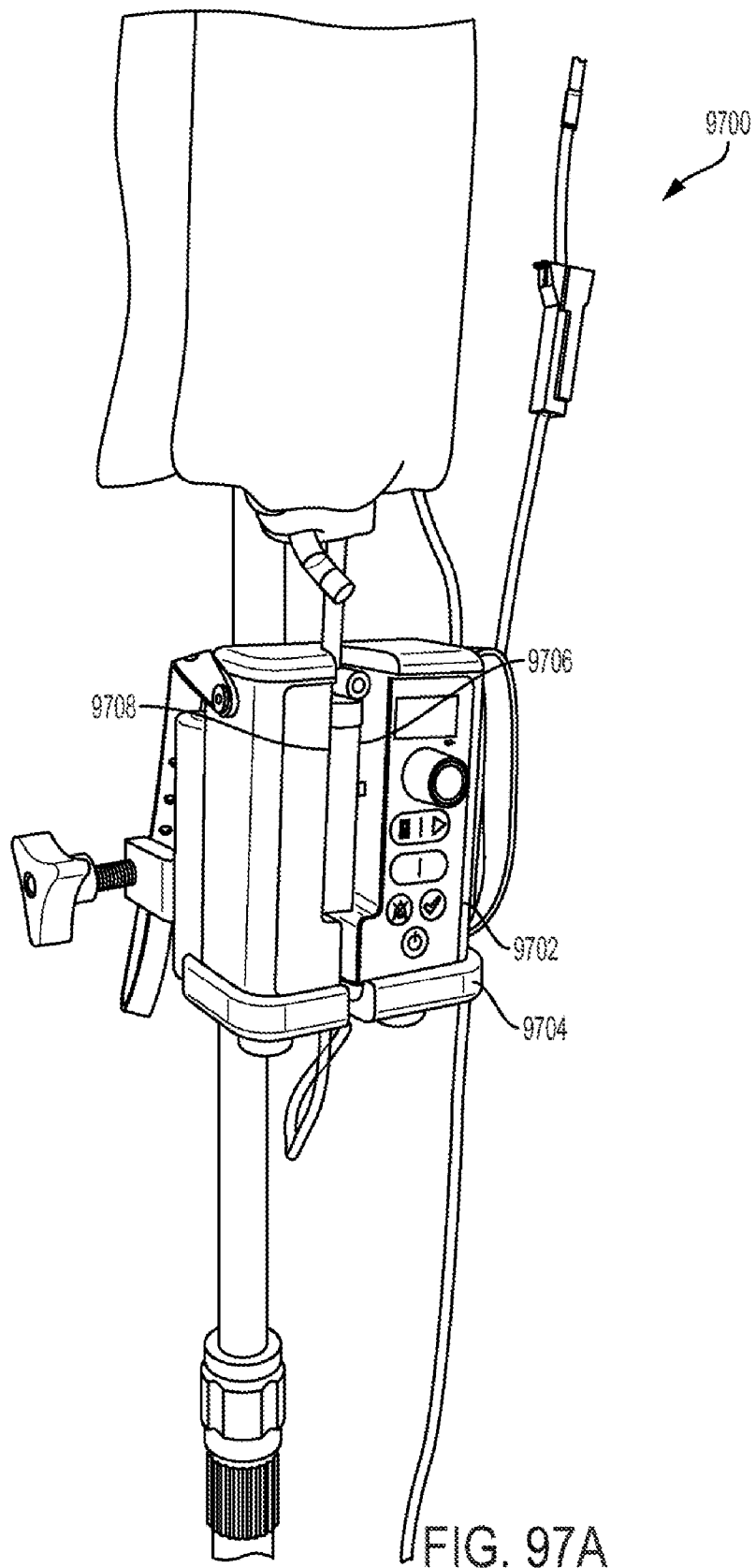
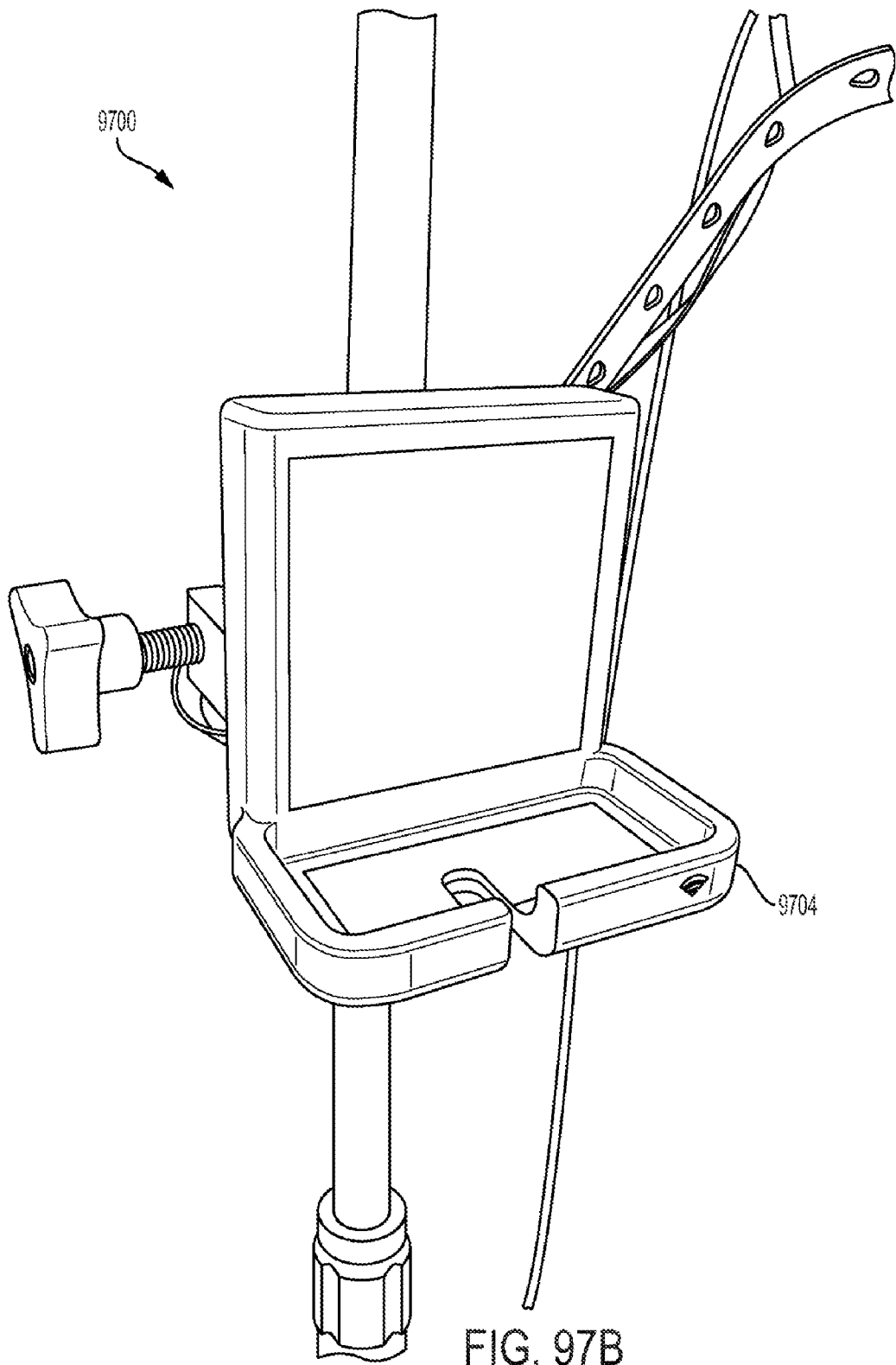
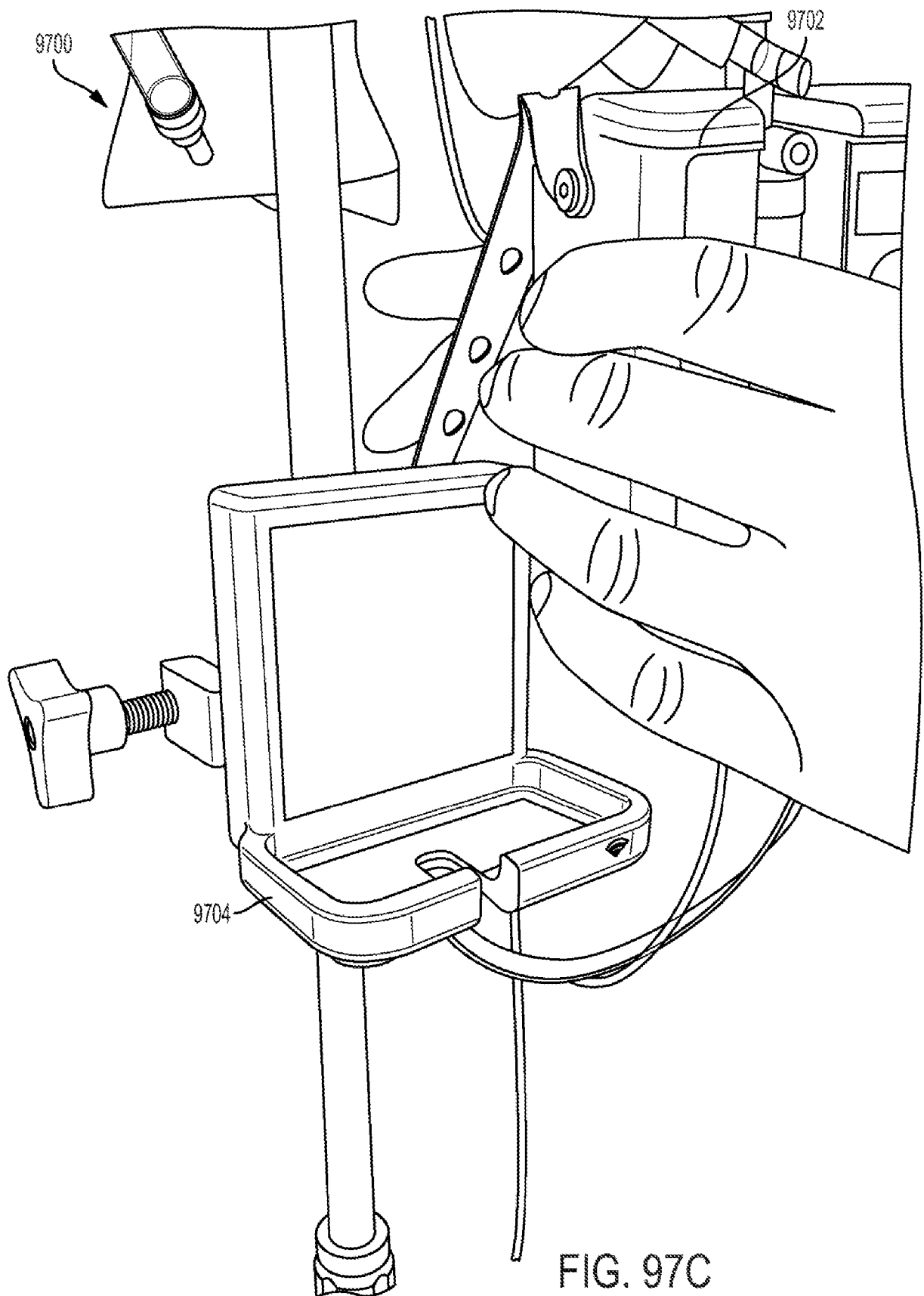


FIG. 96W









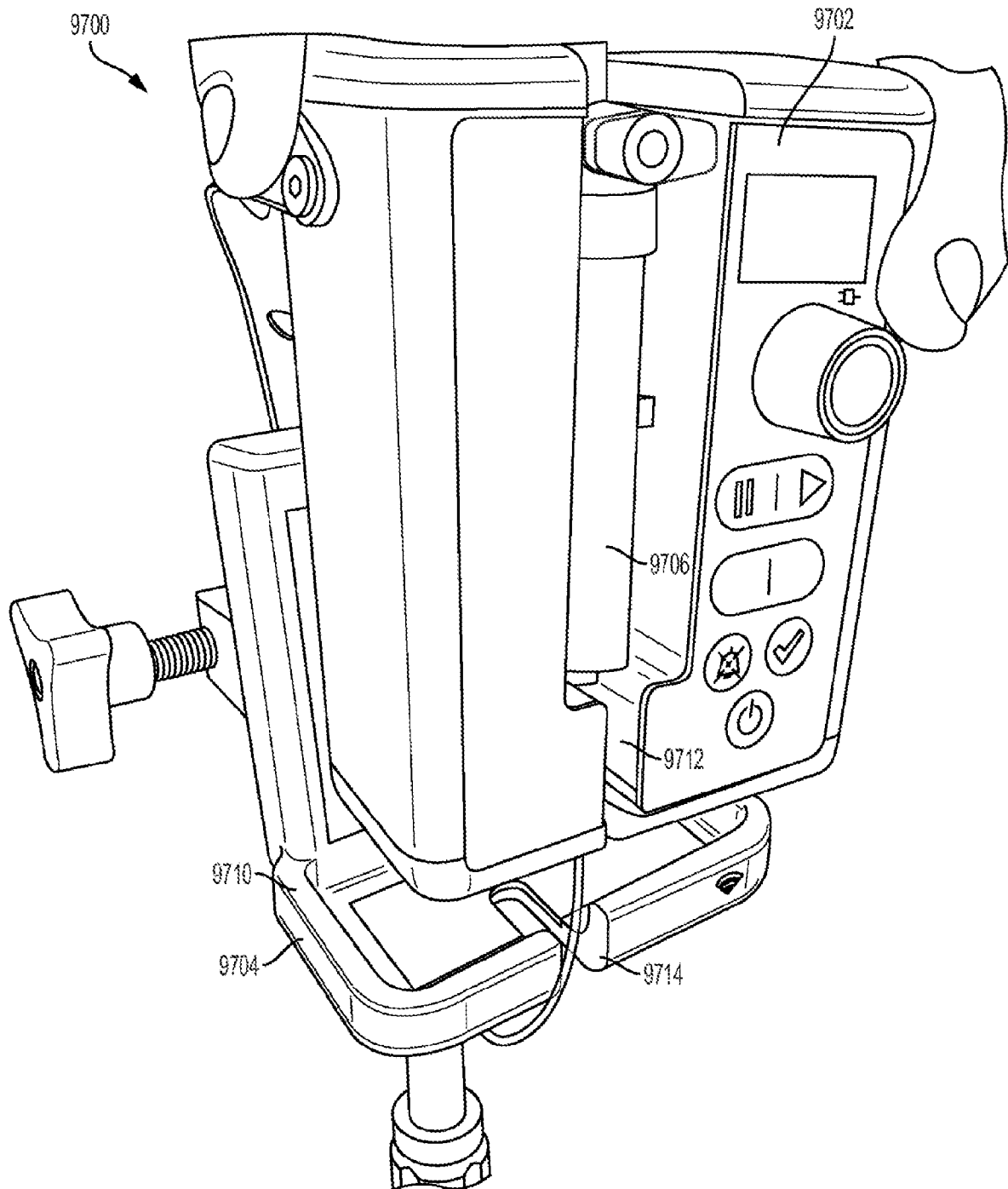


FIG. 97D

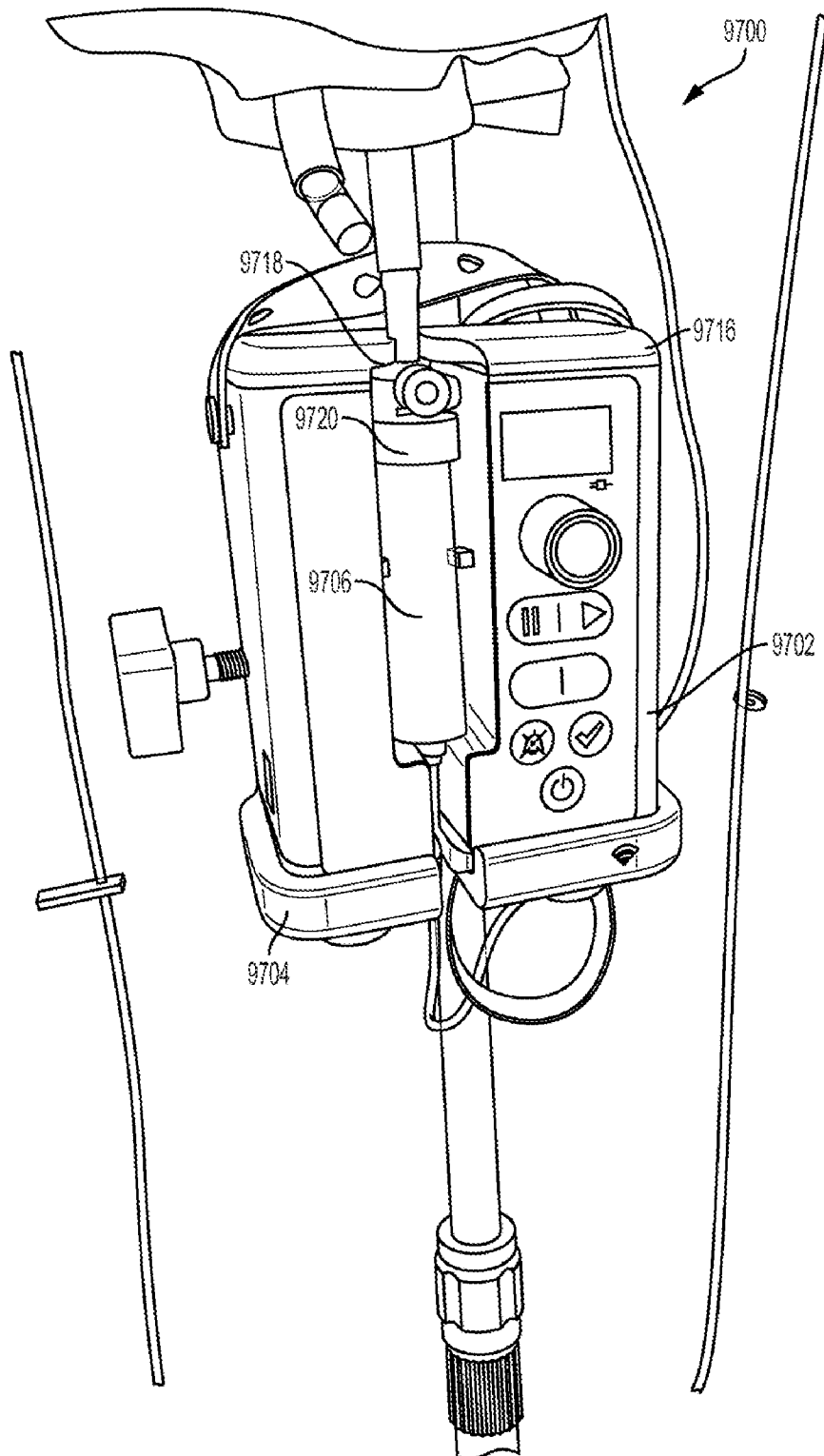
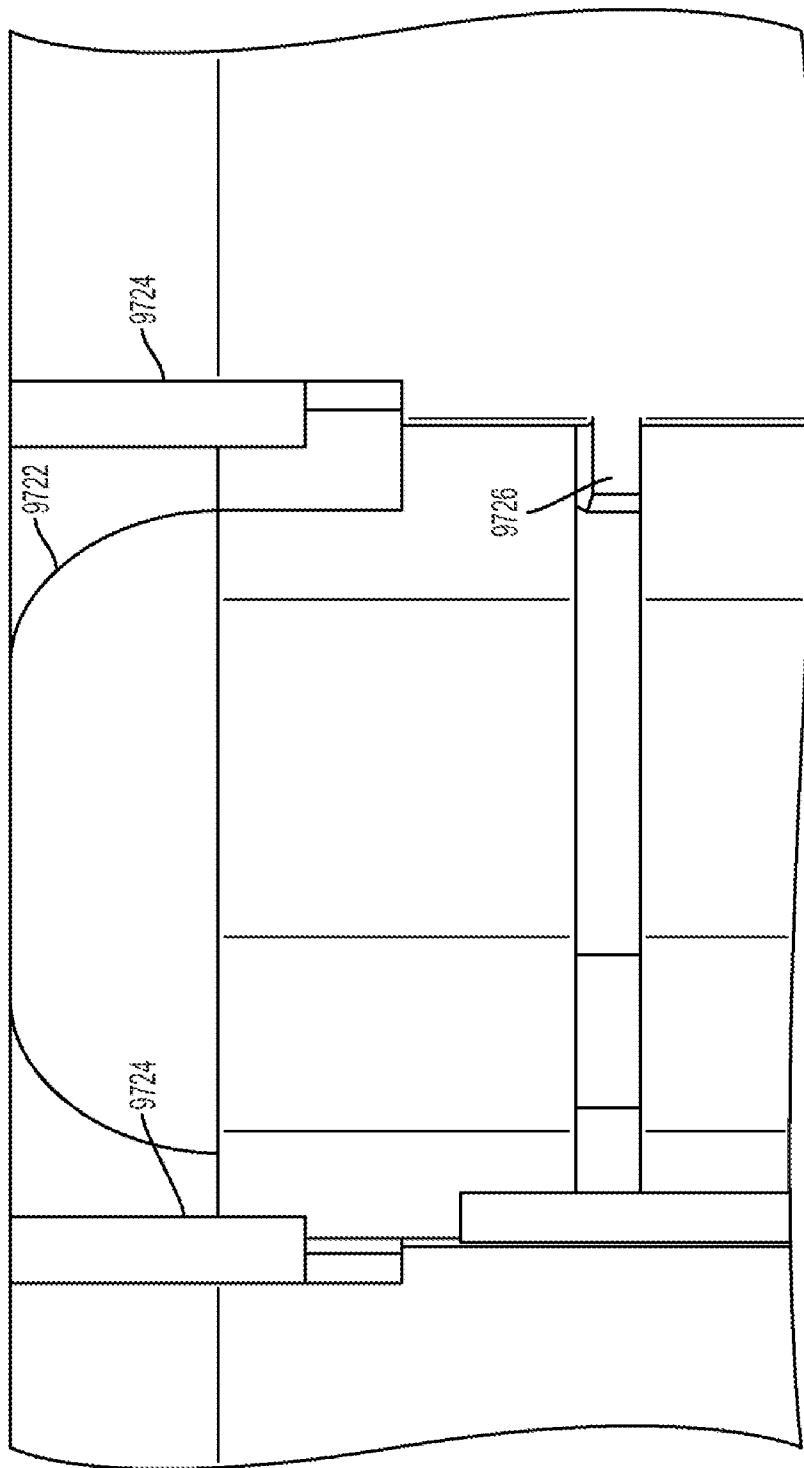


FIG. 97E



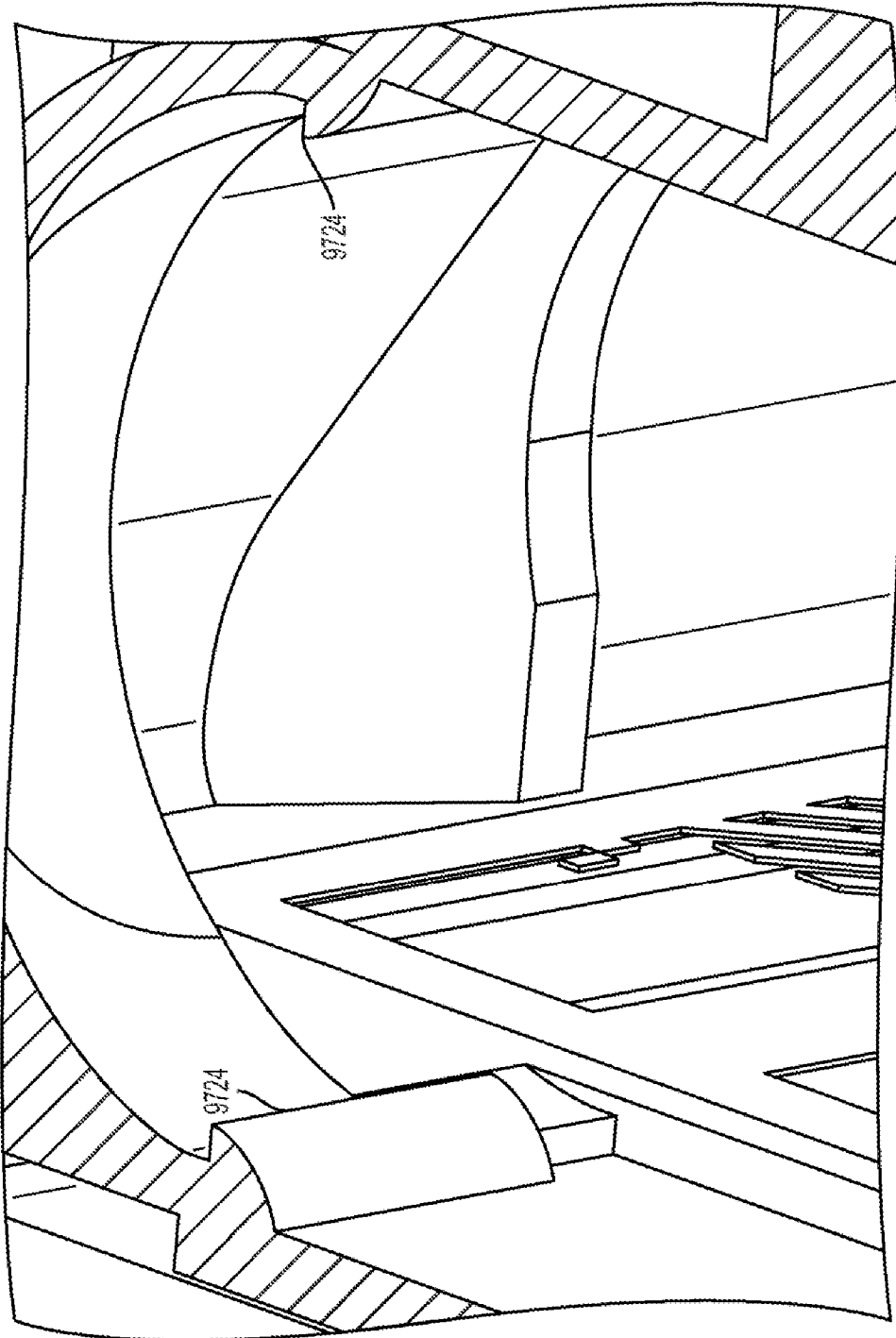


FIG. 97G

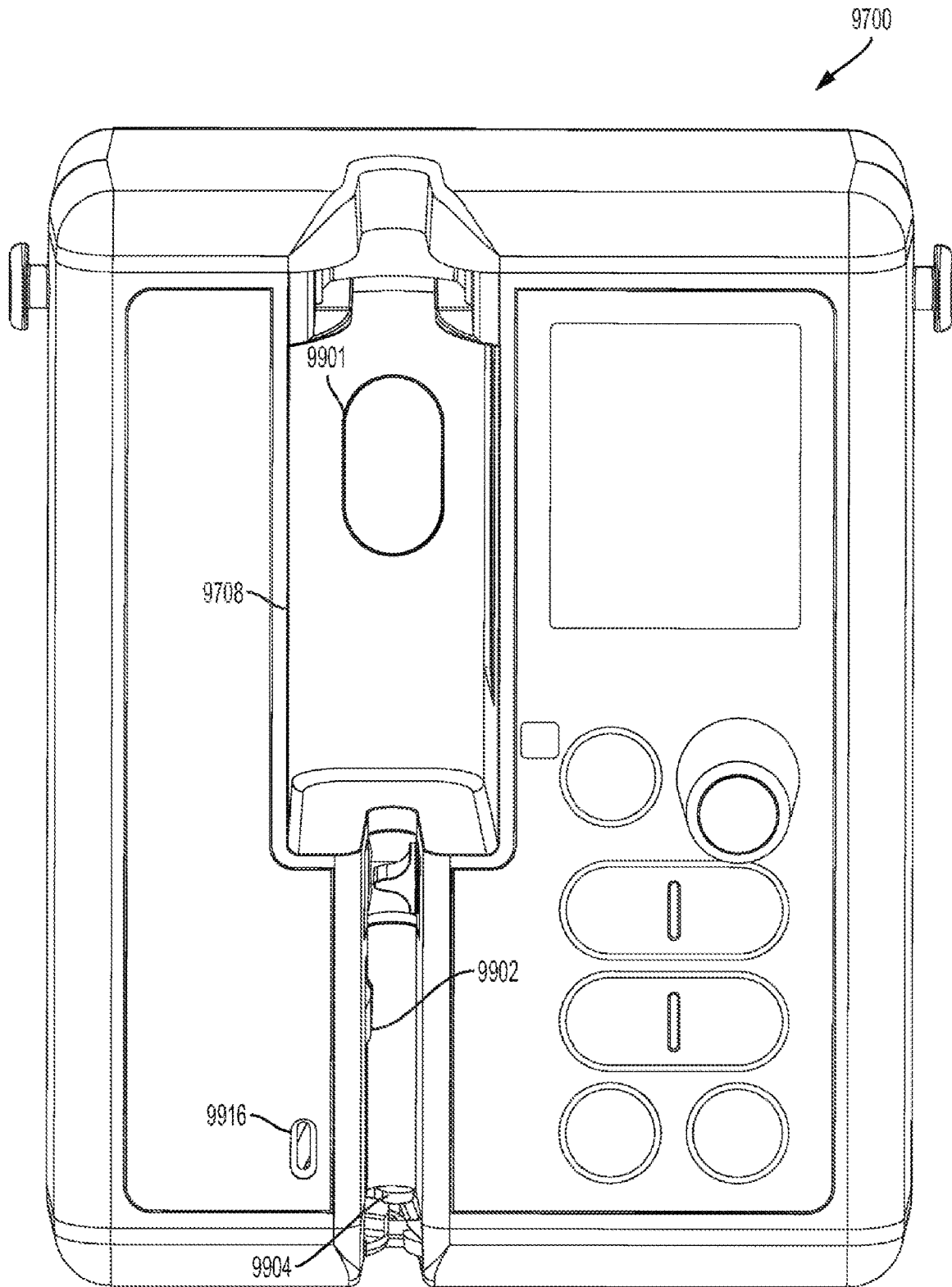
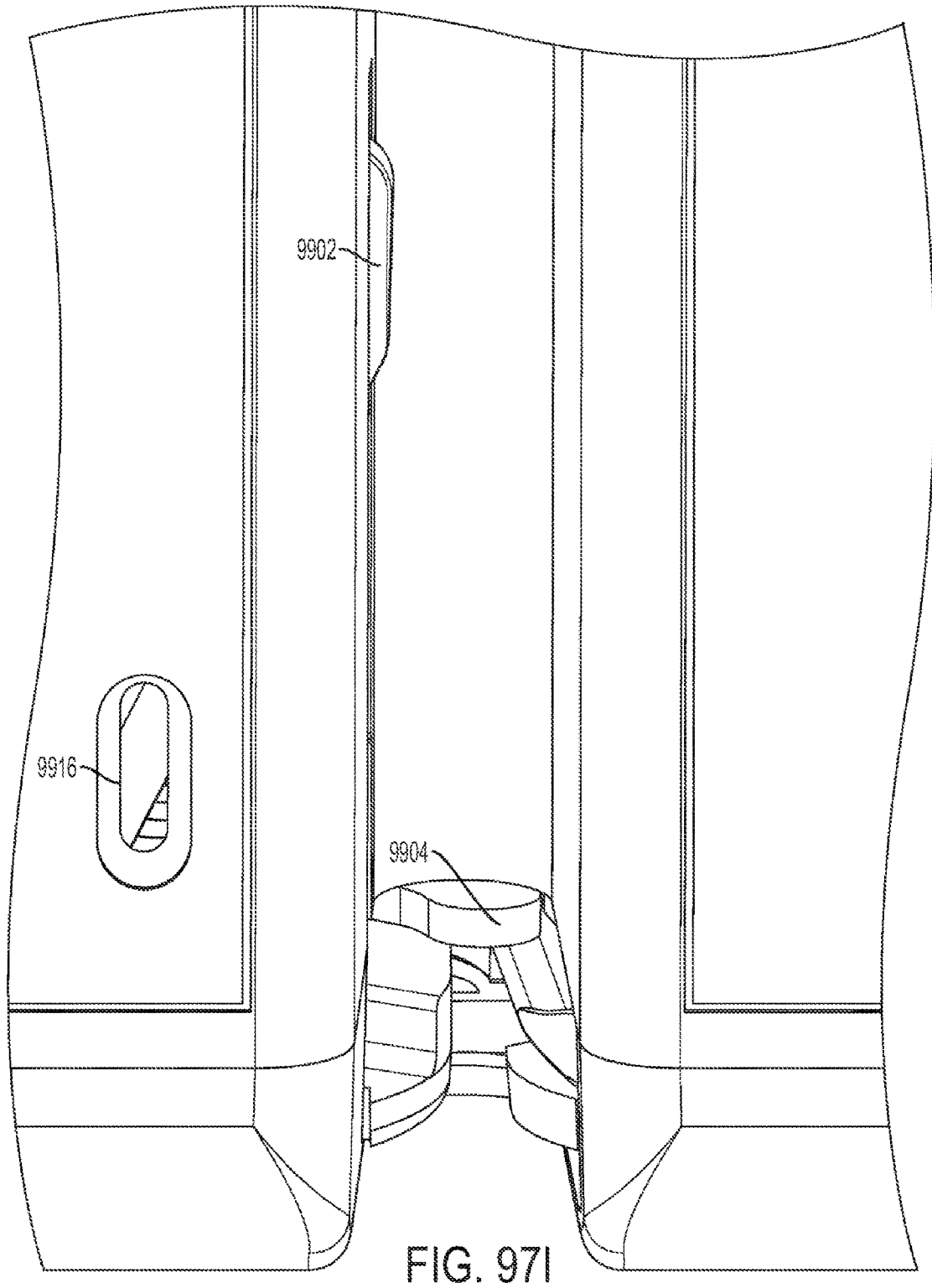


FIG. 97H



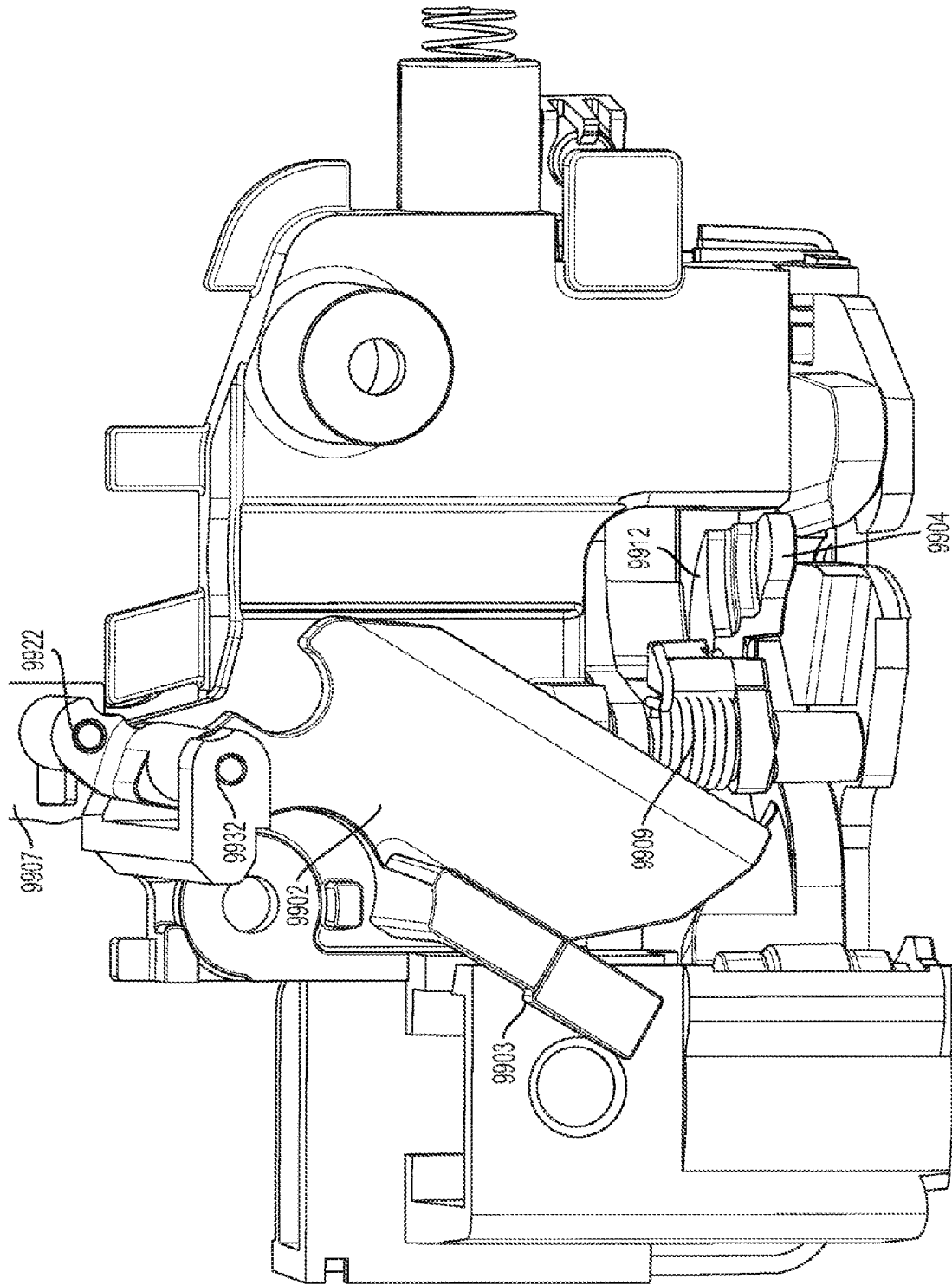


FIG. 97J

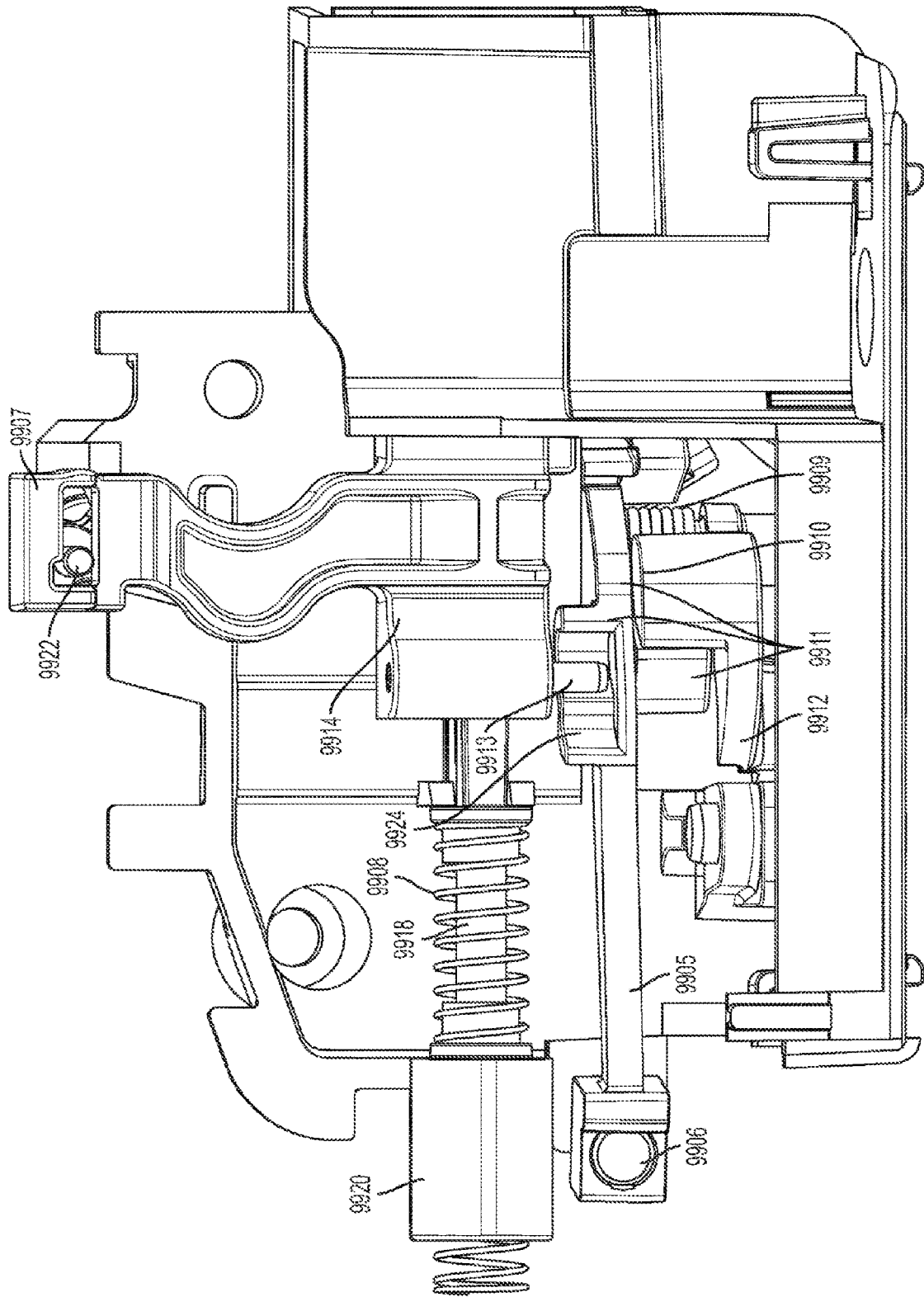


FIG. 97K

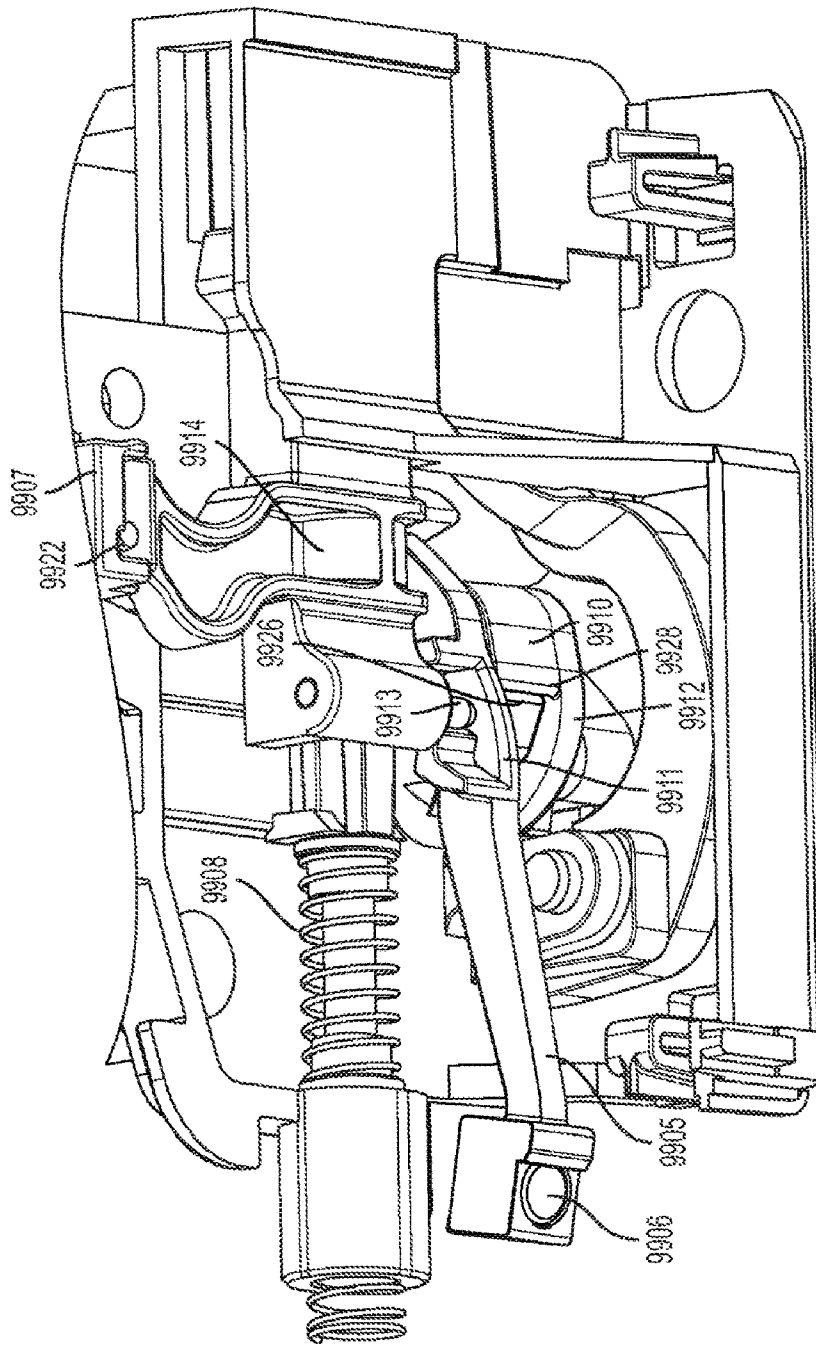


FIG. 97L

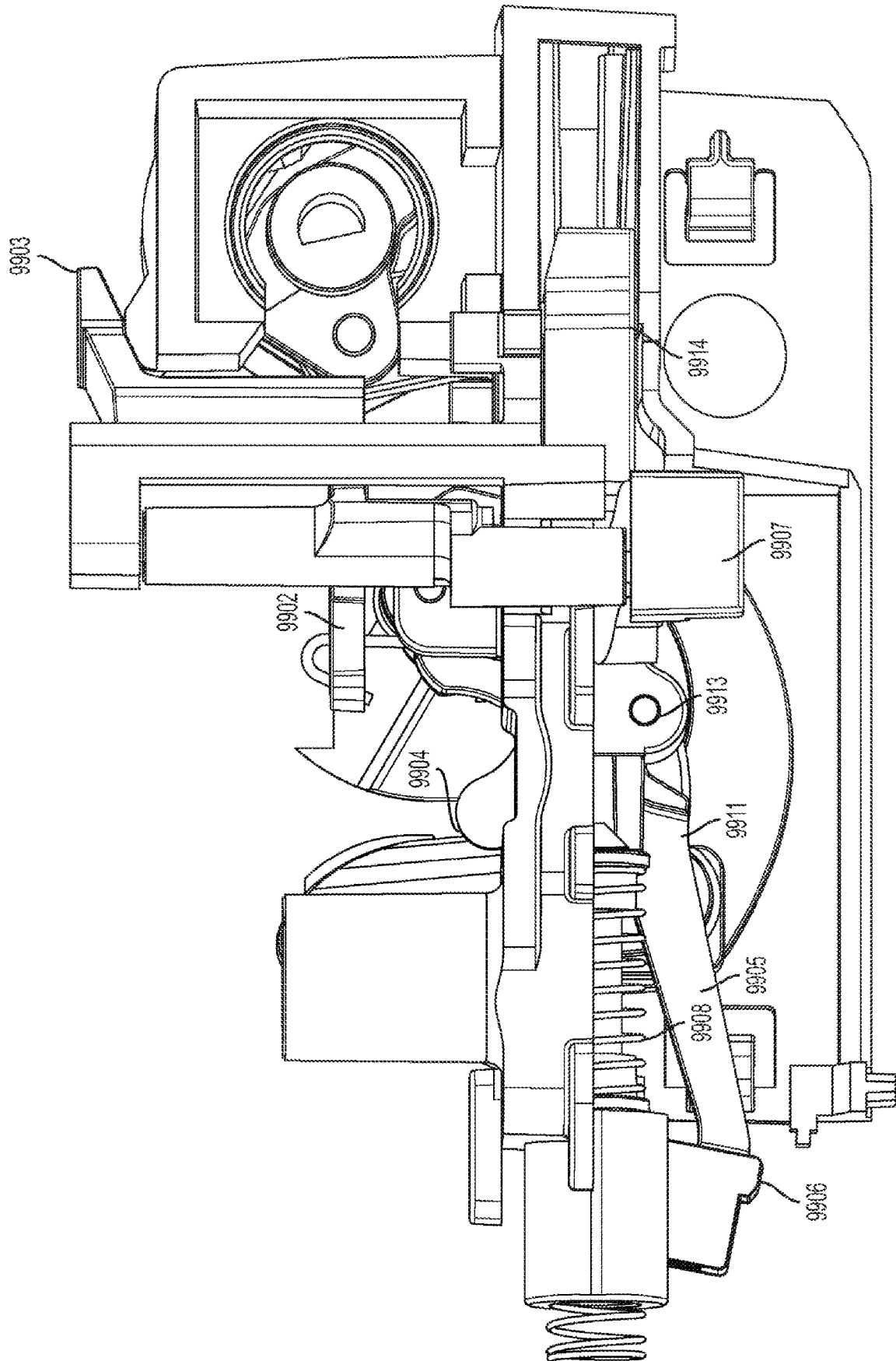


FIG. 97M

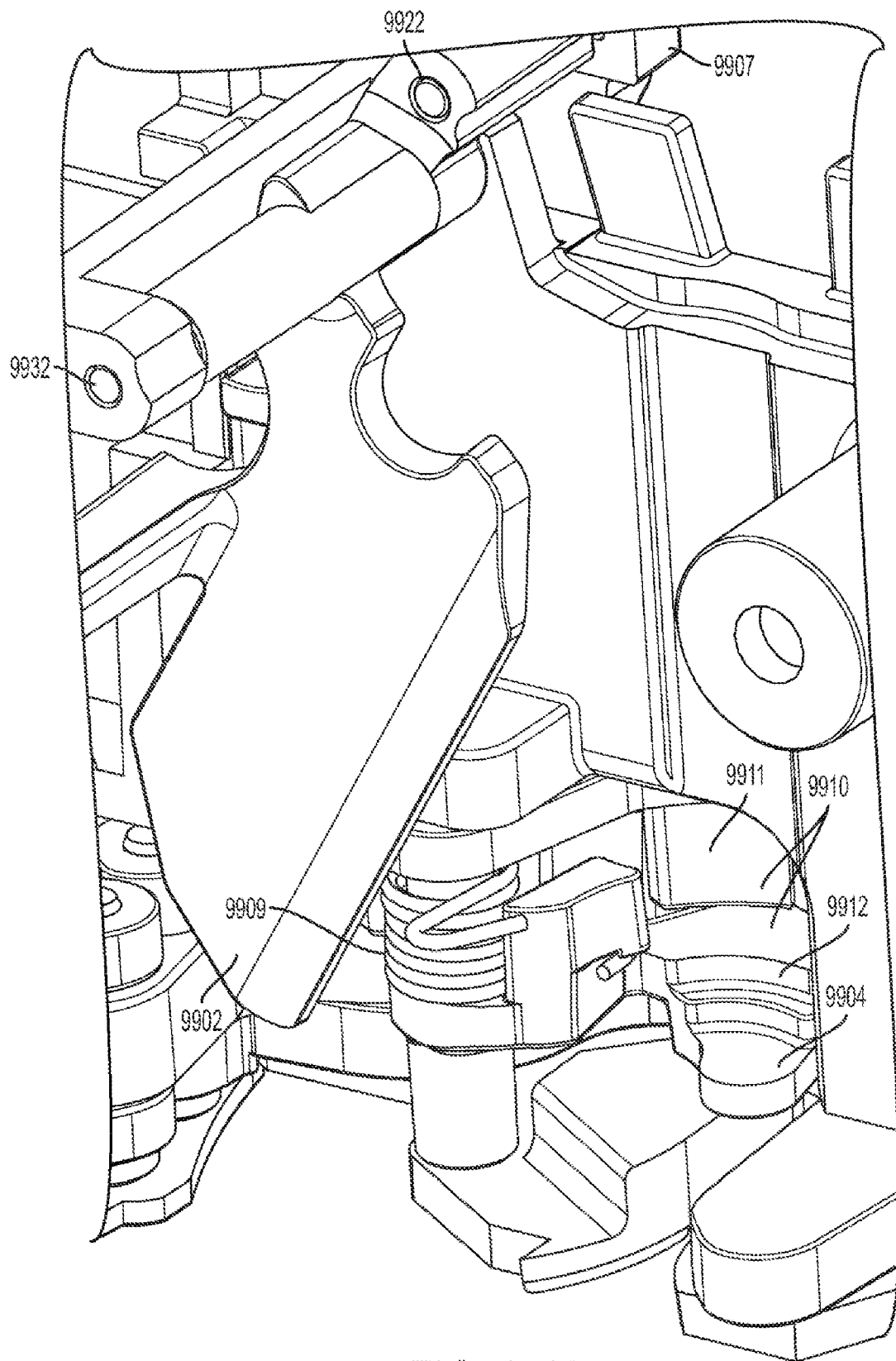
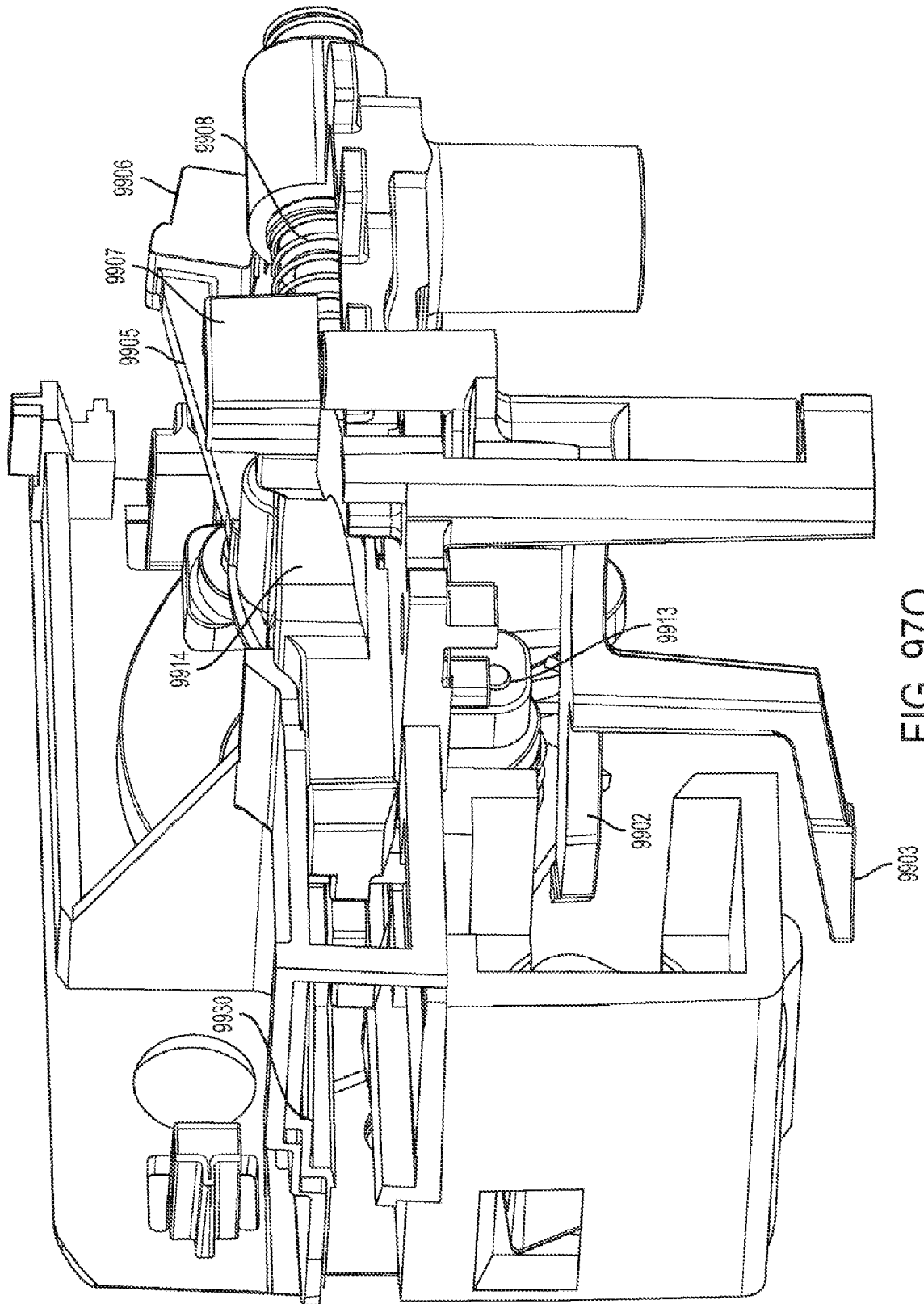


FIG. 97N



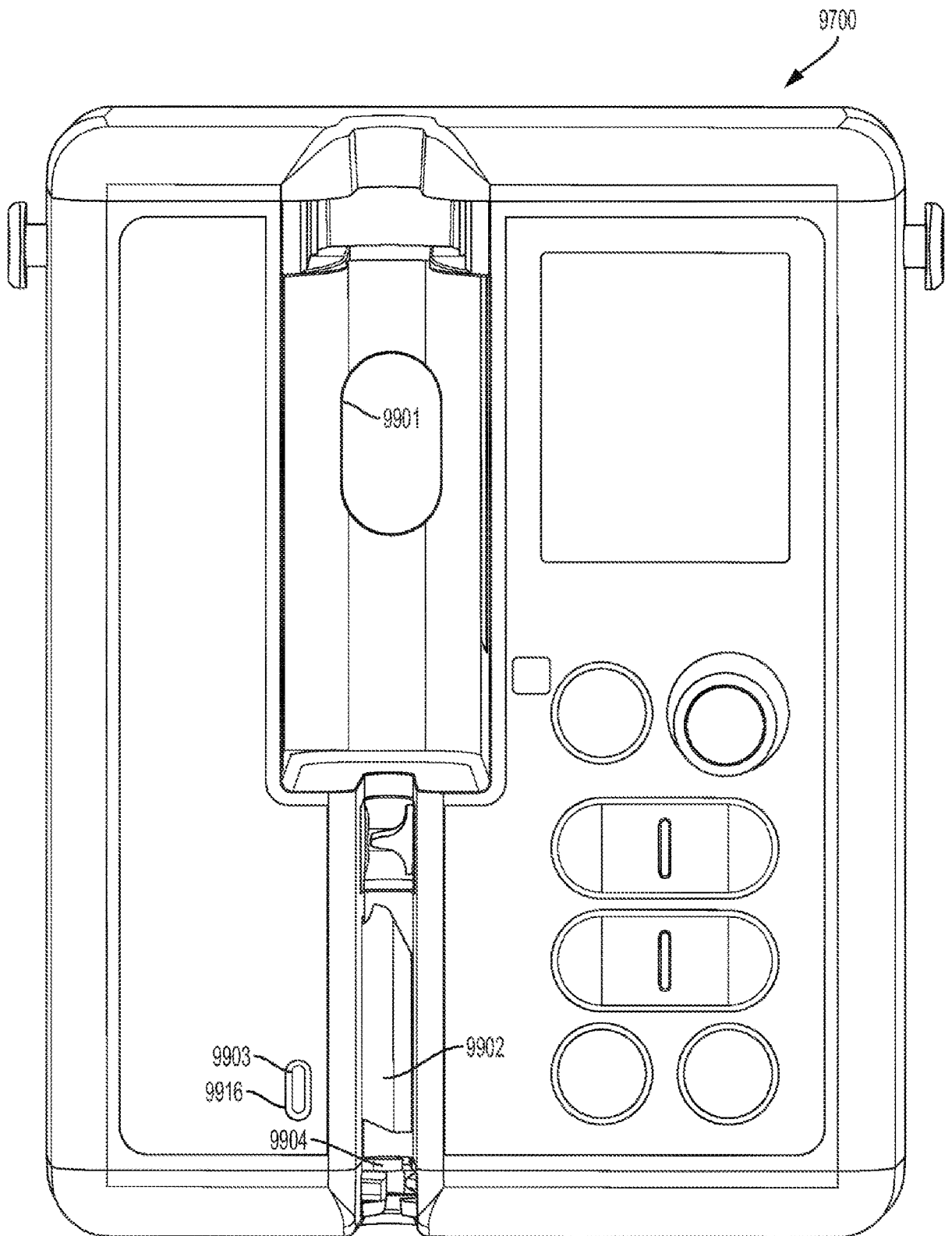


FIG. 97P

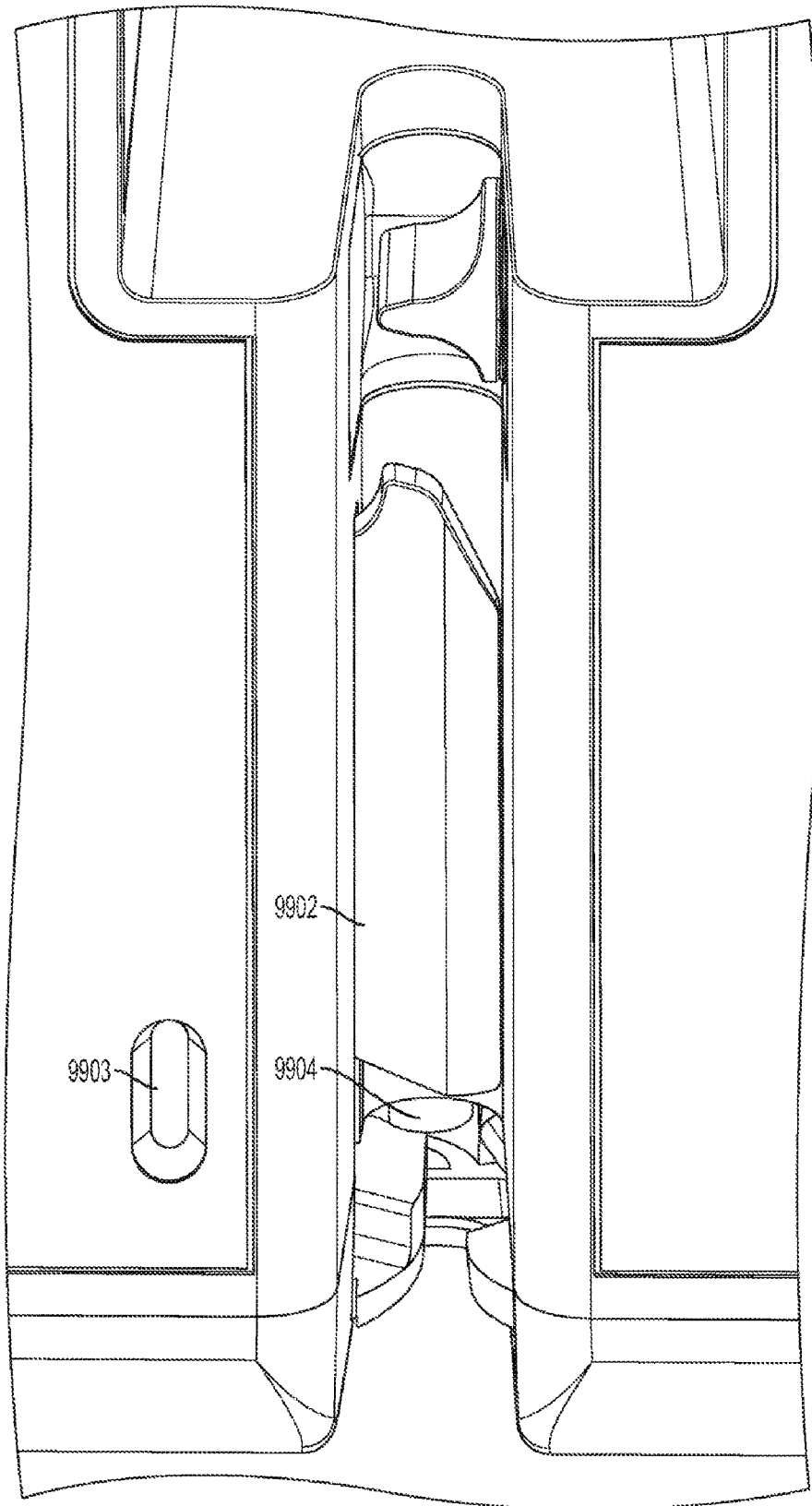


FIG. 97Q

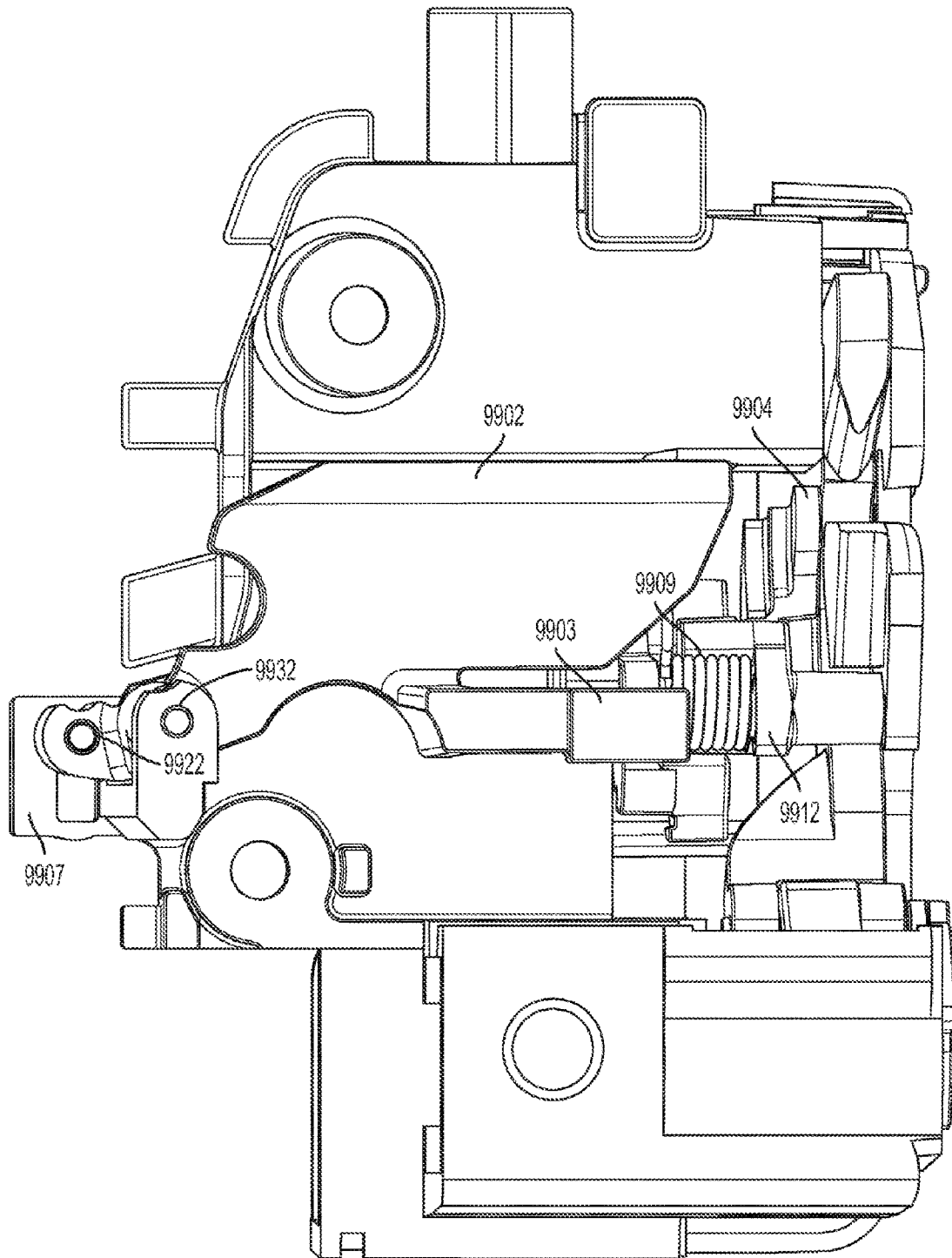


FIG. 97R

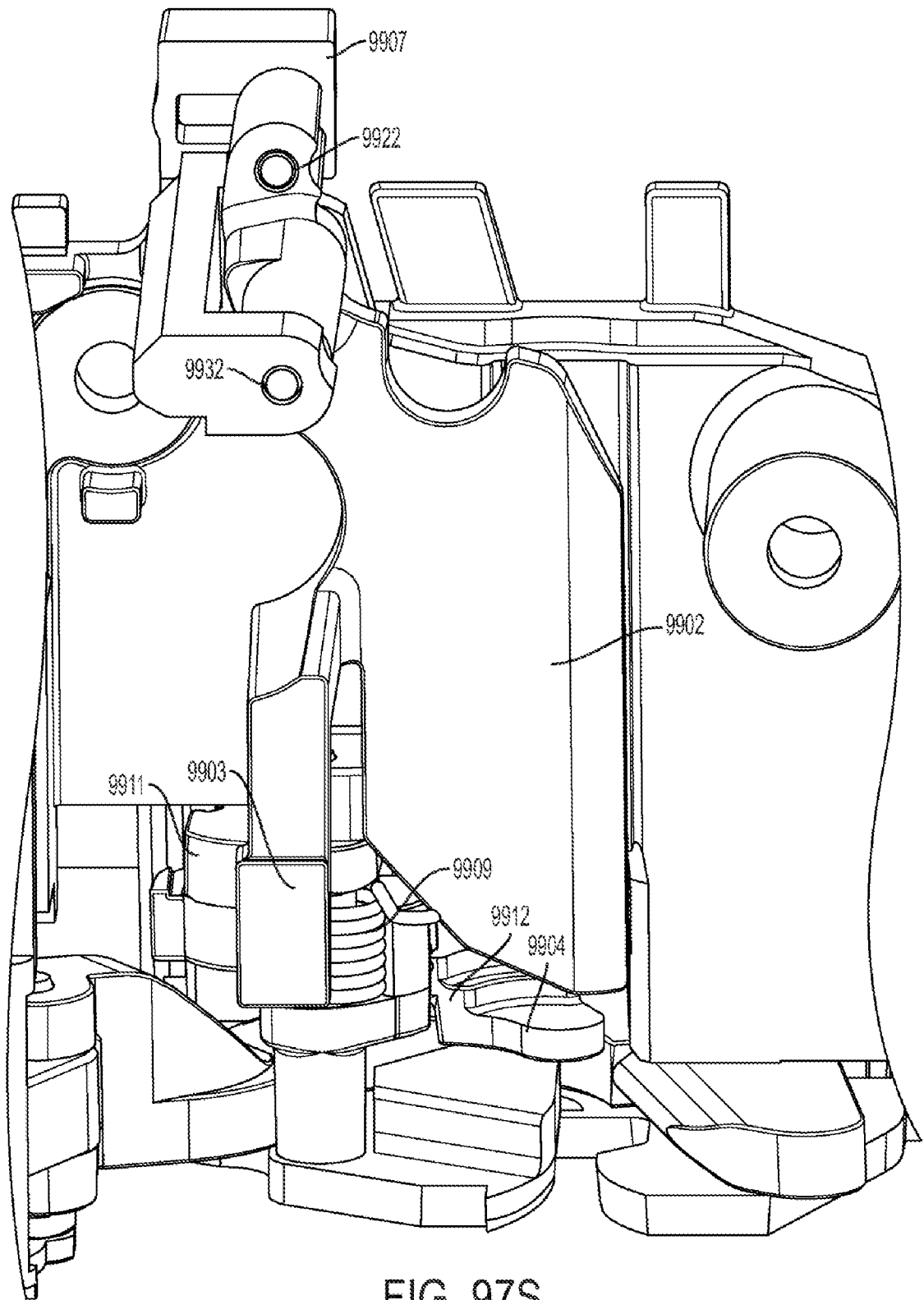
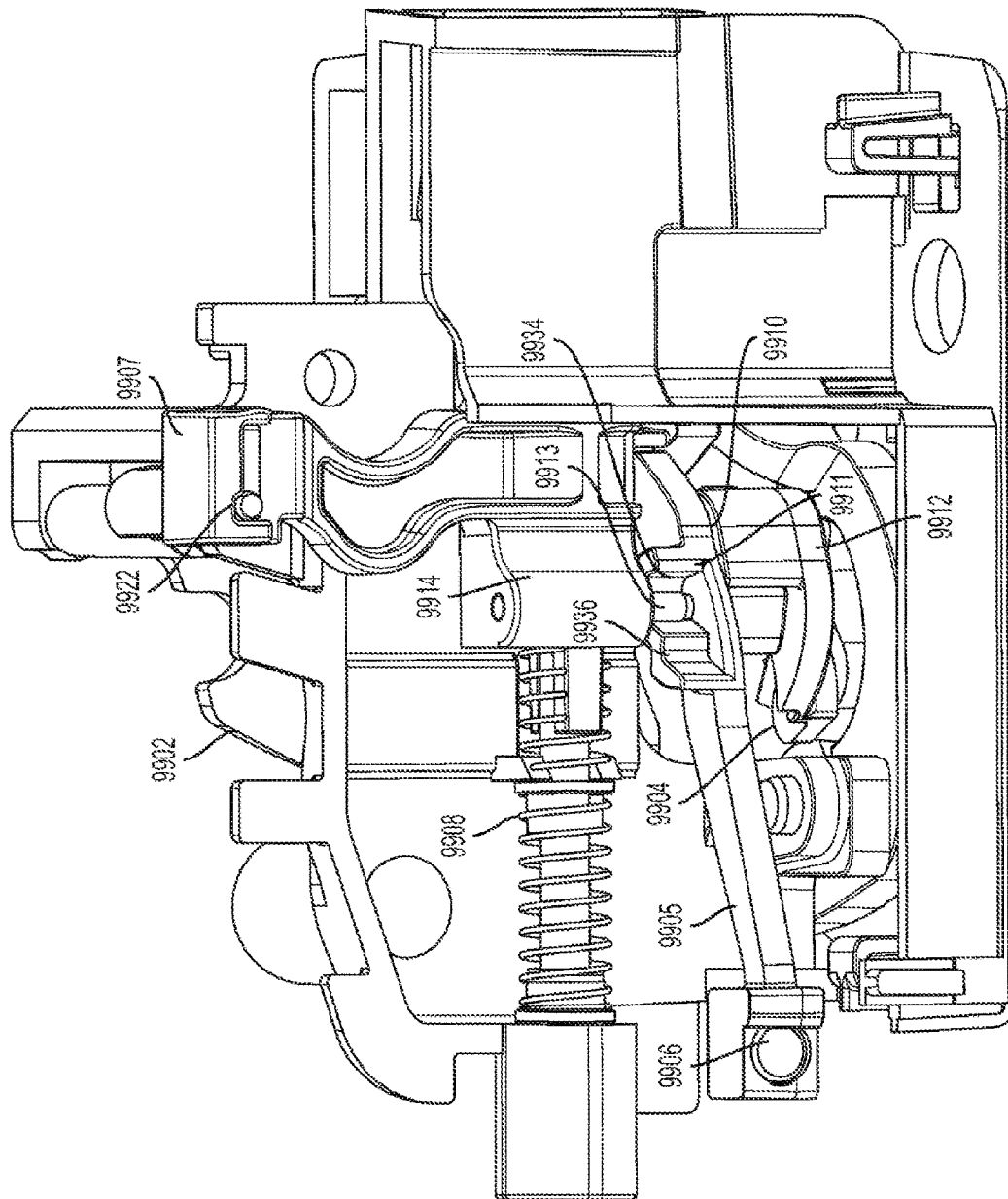


FIG. 97S



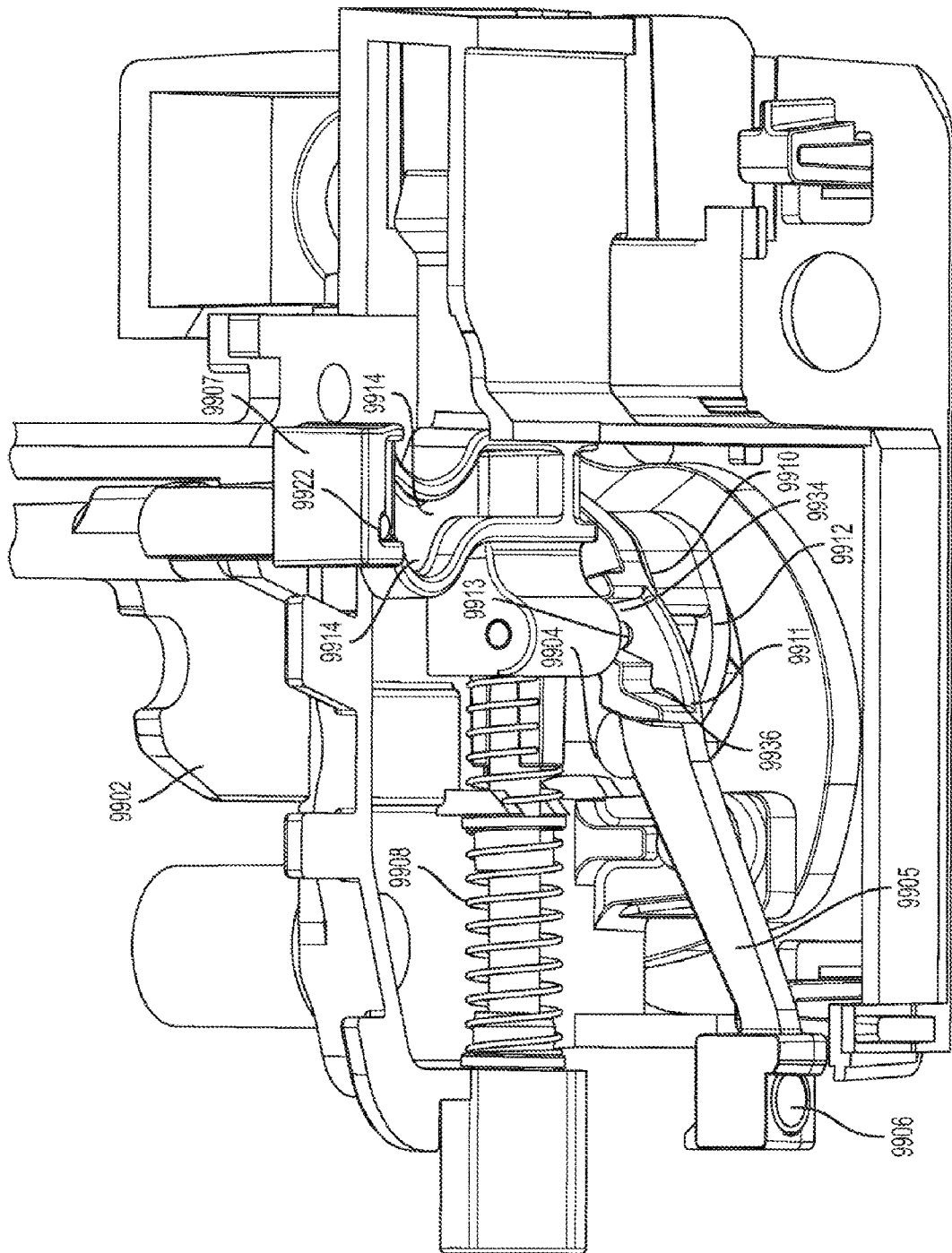
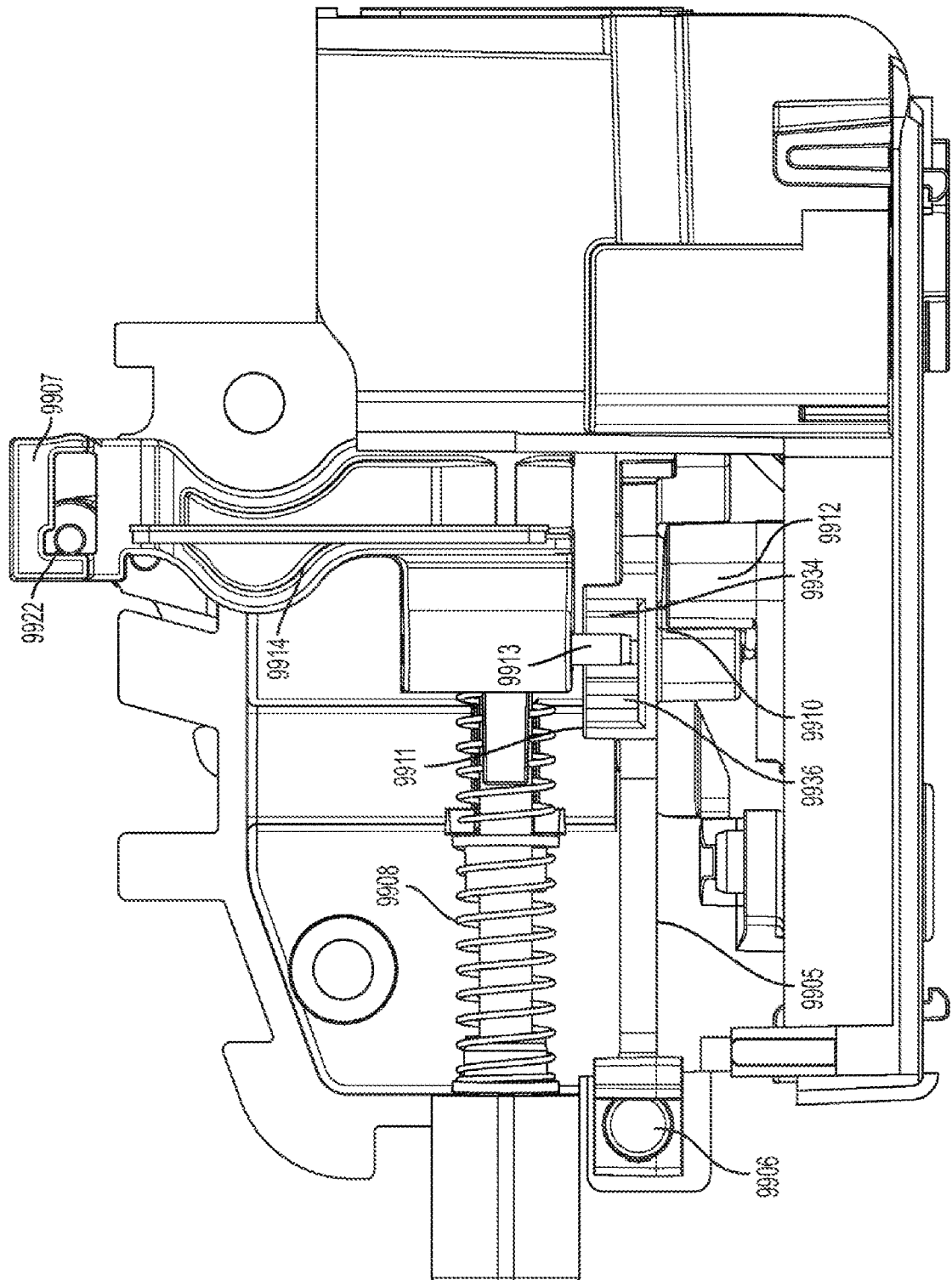


FIG. 97U



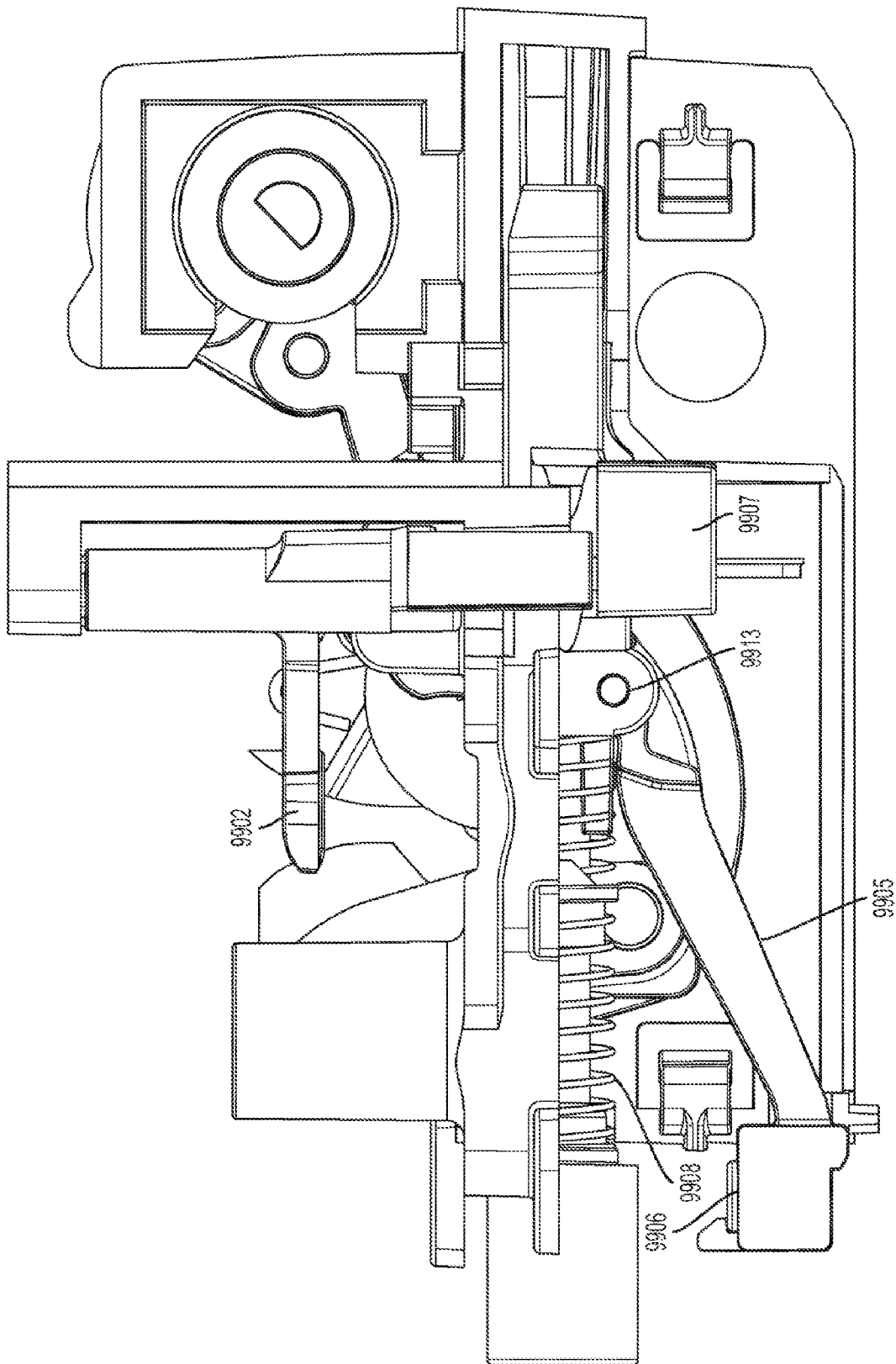


FIG. 97W

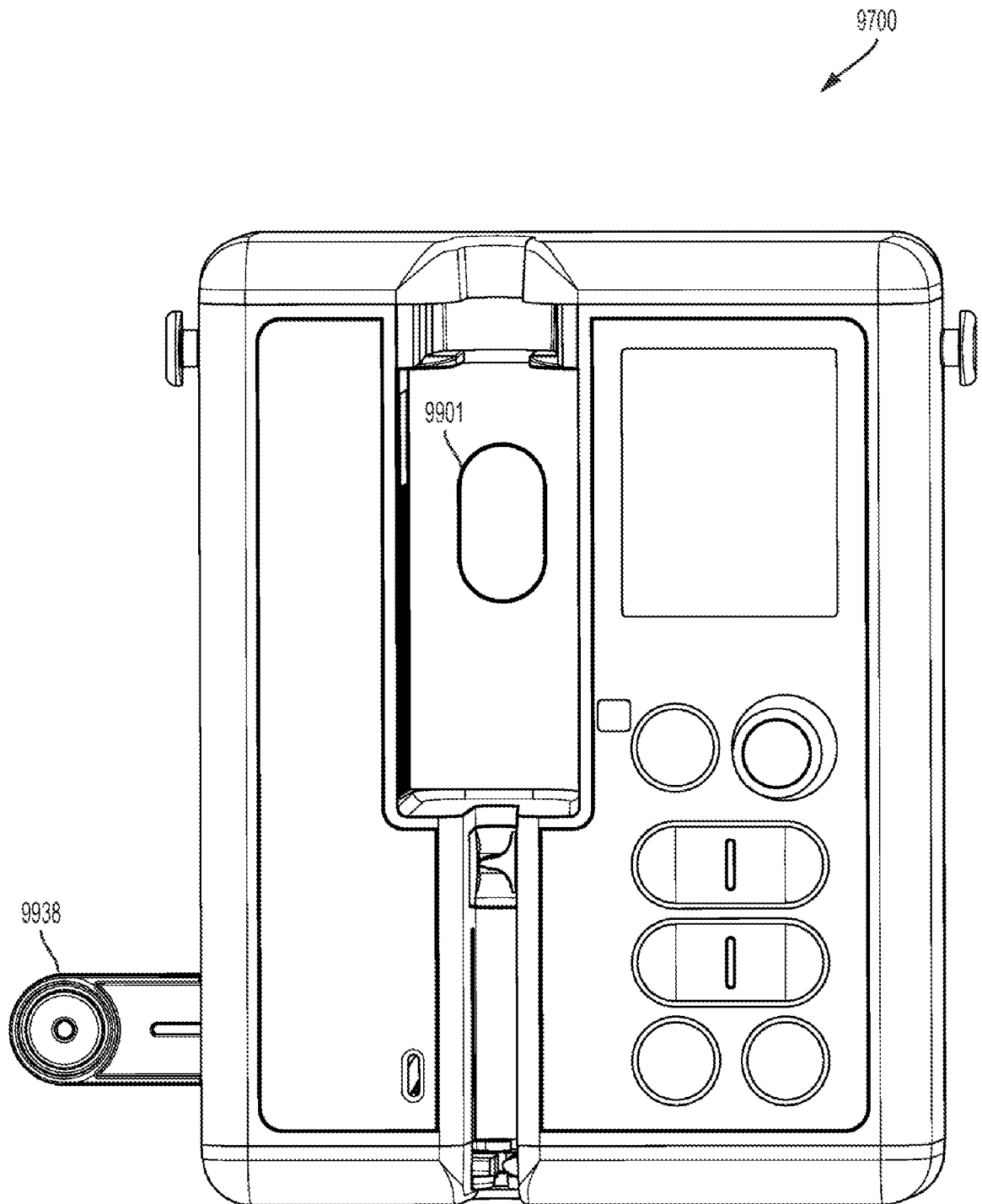
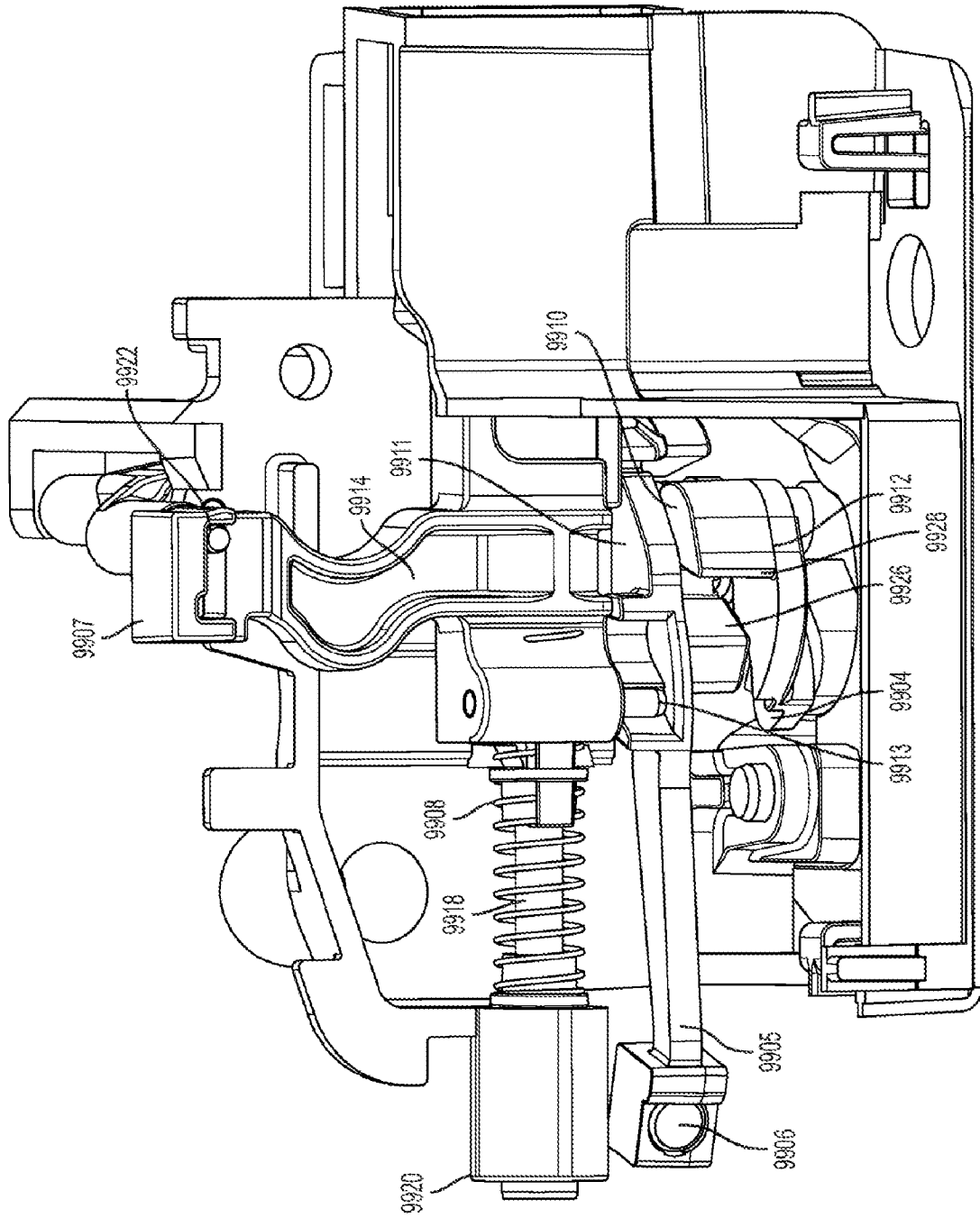


FIG. 97X



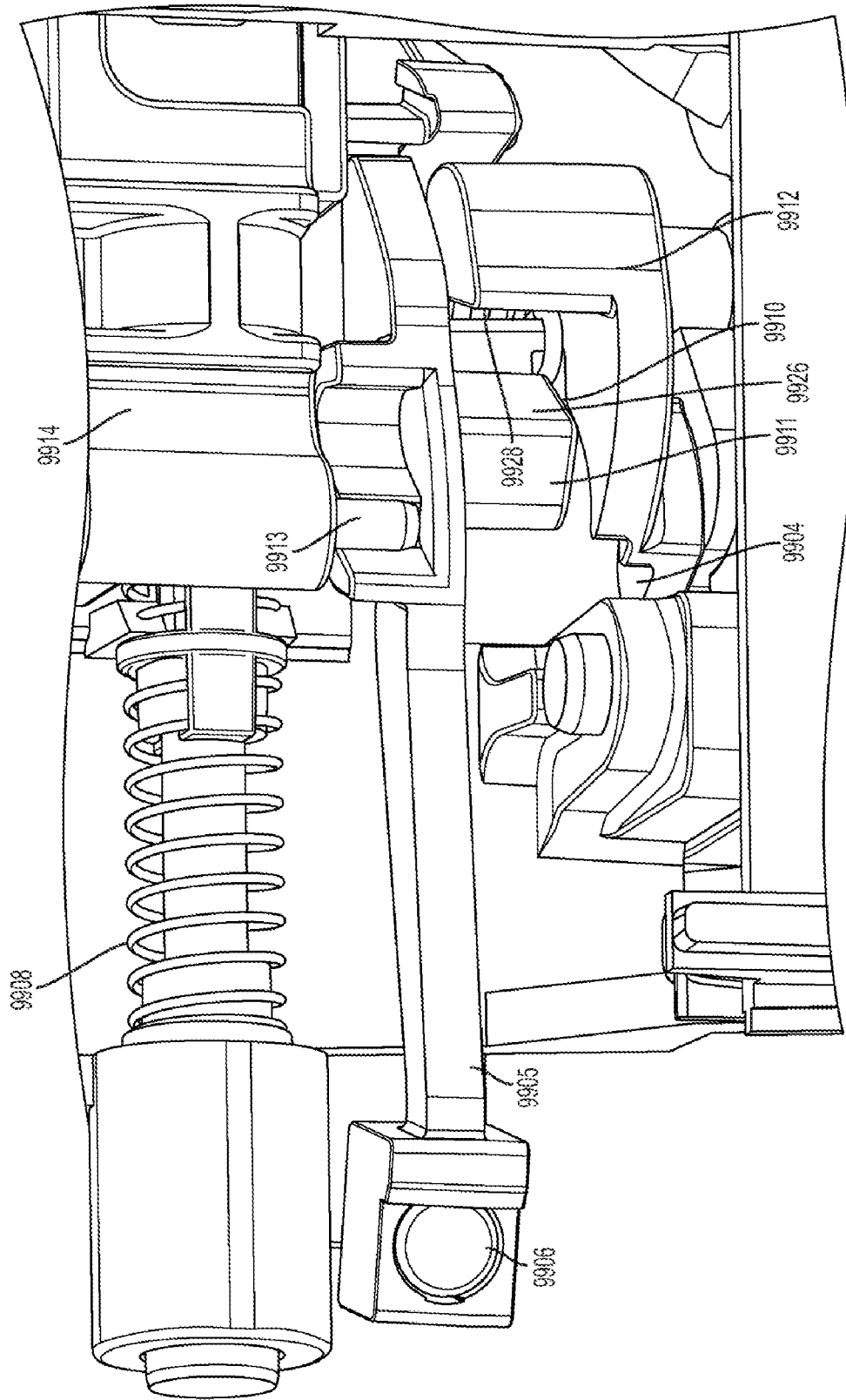


FIG. 97Z

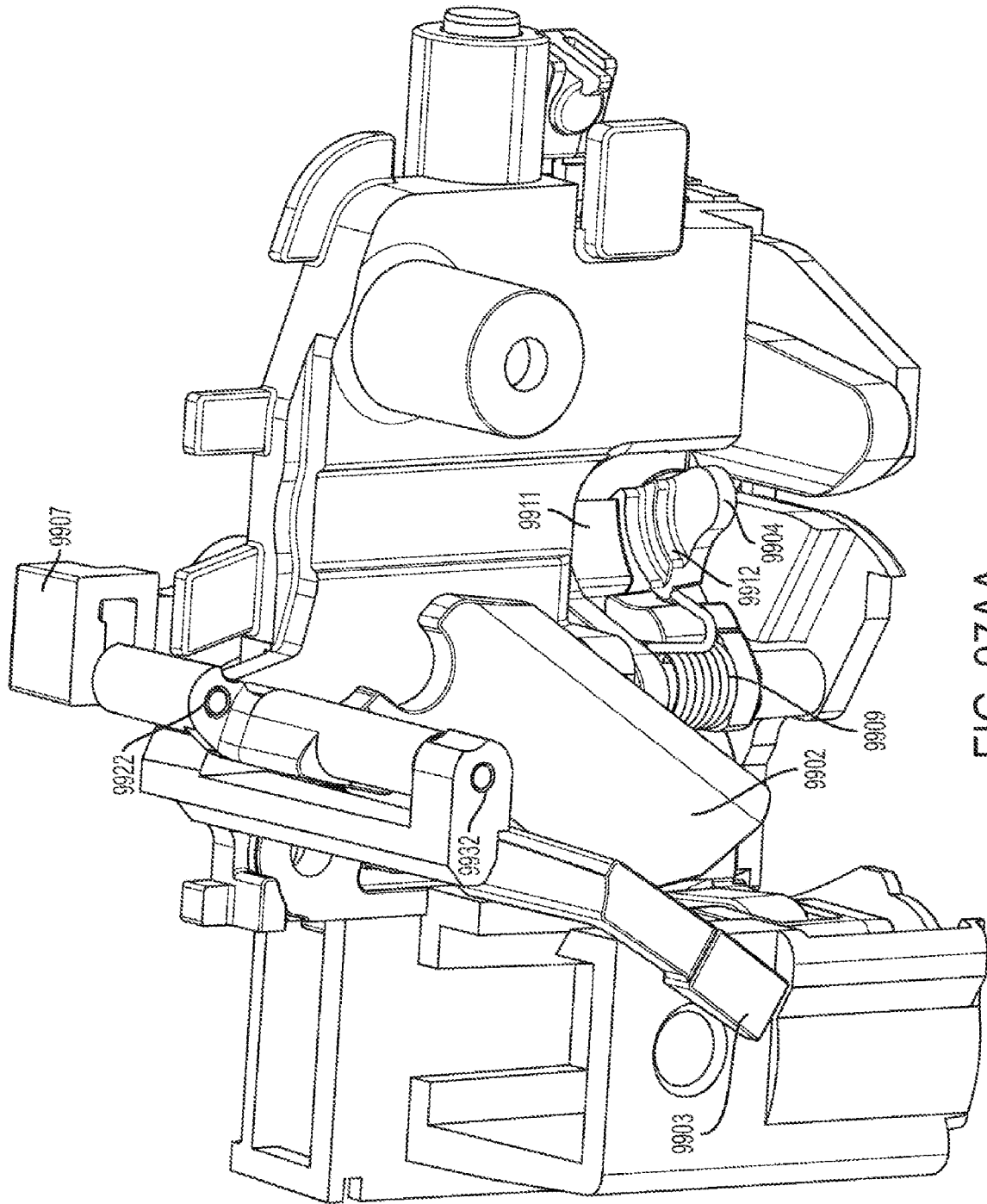


FIG. 97AA

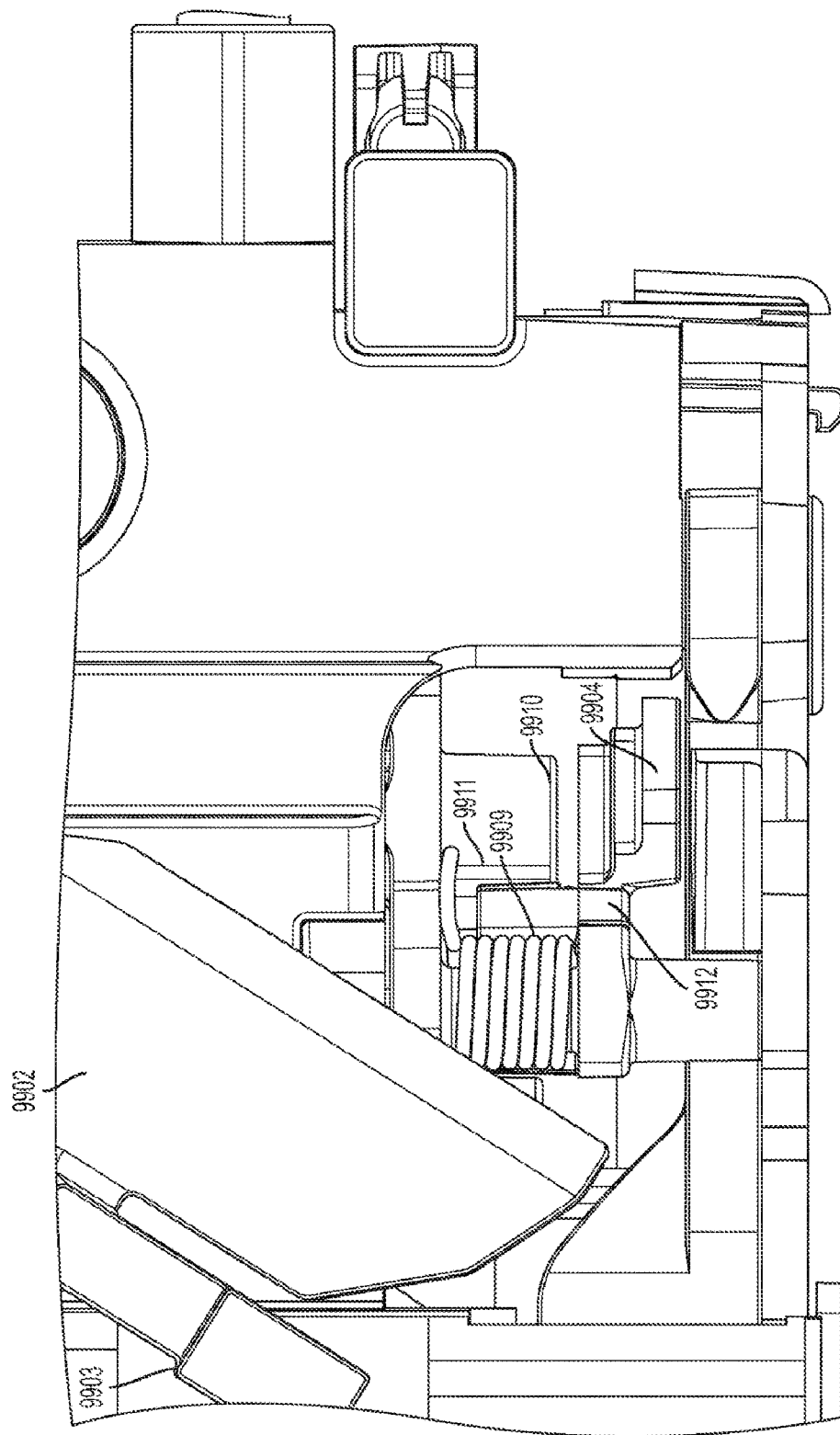
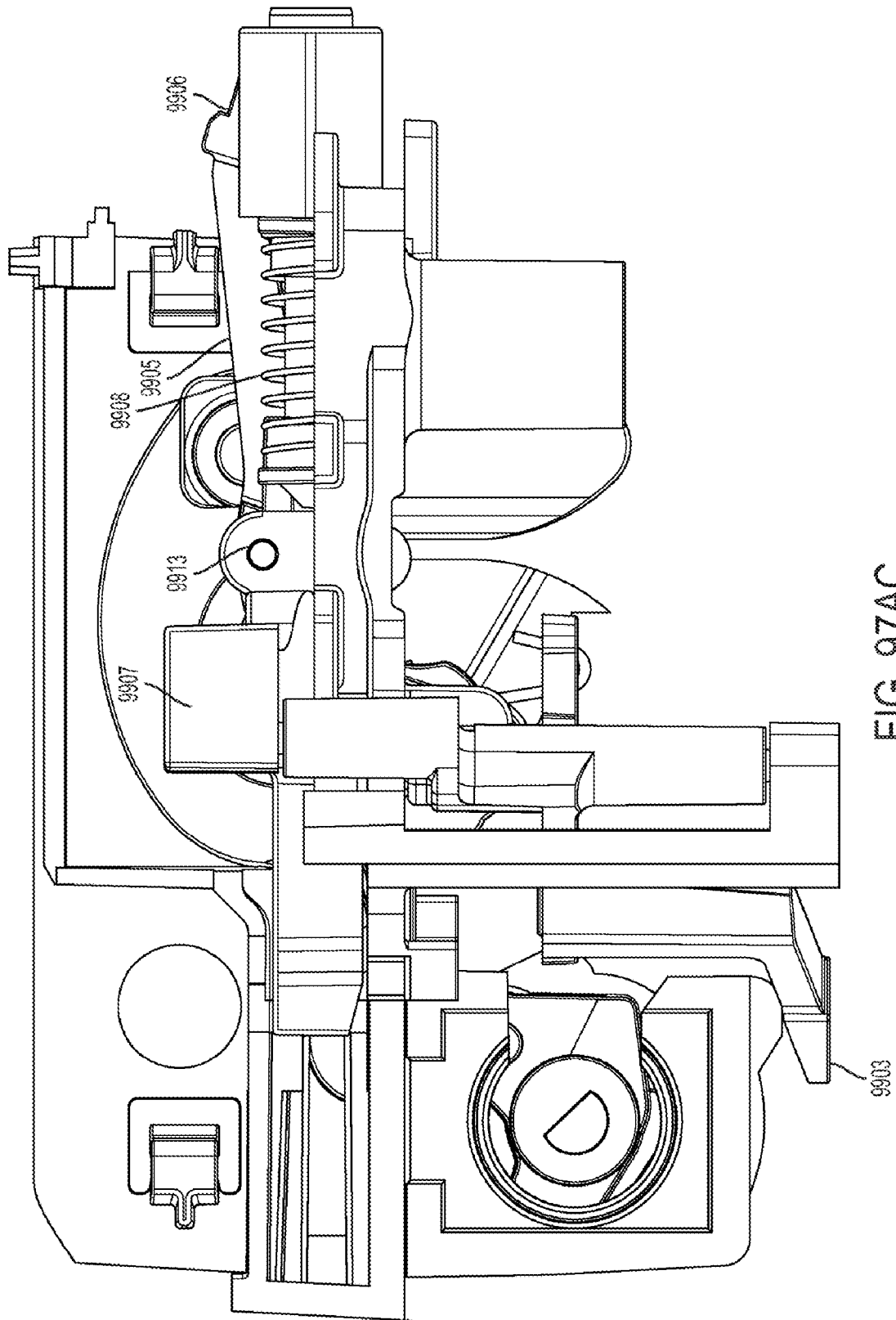


FIG. 97AB



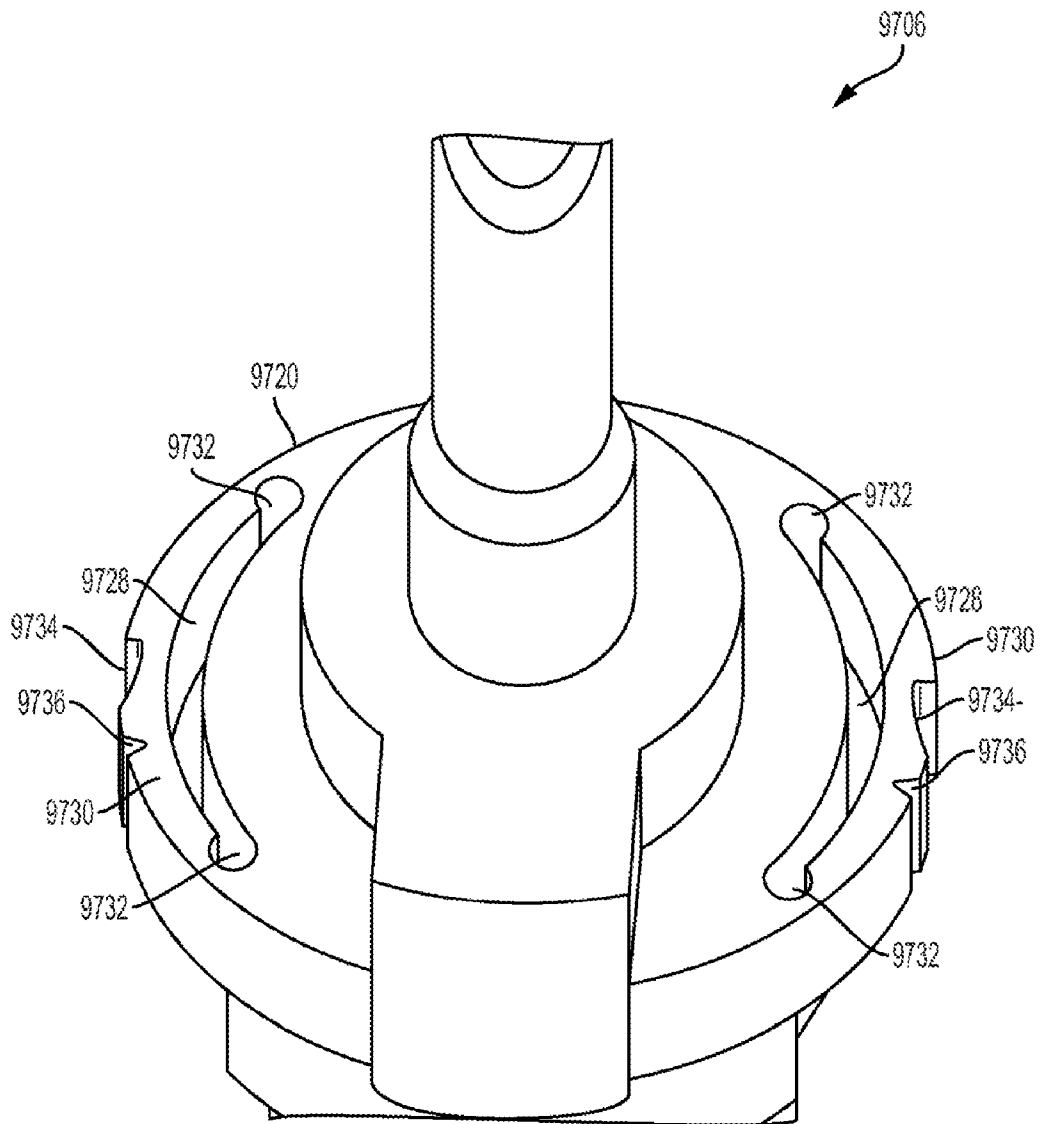


FIG. 98

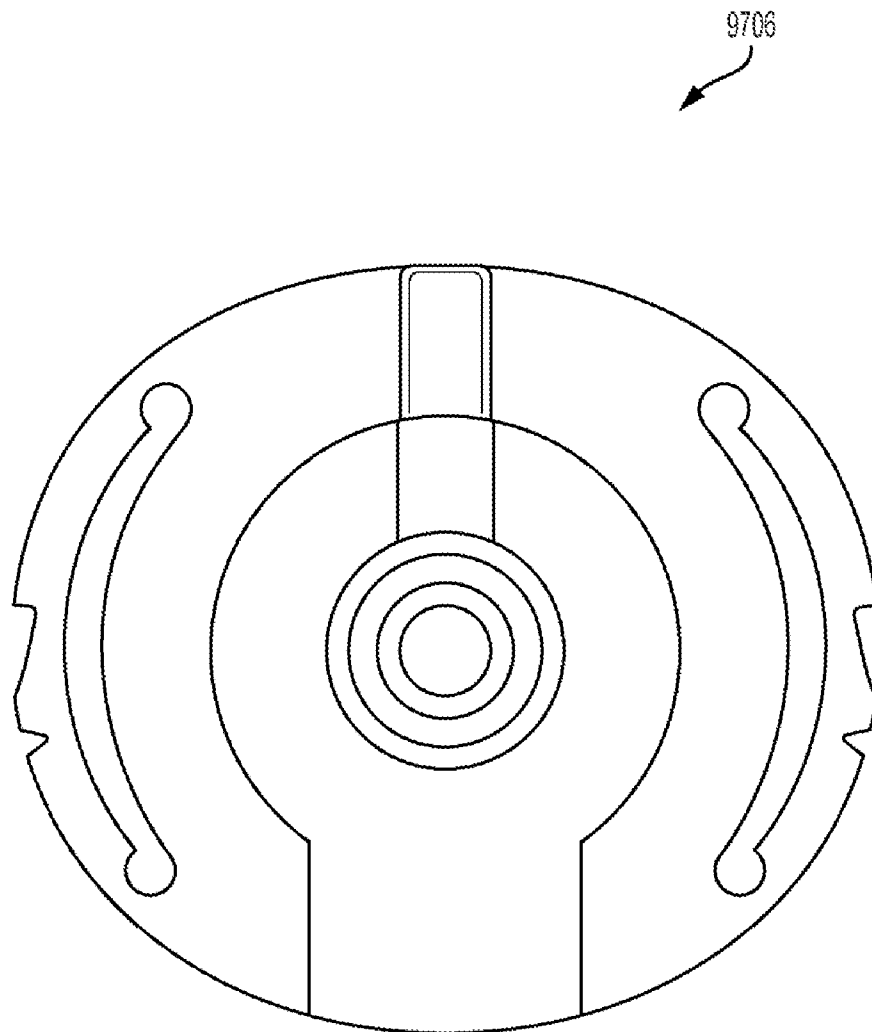


FIG. 99

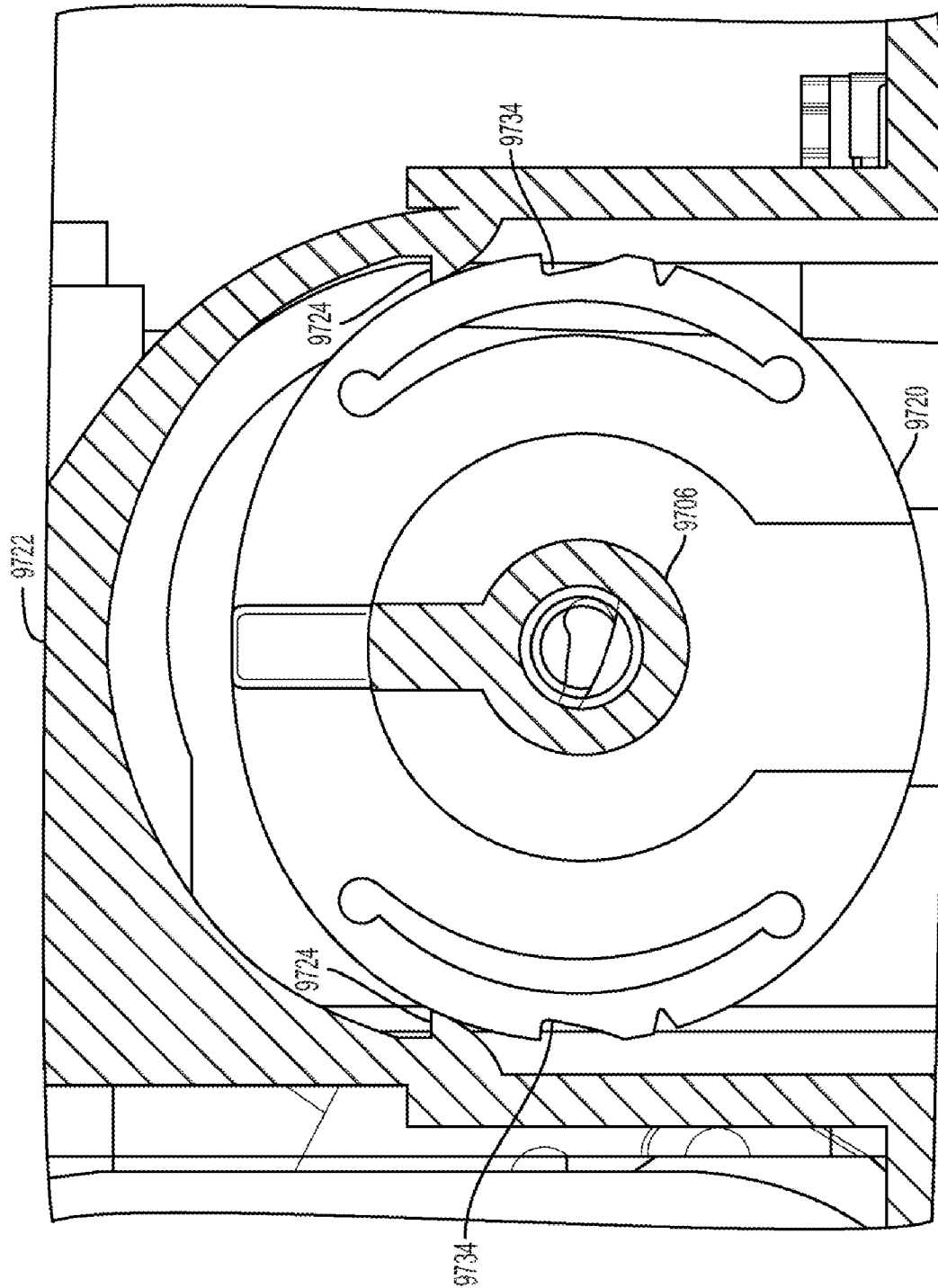


FIG. 100

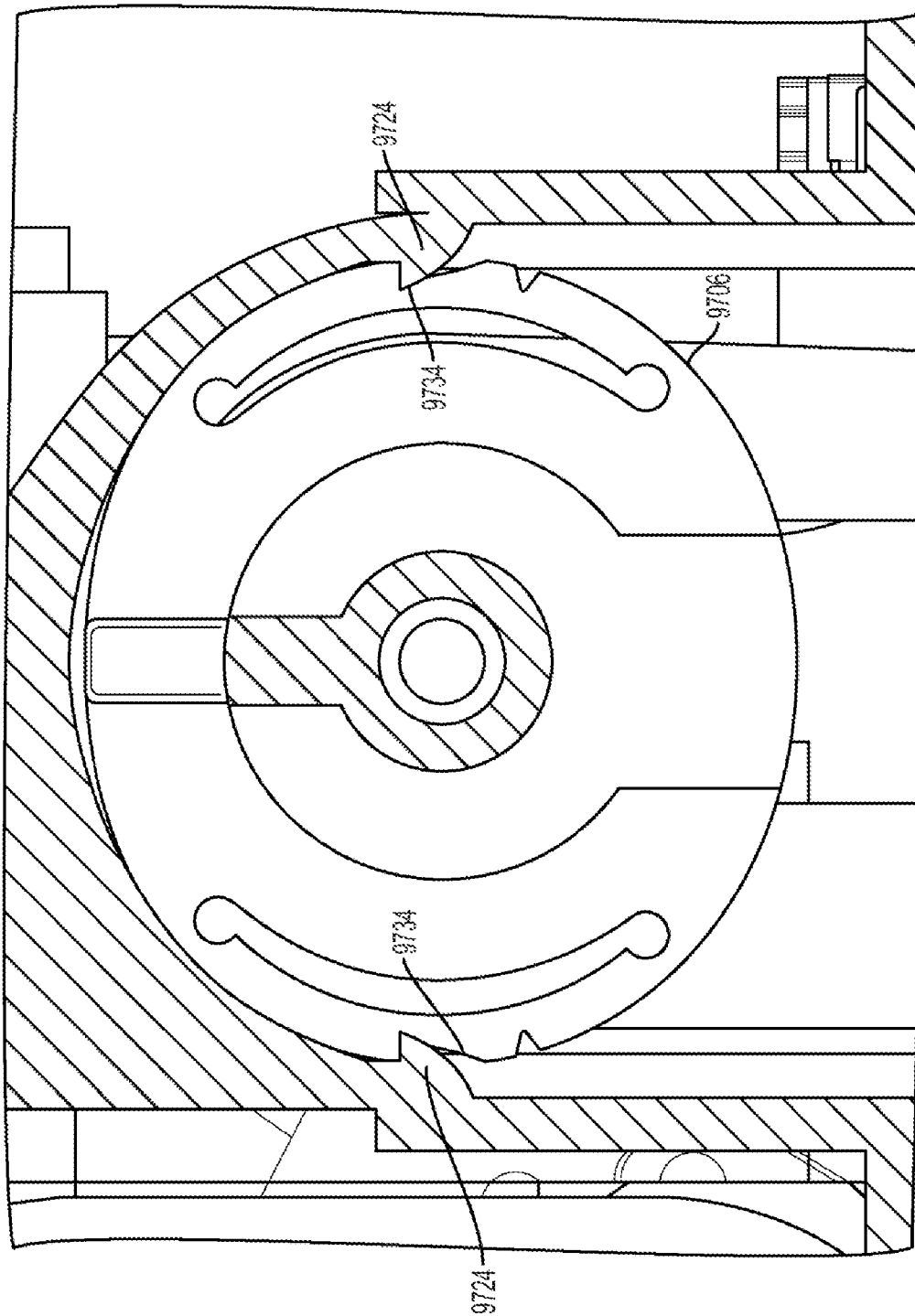
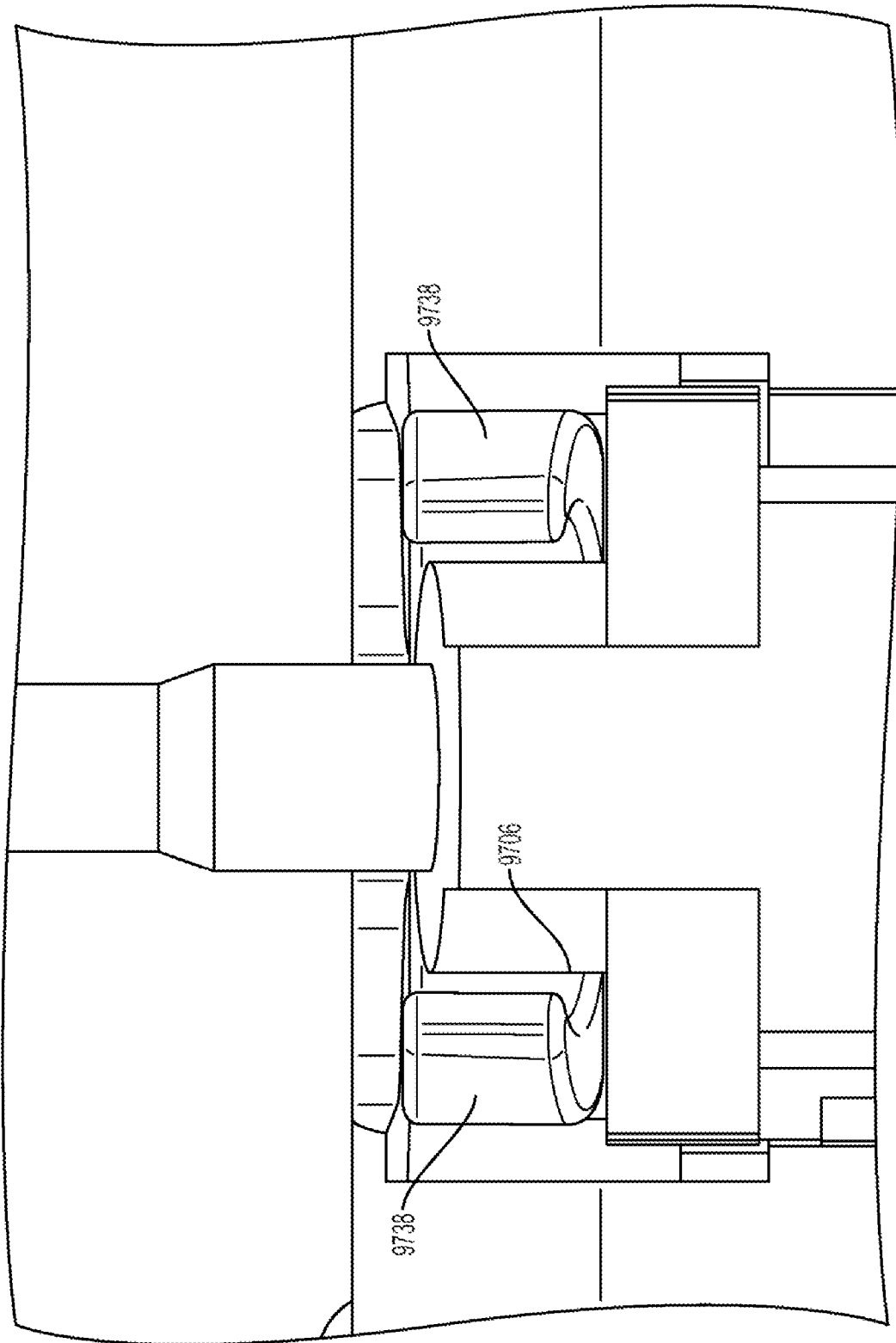


FIG. 101



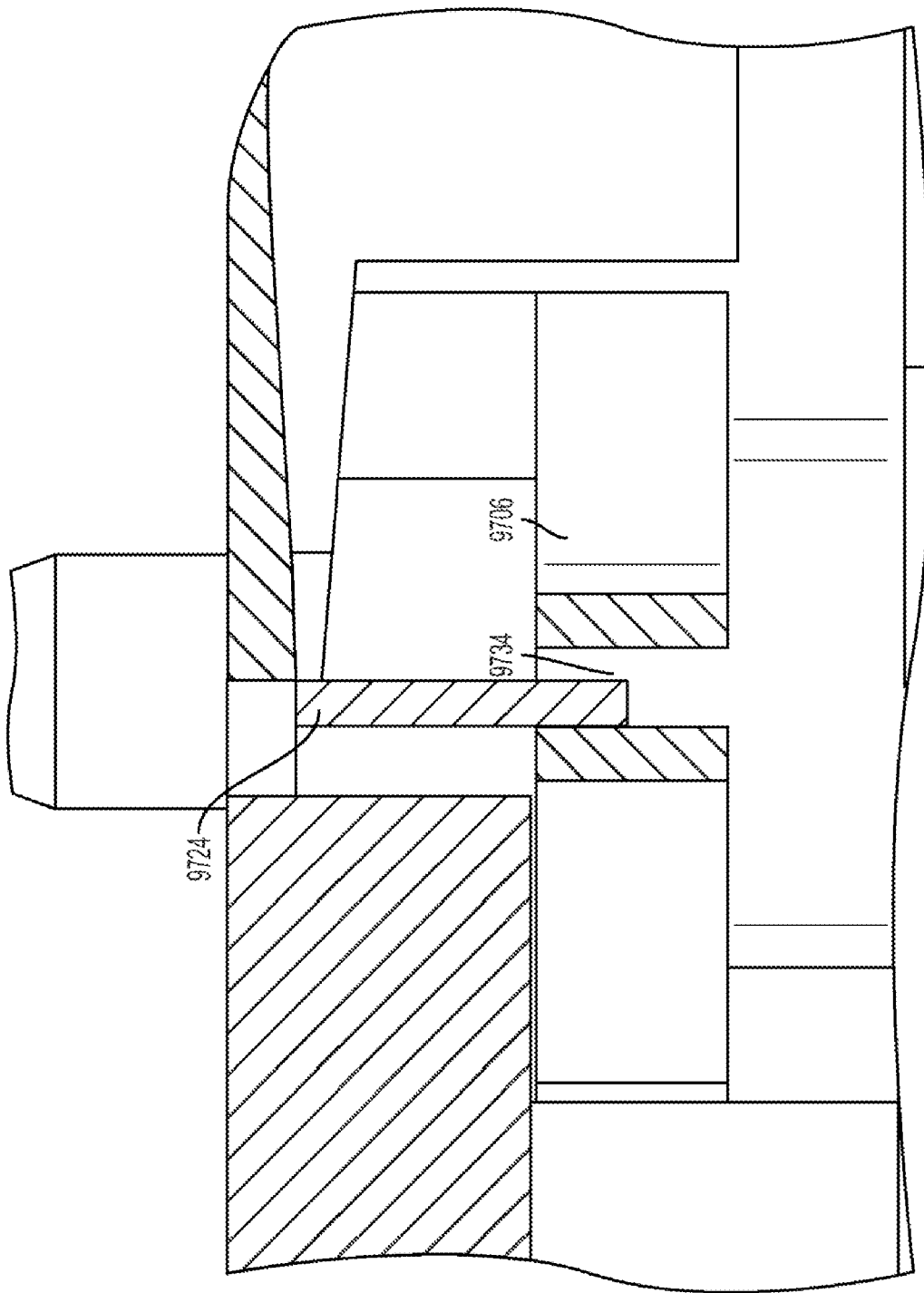


FIG. 103

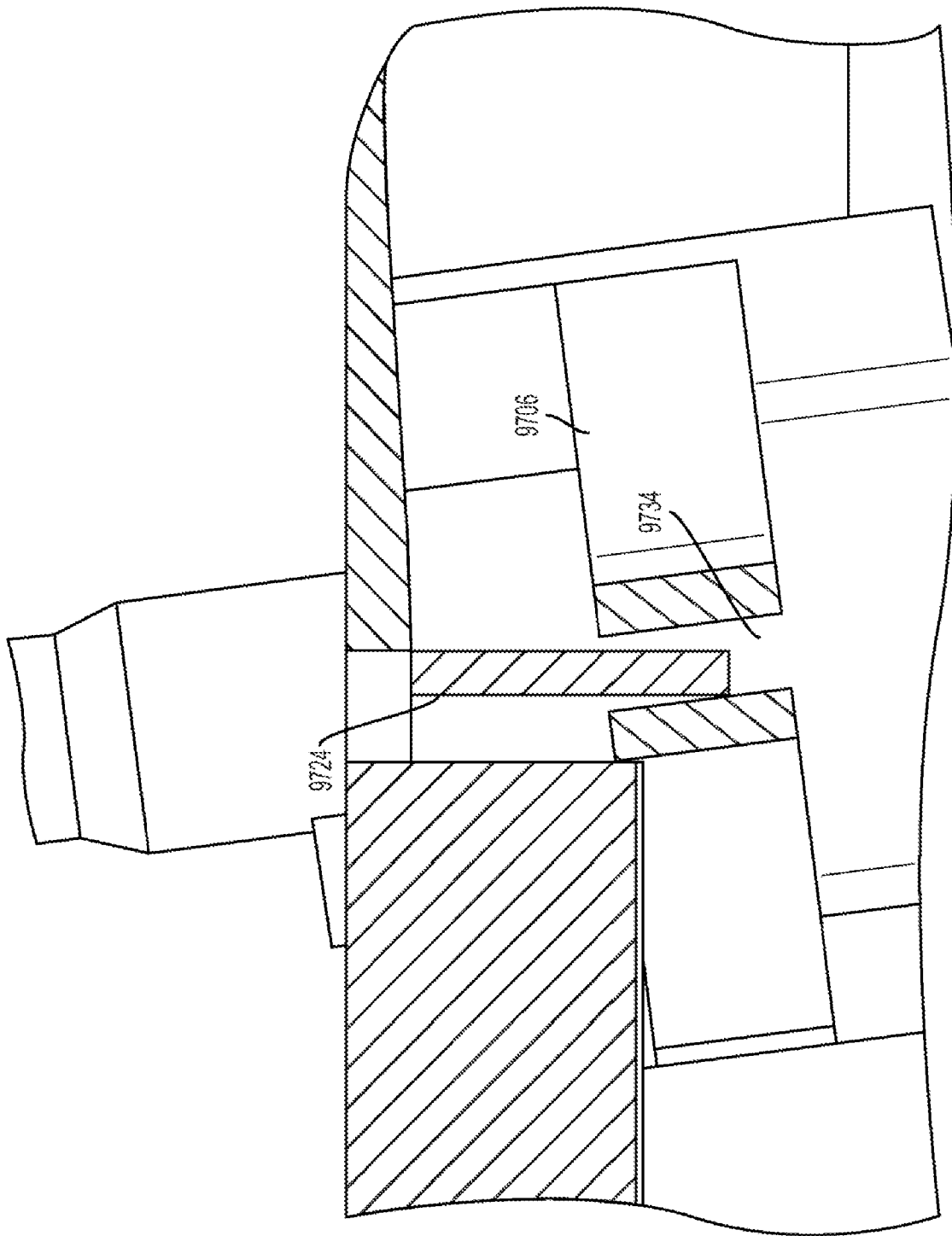
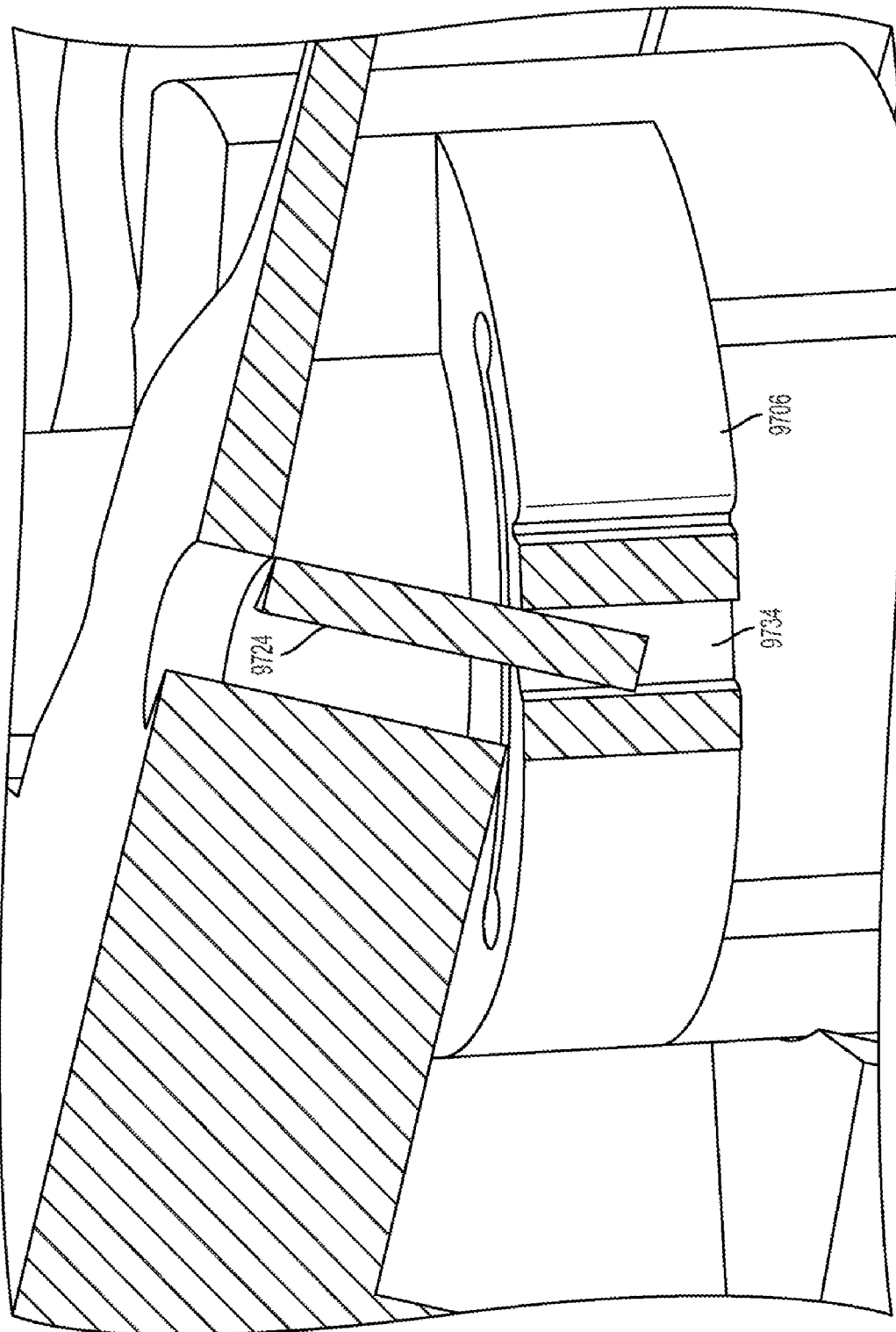


FIG. 104



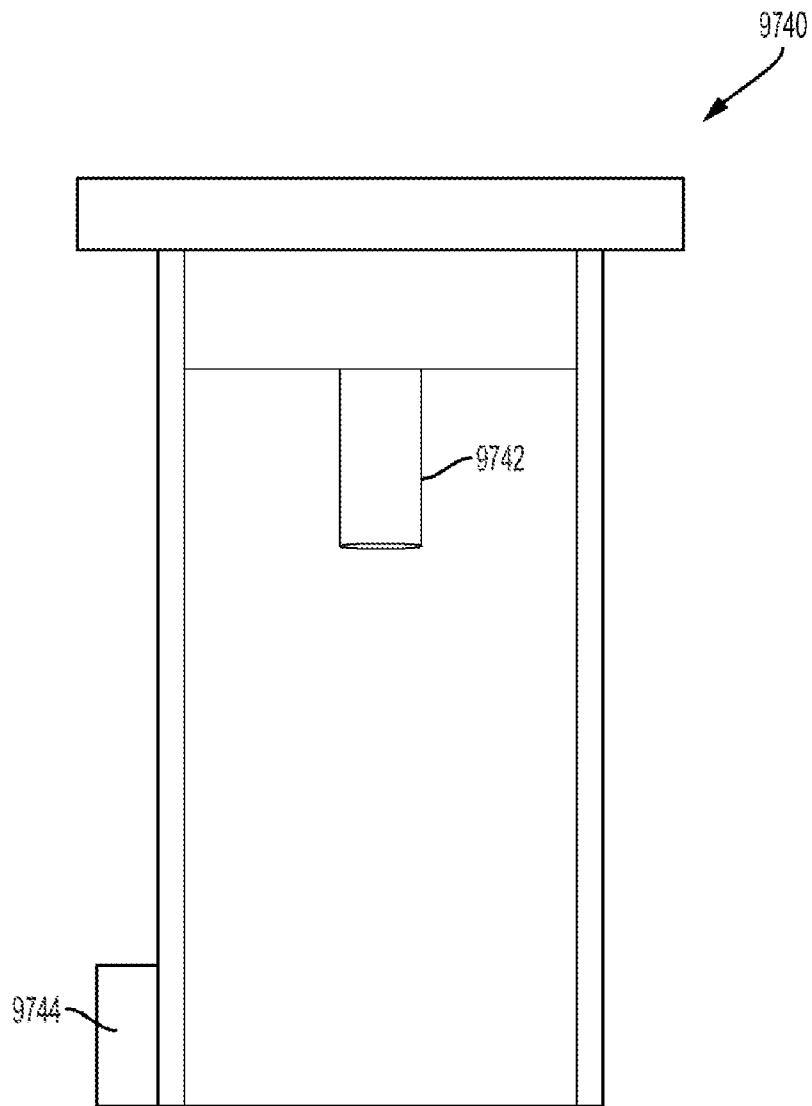


FIG. 106

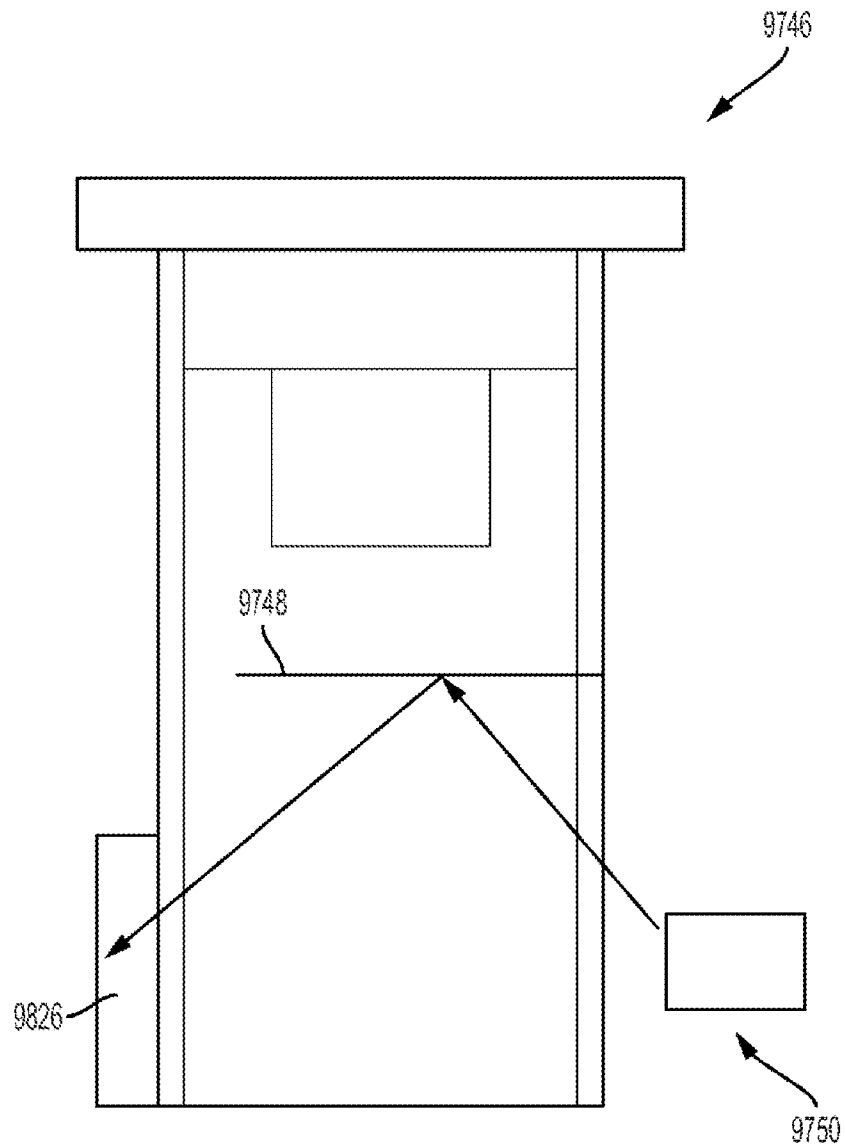
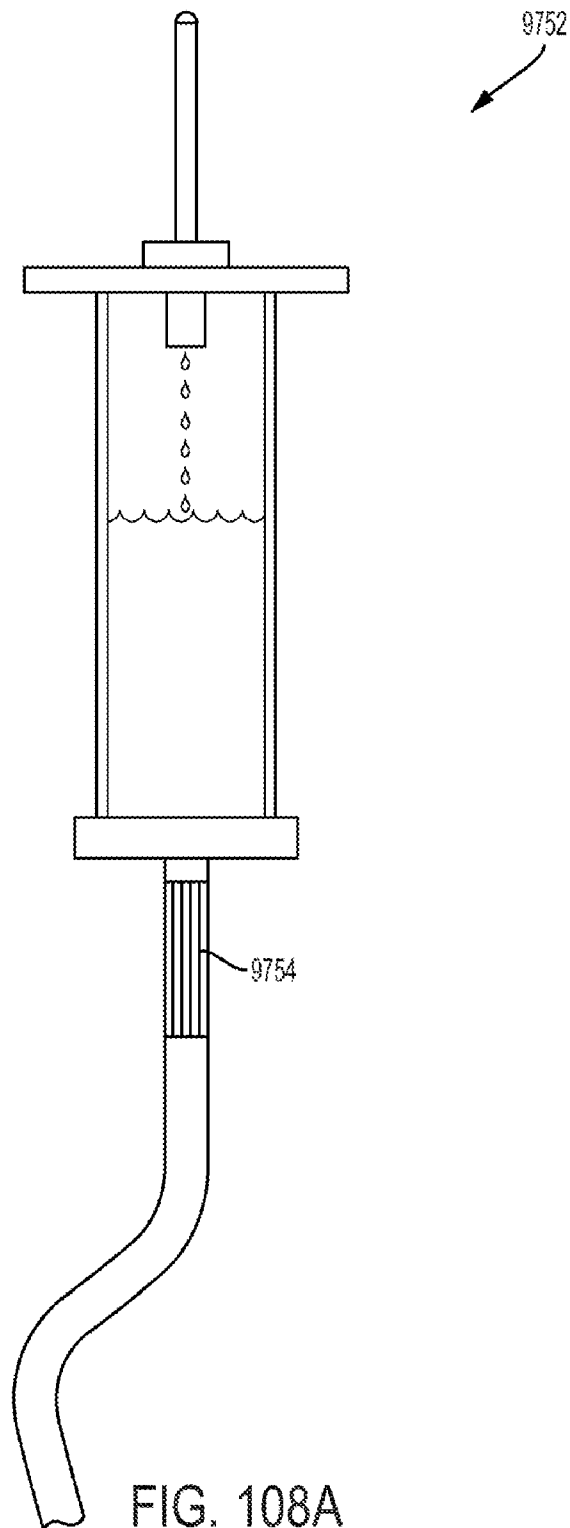


FIG. 107



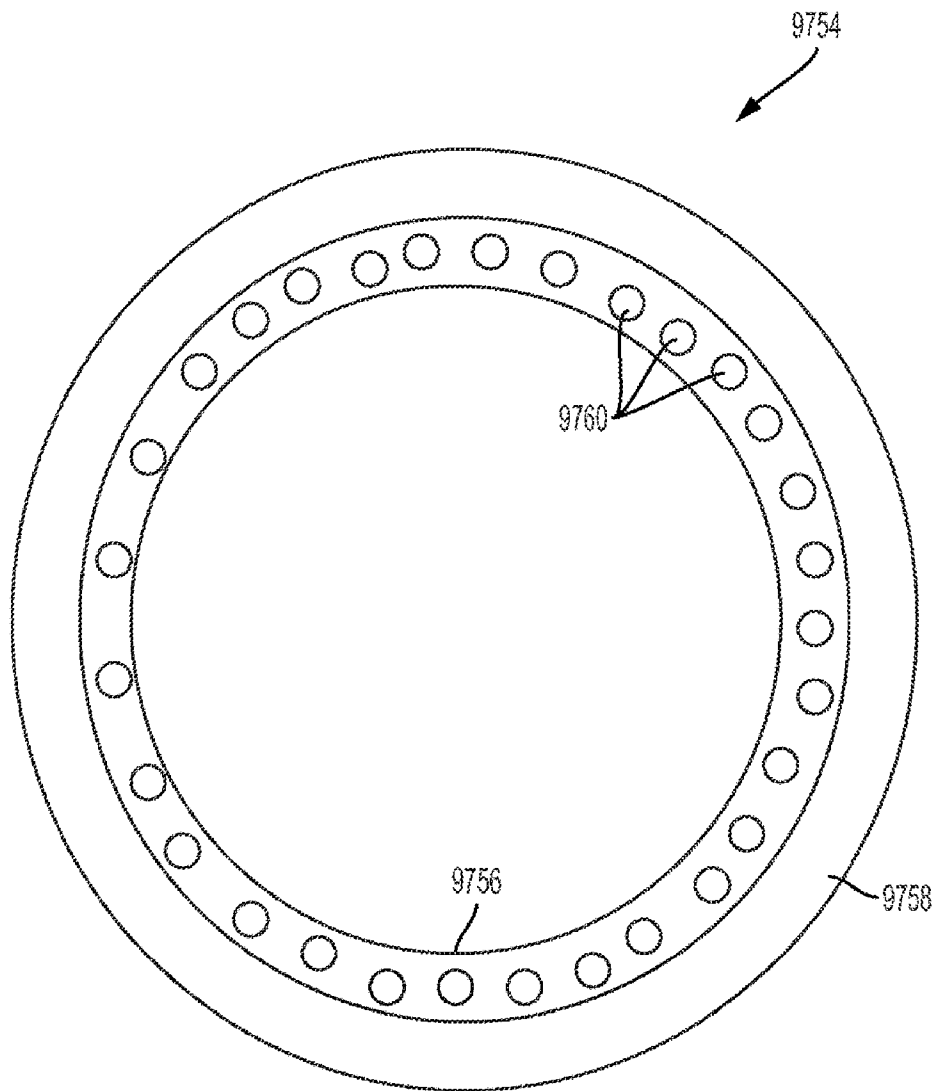
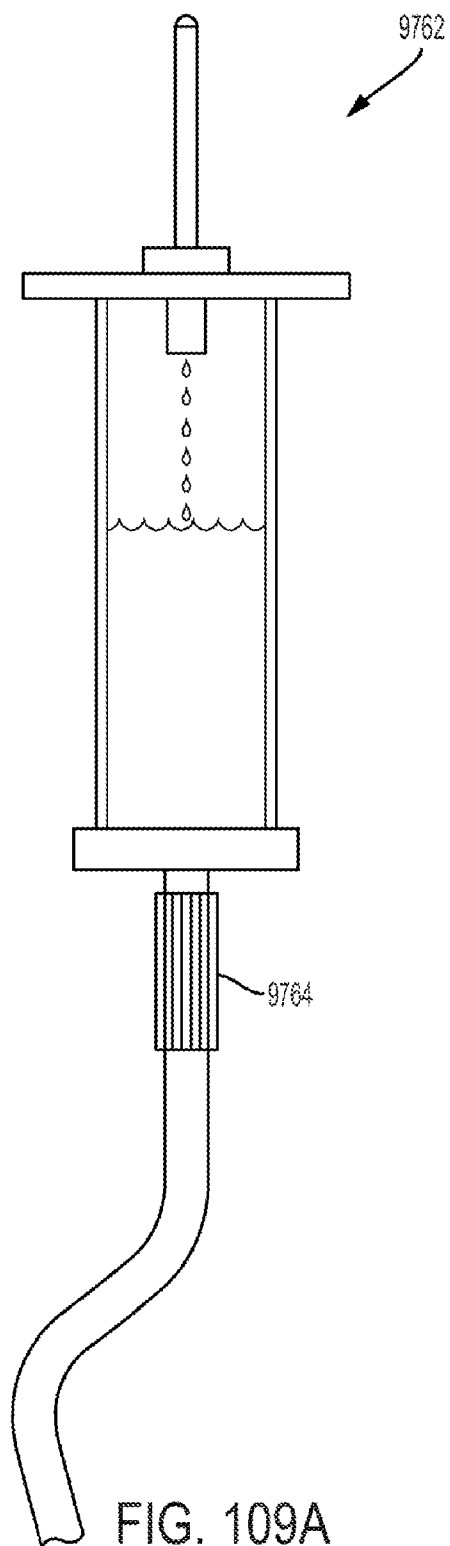


FIG. 108B



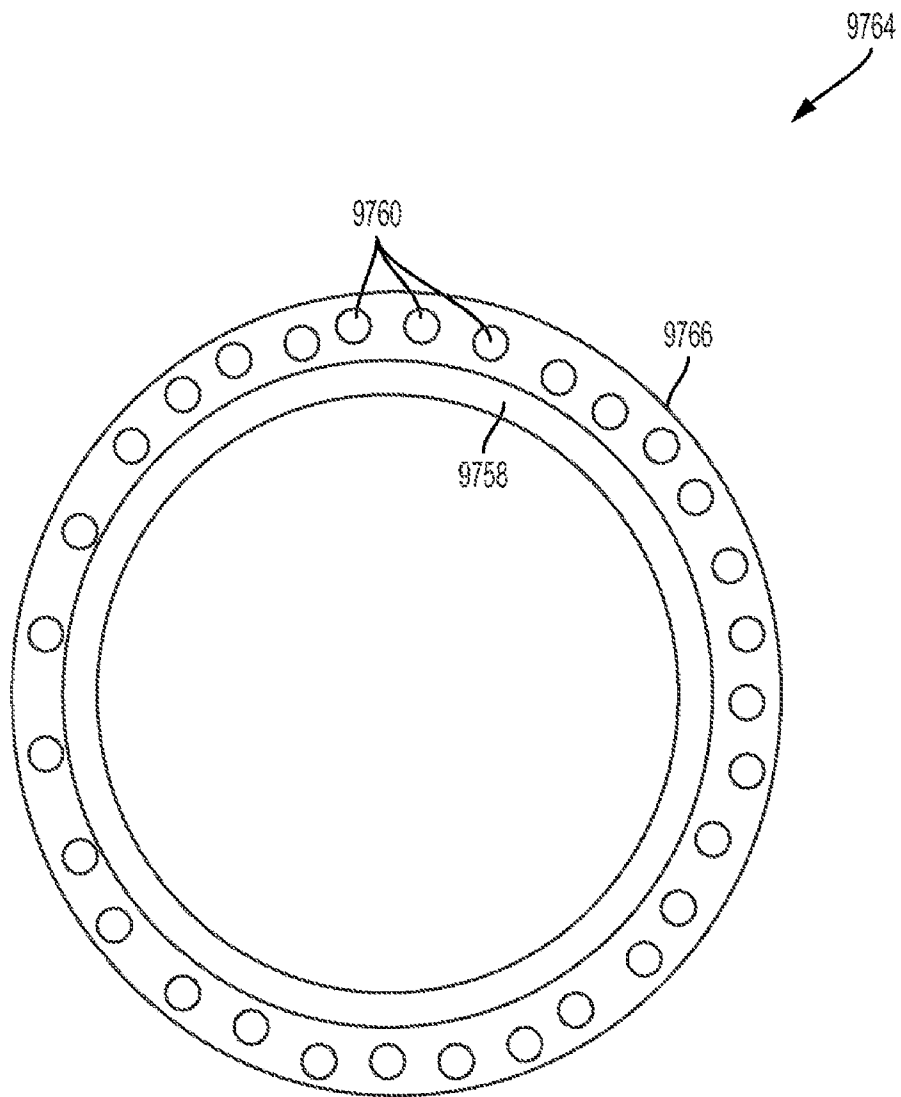
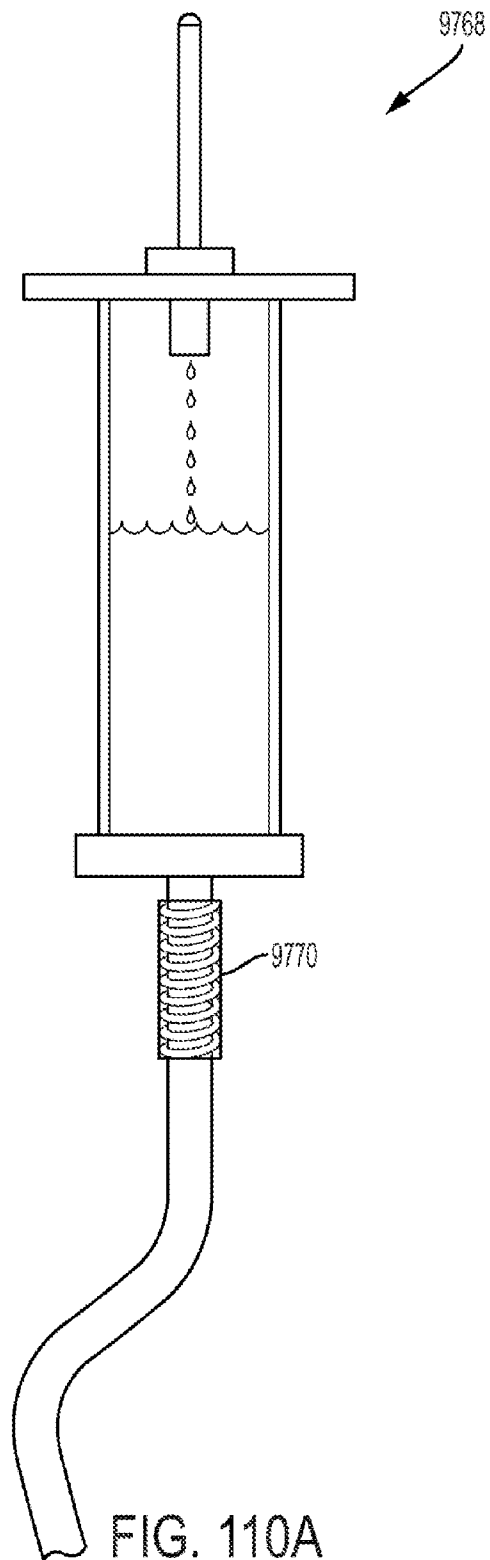


FIG. 109B



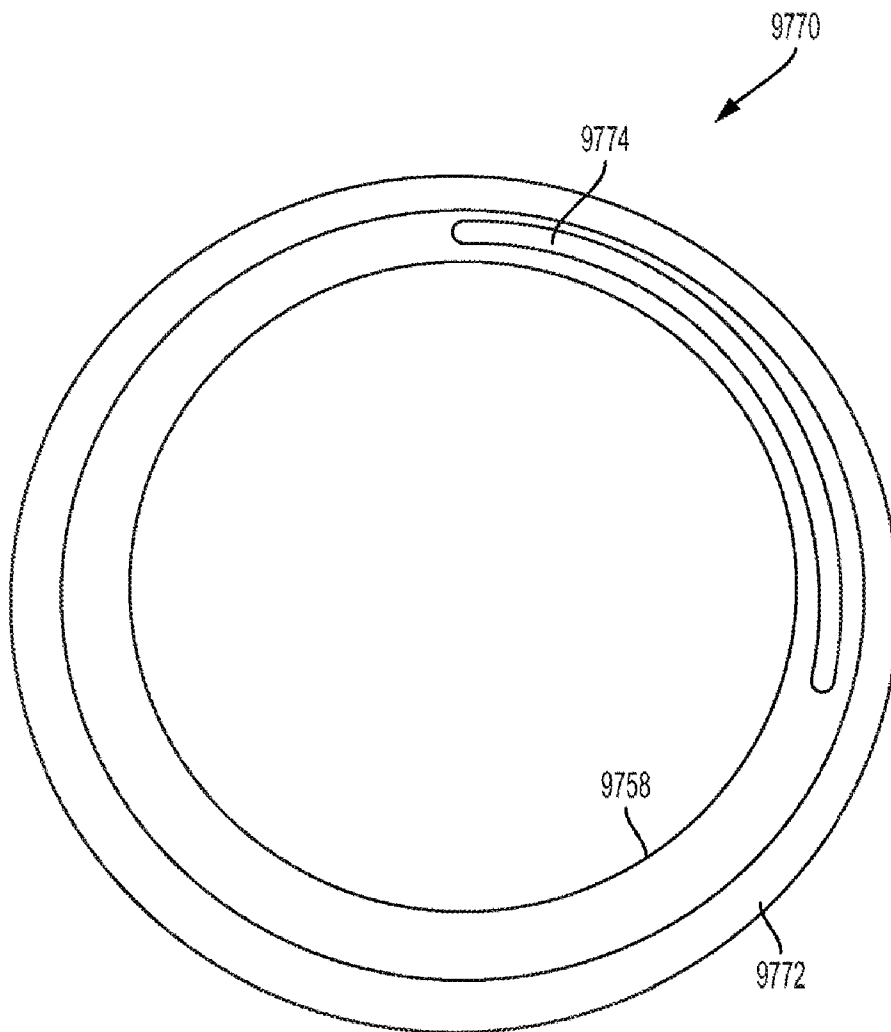
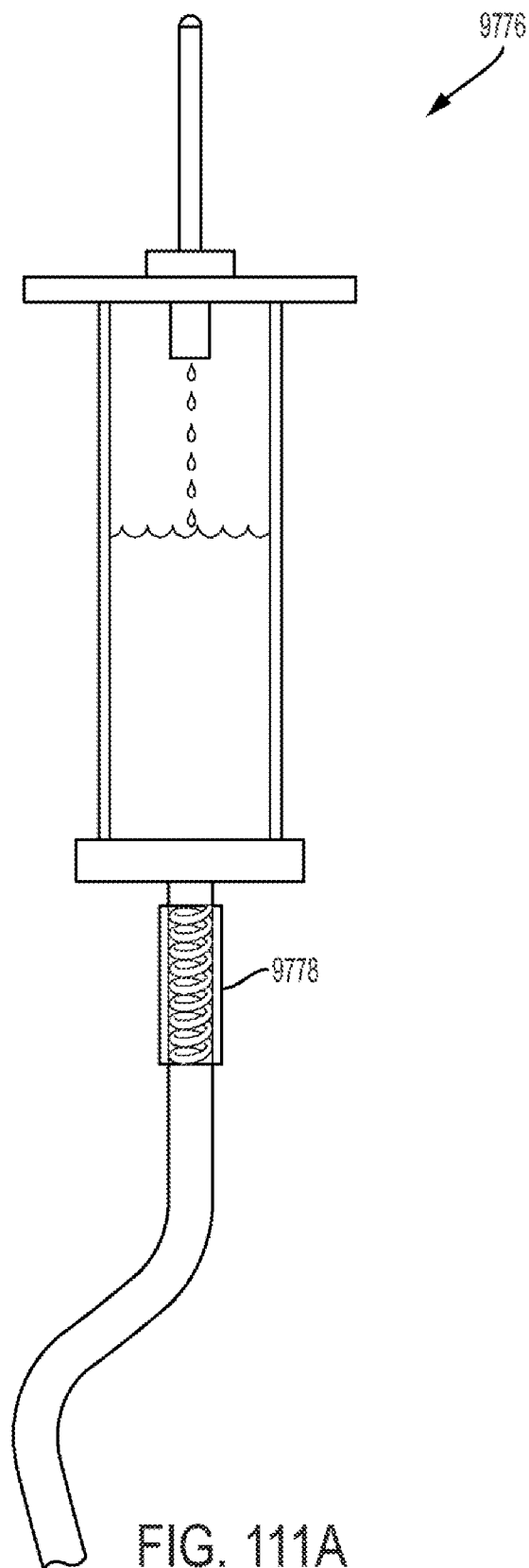


FIG. 110B



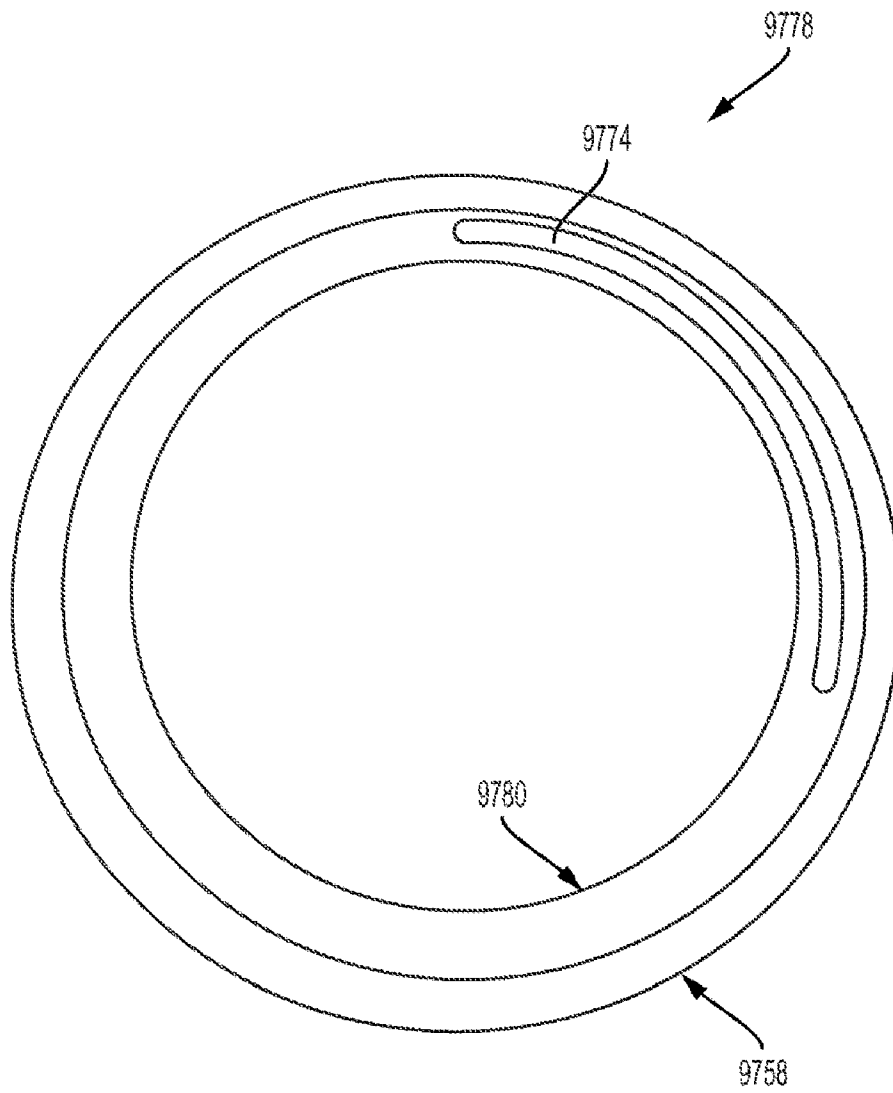


FIG. 111B

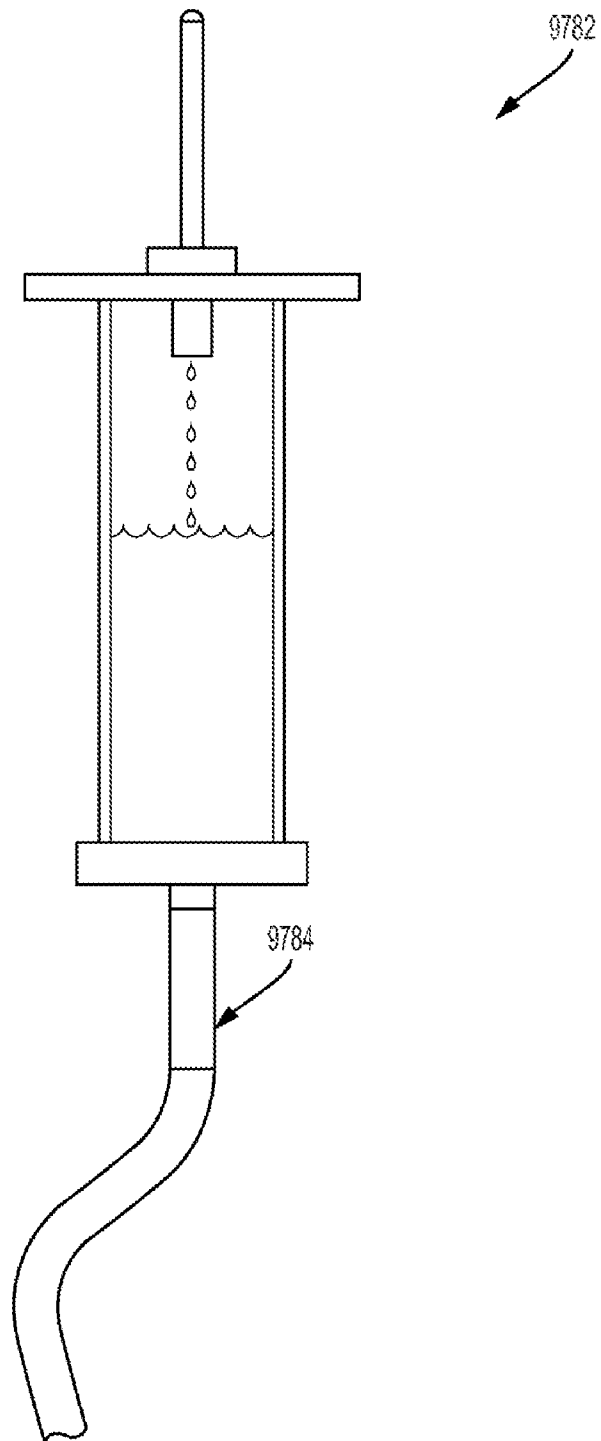


FIG. 112

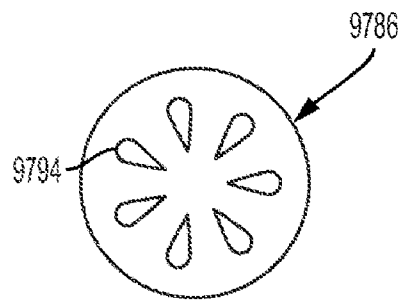


FIG. 113

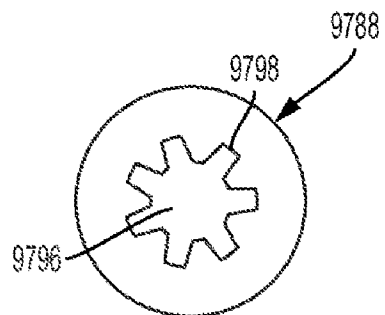


FIG. 114

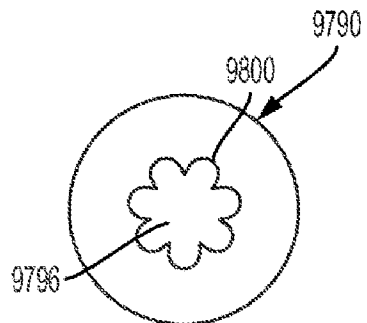


FIG. 115

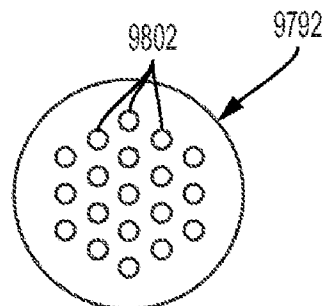
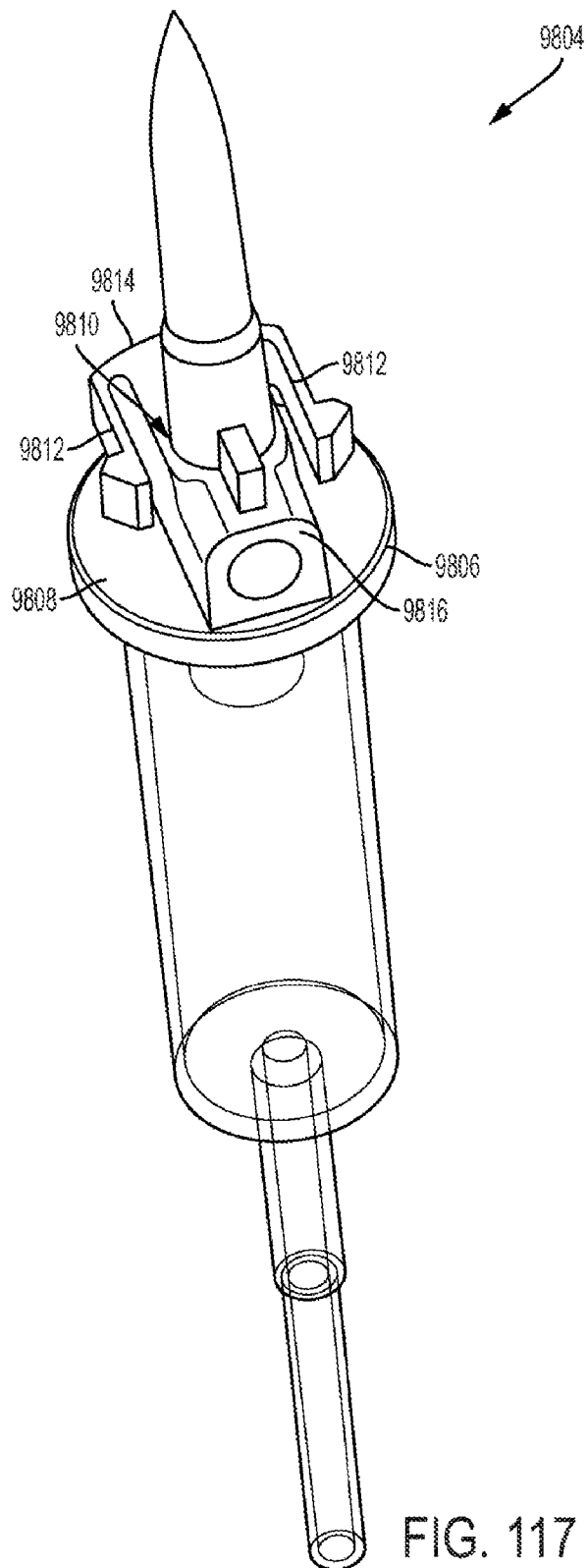


FIG. 116



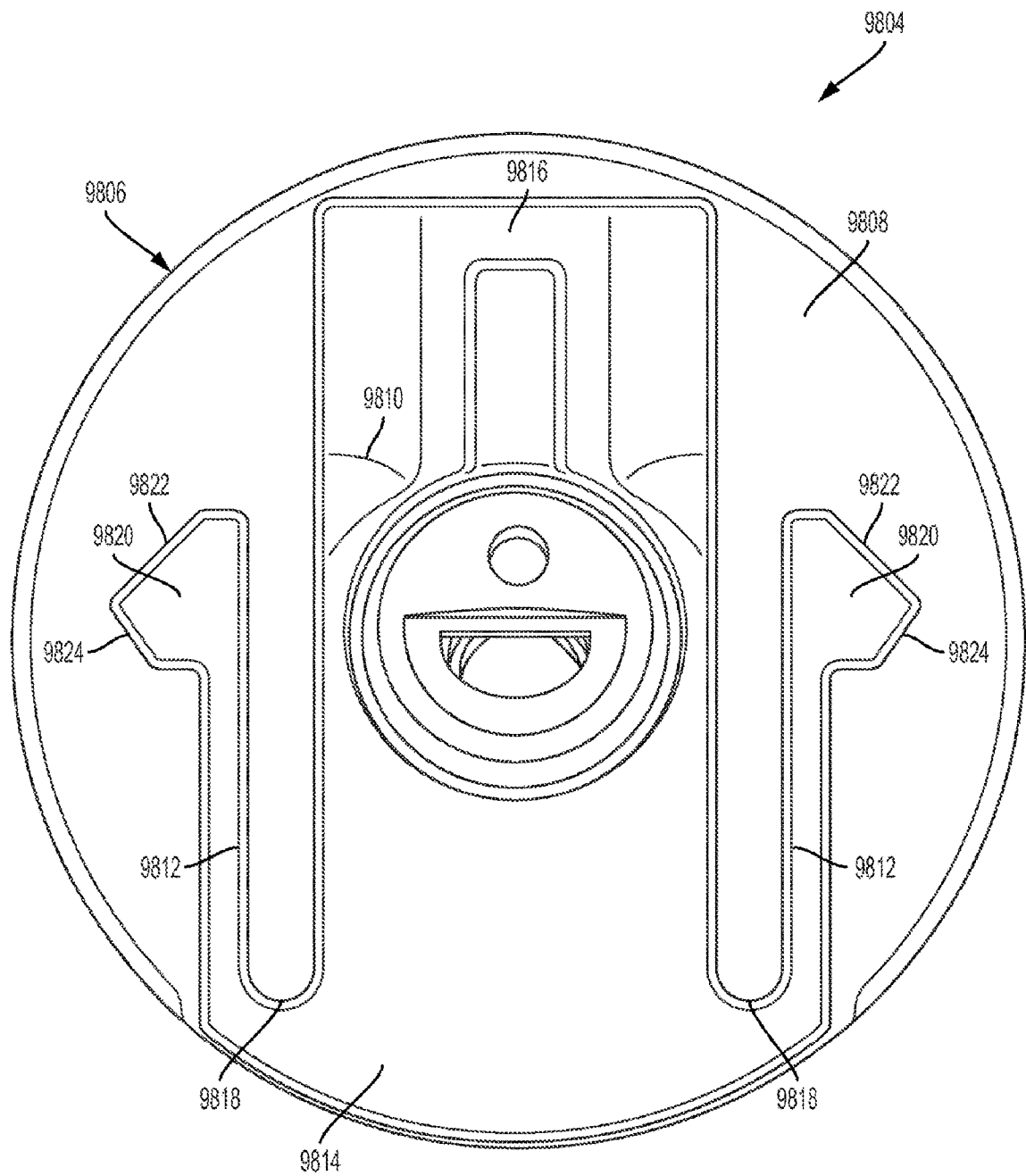


FIG. 118

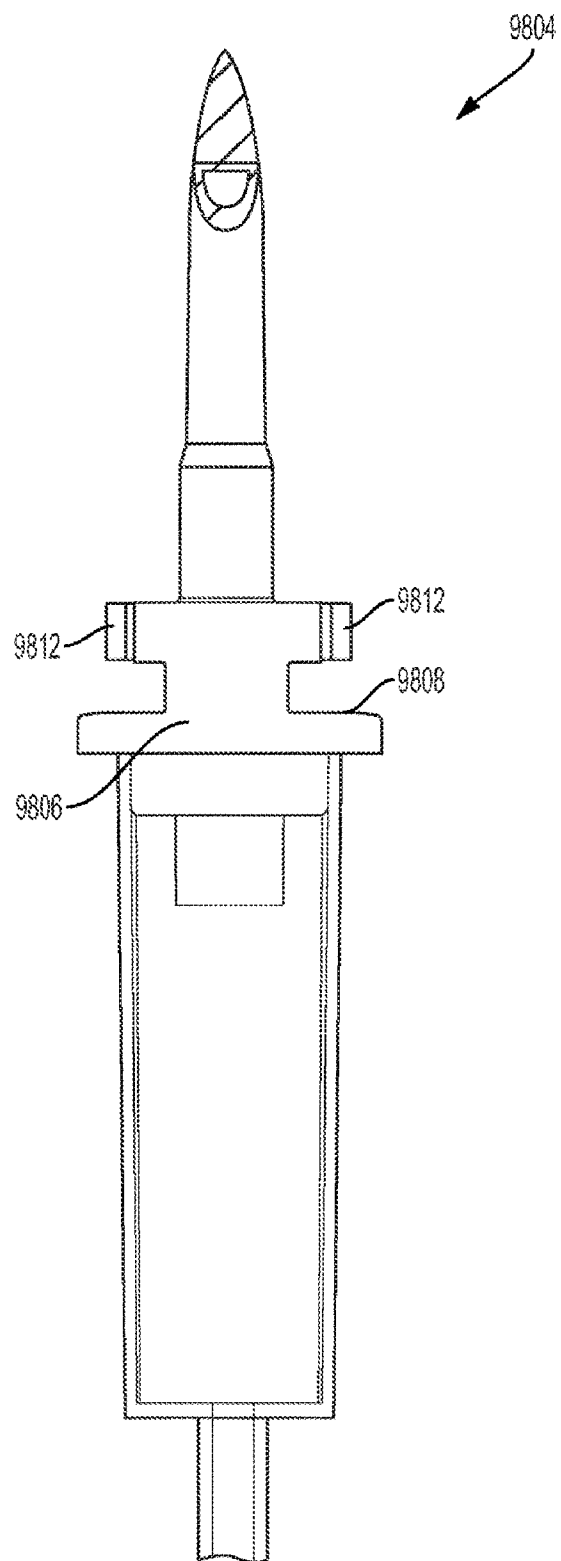


FIG. 119

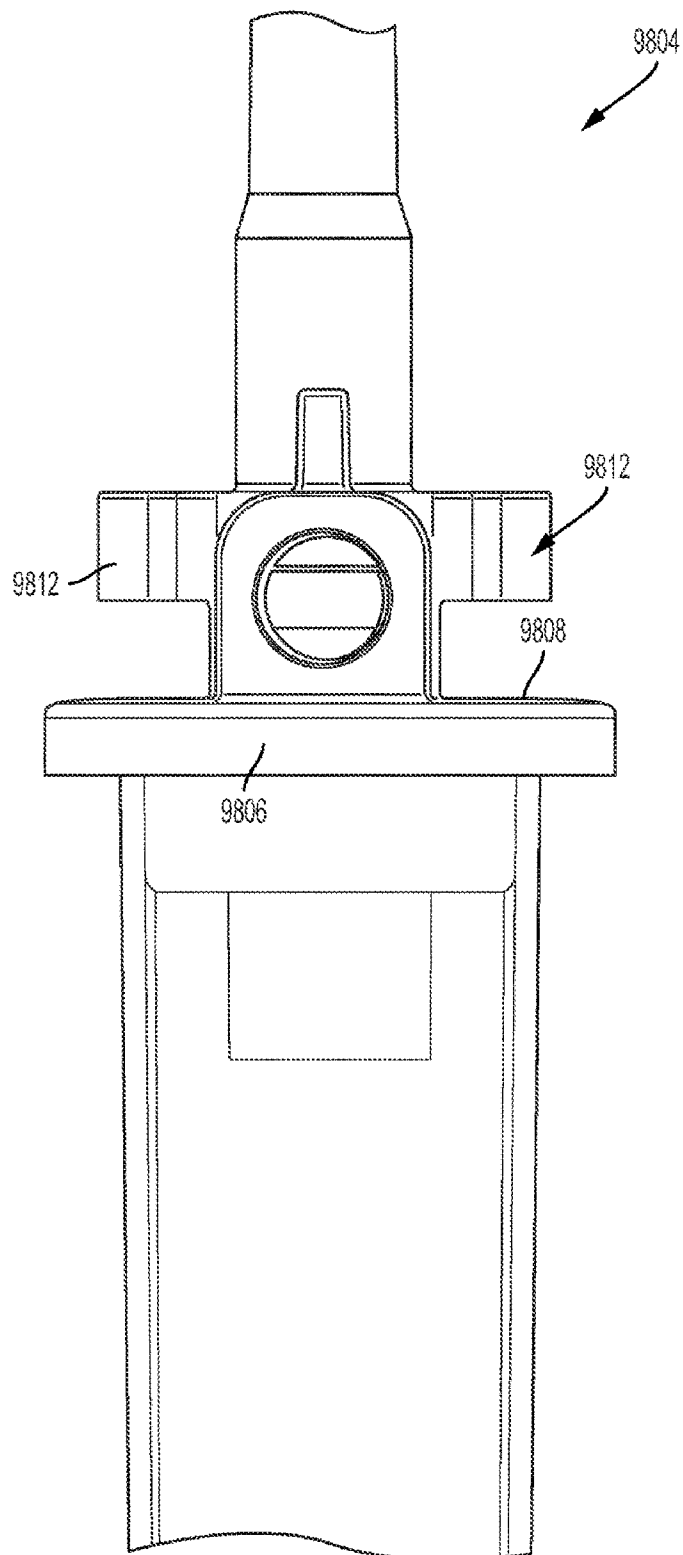
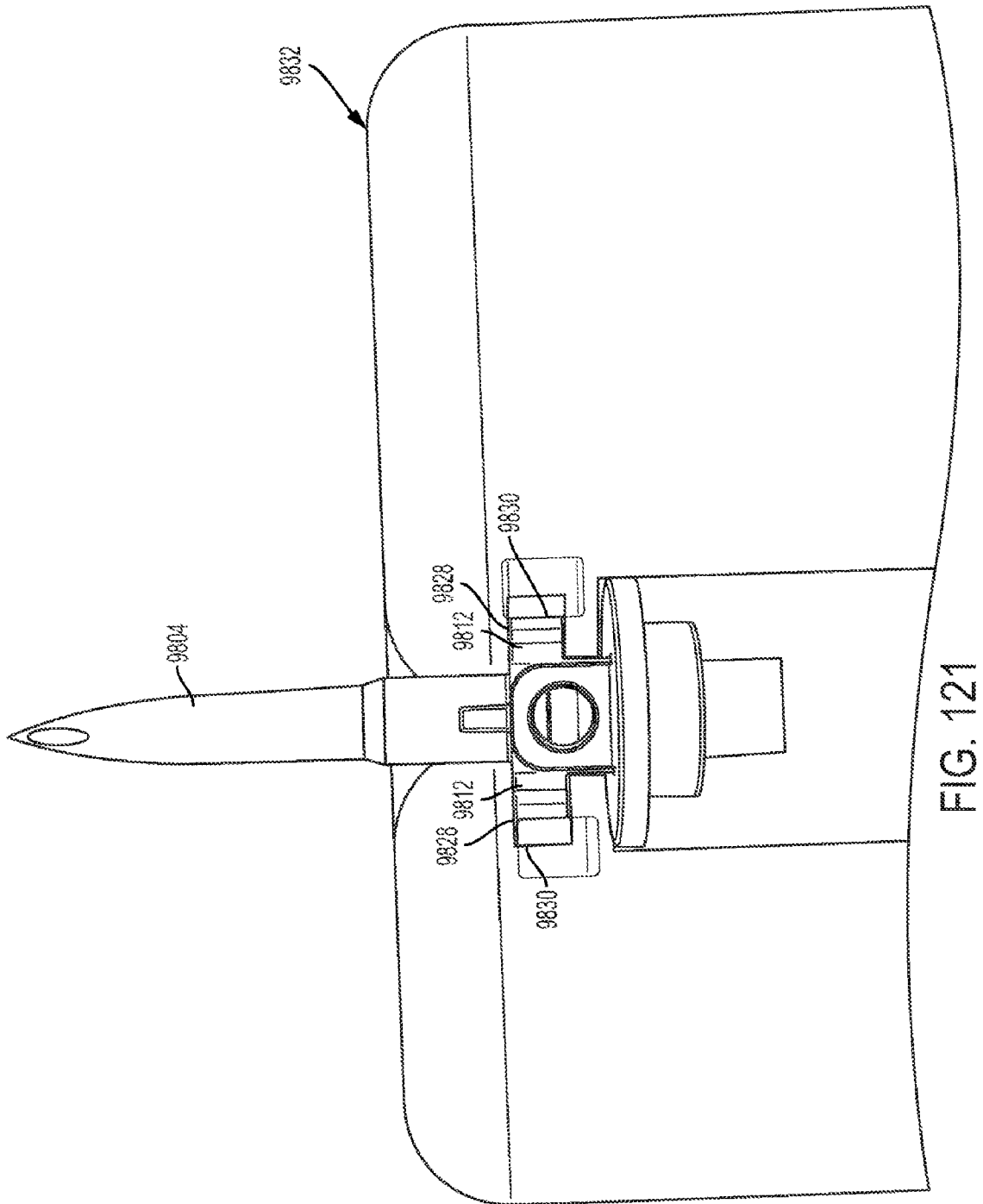


FIG. 120



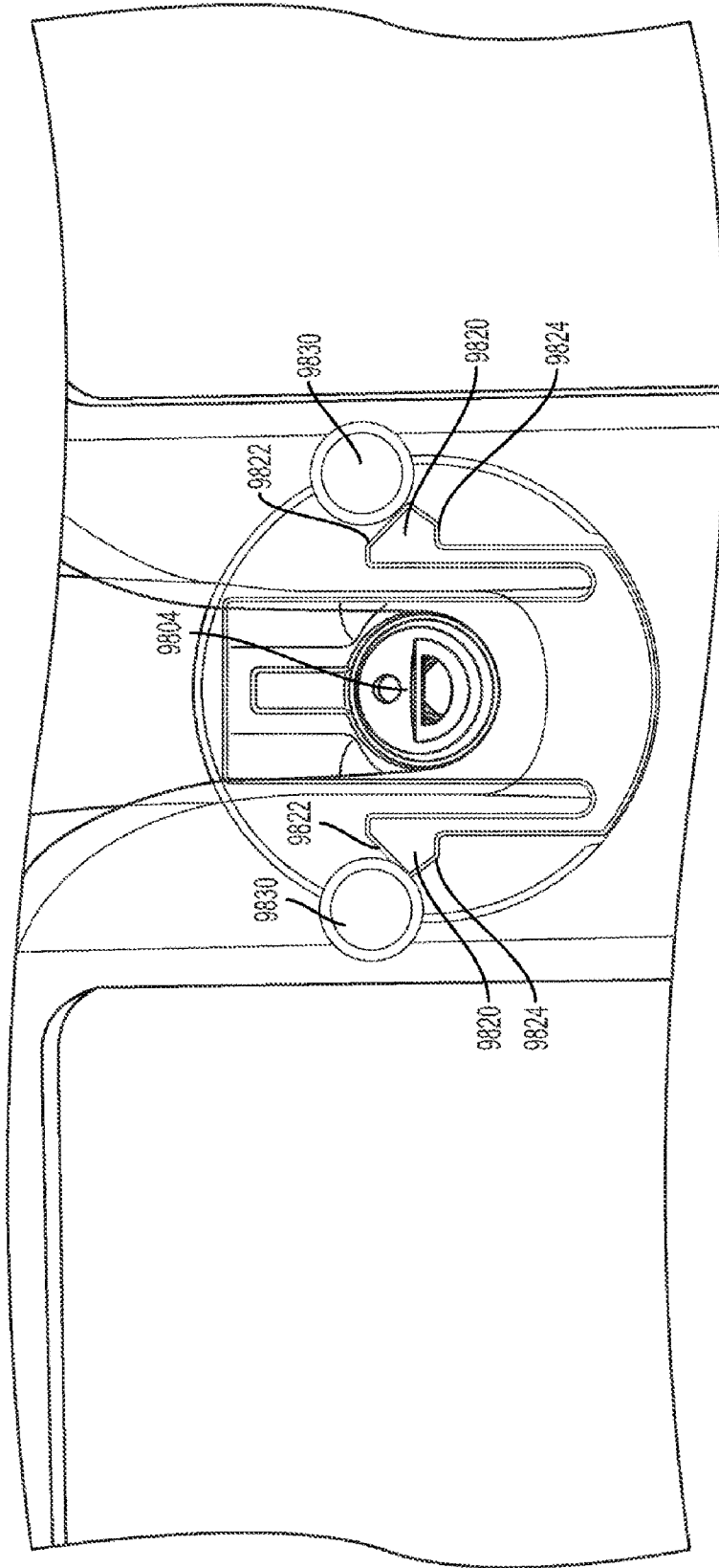
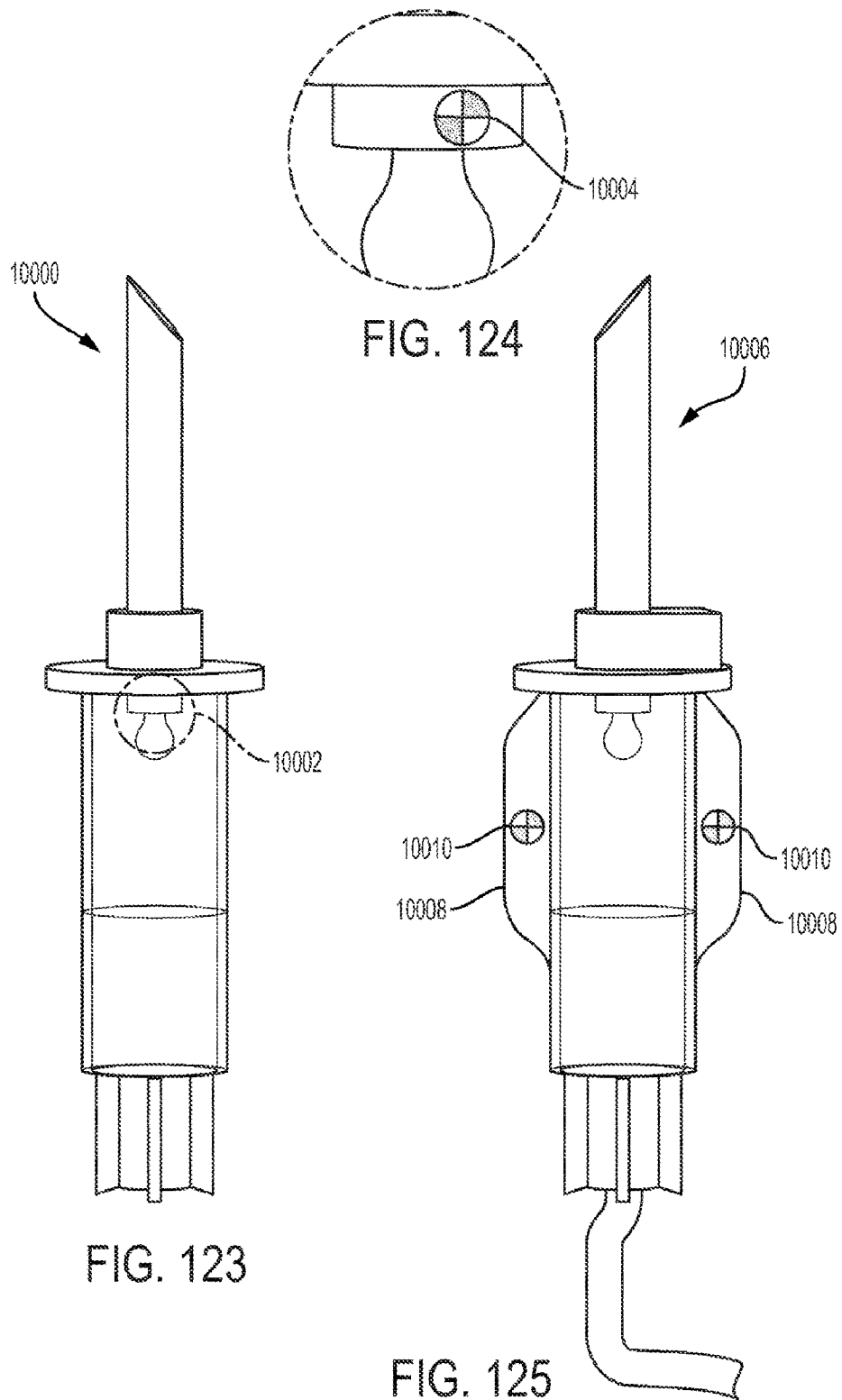


FIG. 122



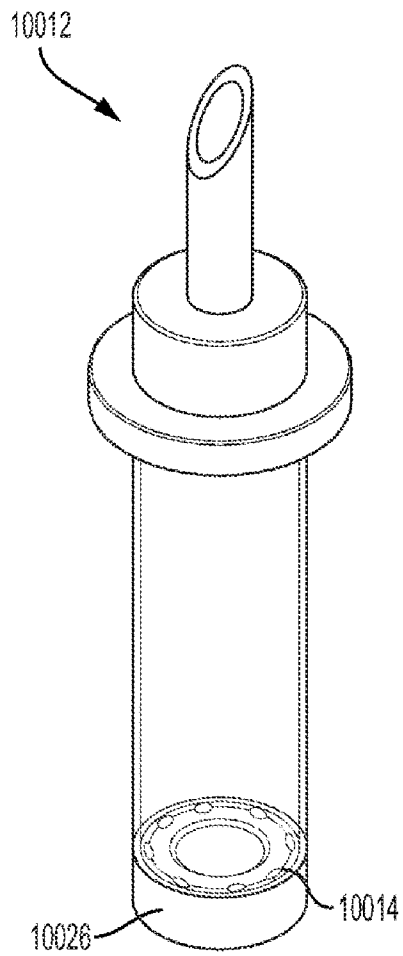


FIG. 126

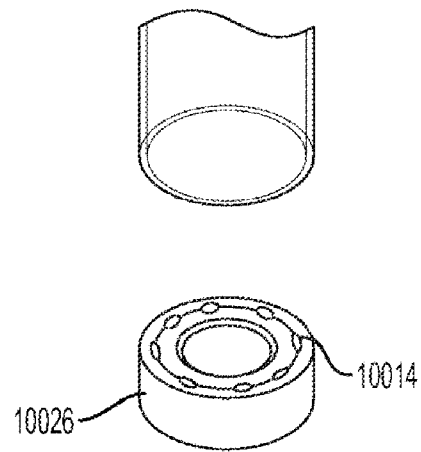


FIG. 127

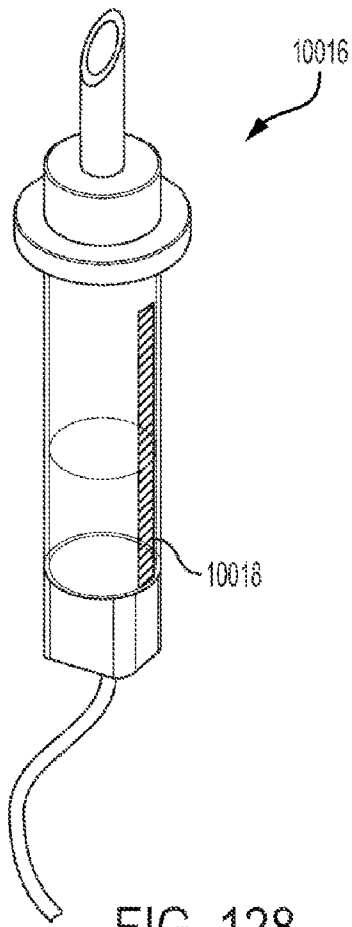


FIG. 128

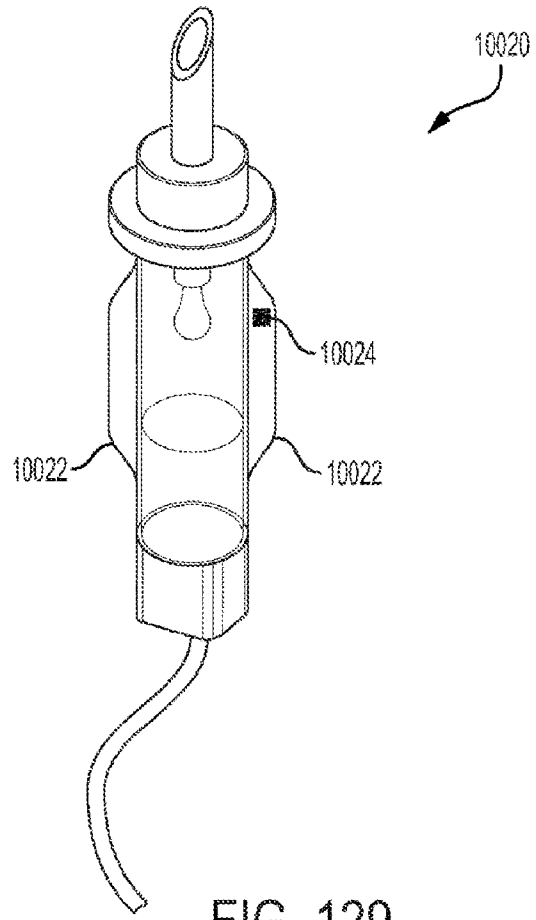


FIG. 129

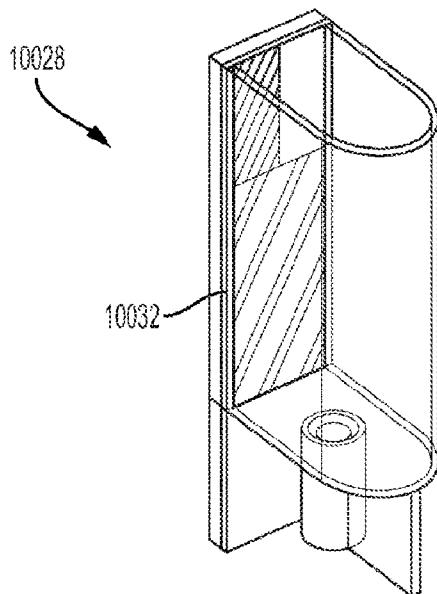


FIG. 130

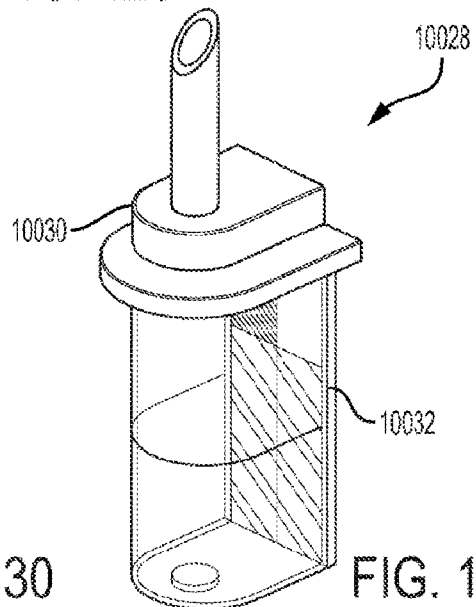


FIG. 131

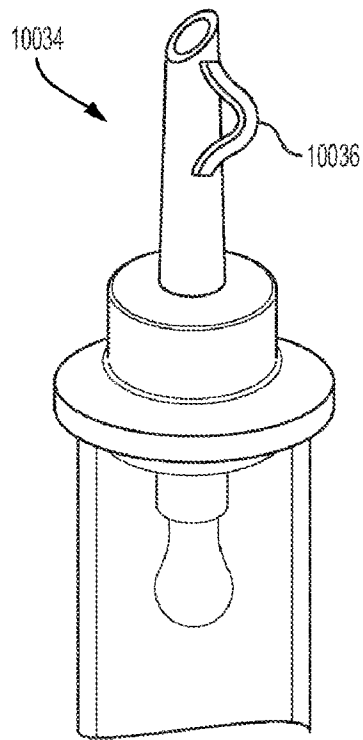


FIG. 132

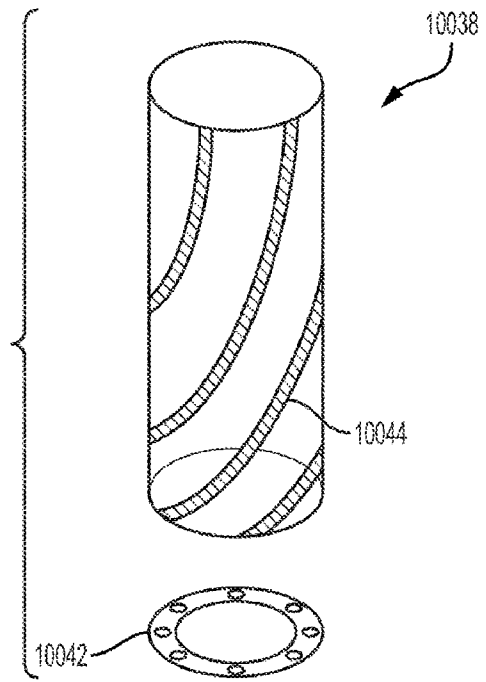


FIG. 133

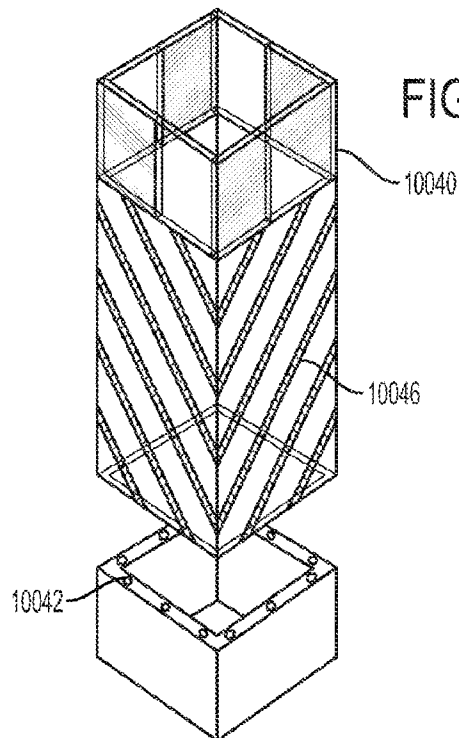


FIG. 134

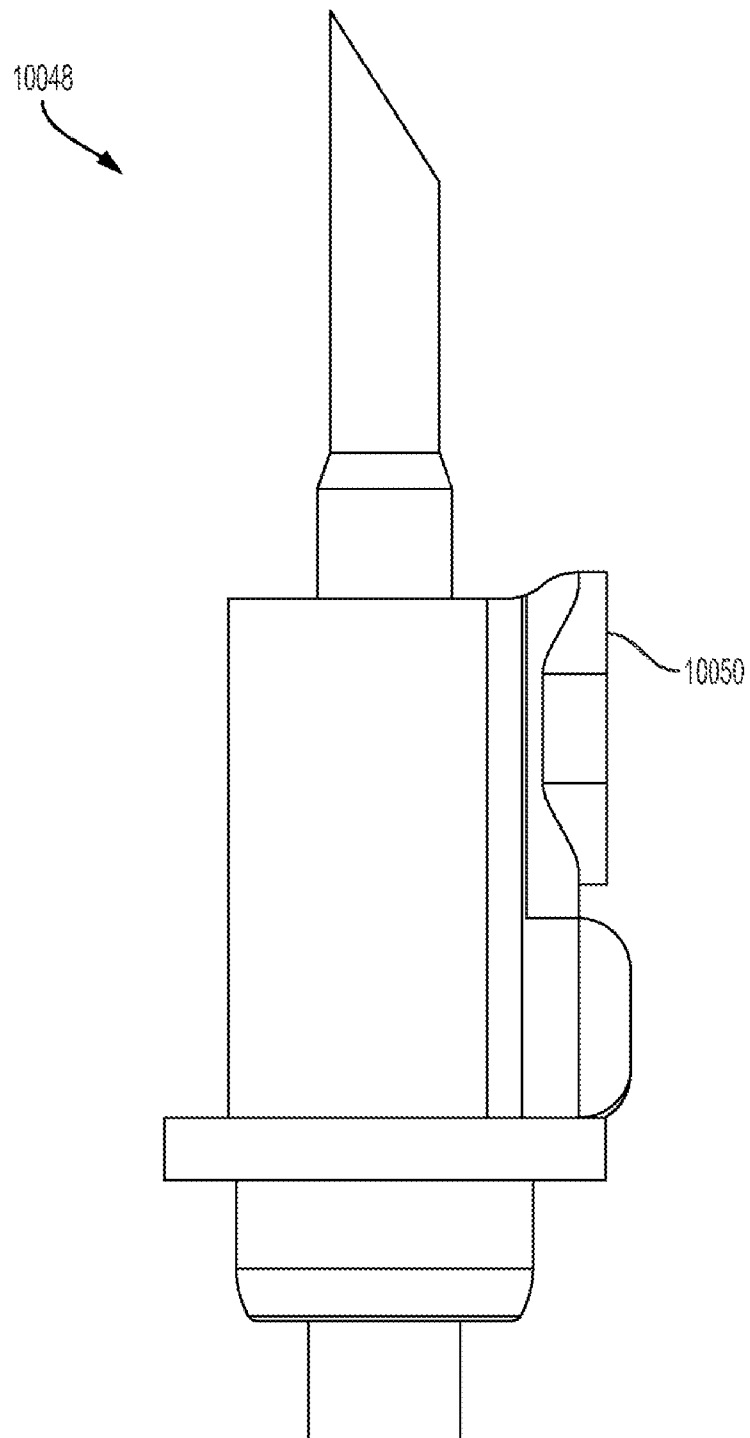


FIG. 135A

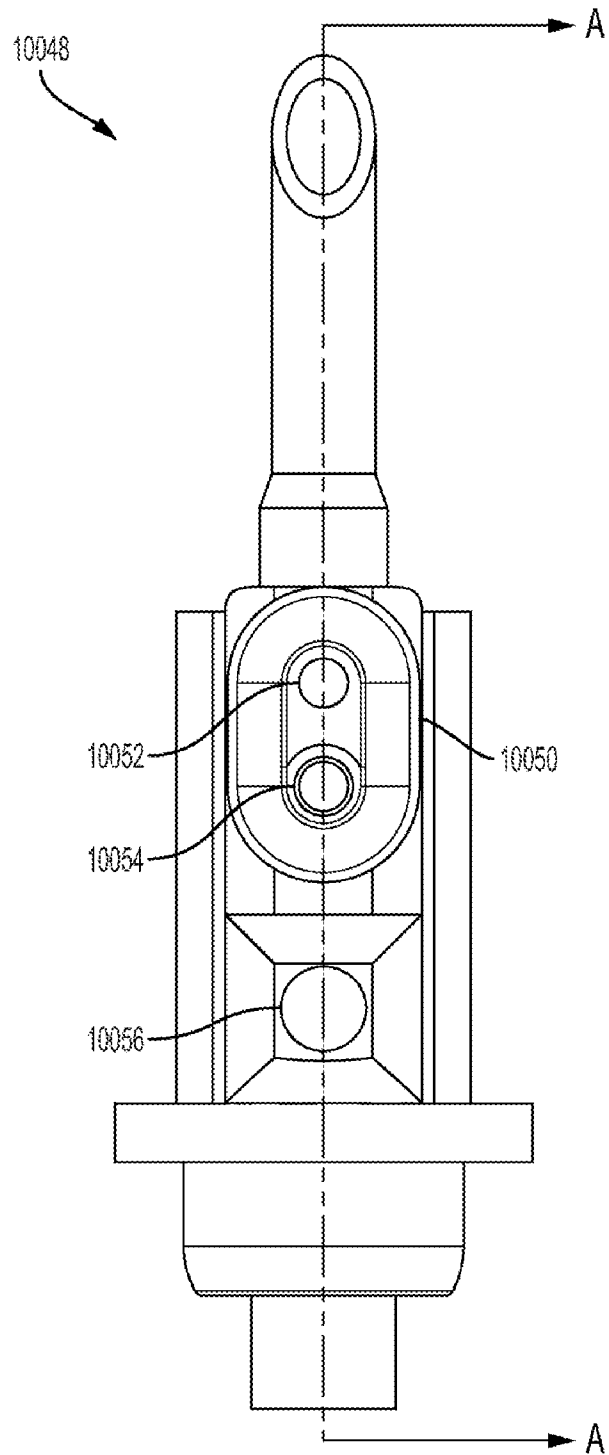
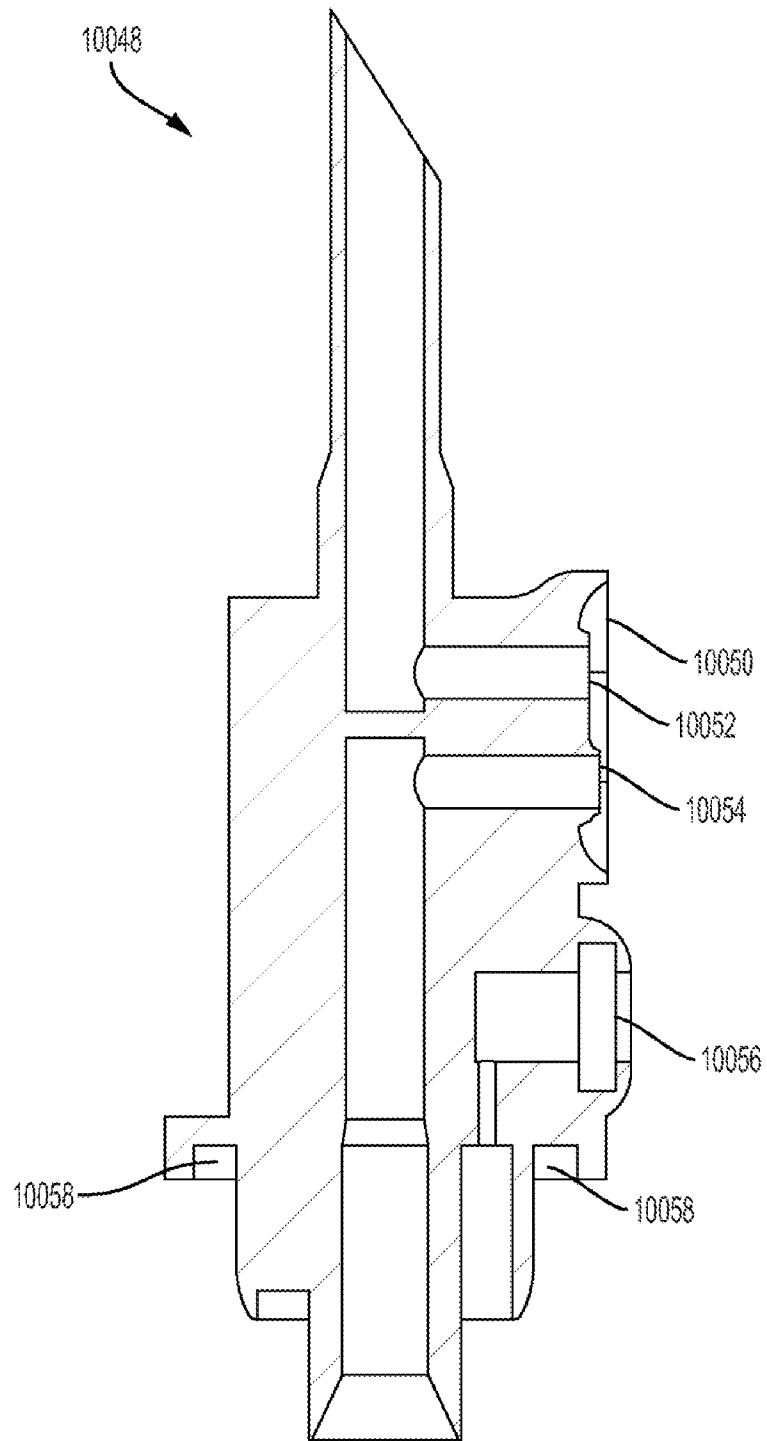


FIG. 135B



SECCIÓN A-A FIG. 135C

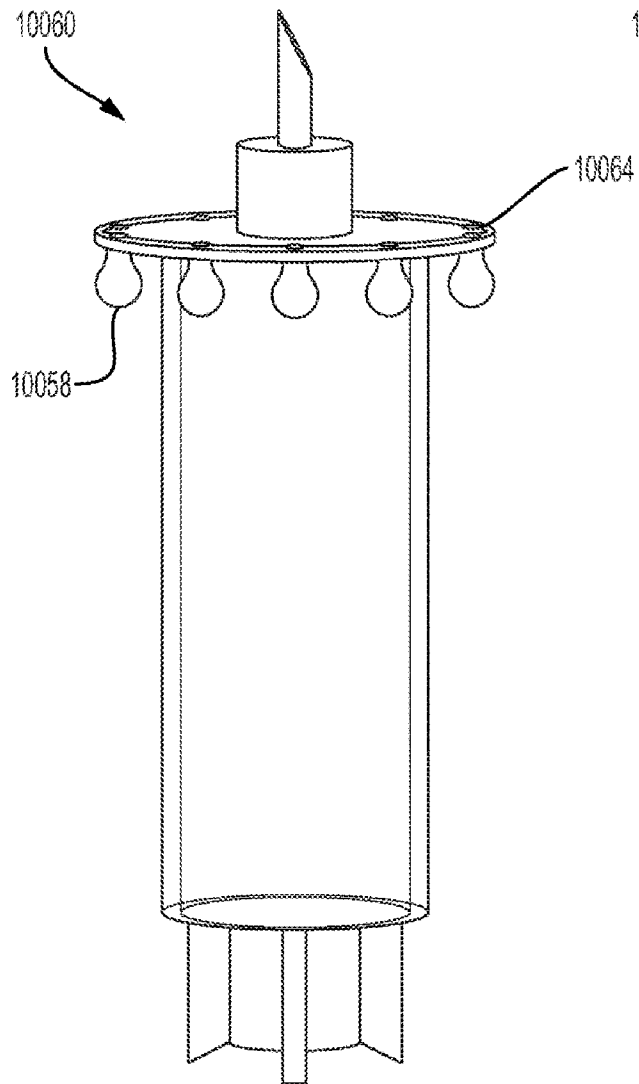


FIG. 136

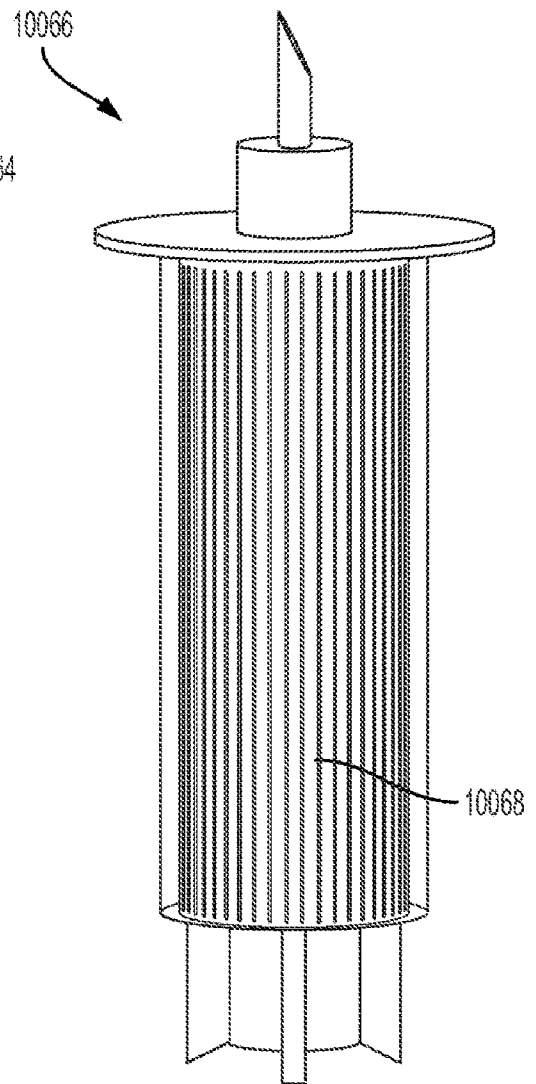


FIG. 137

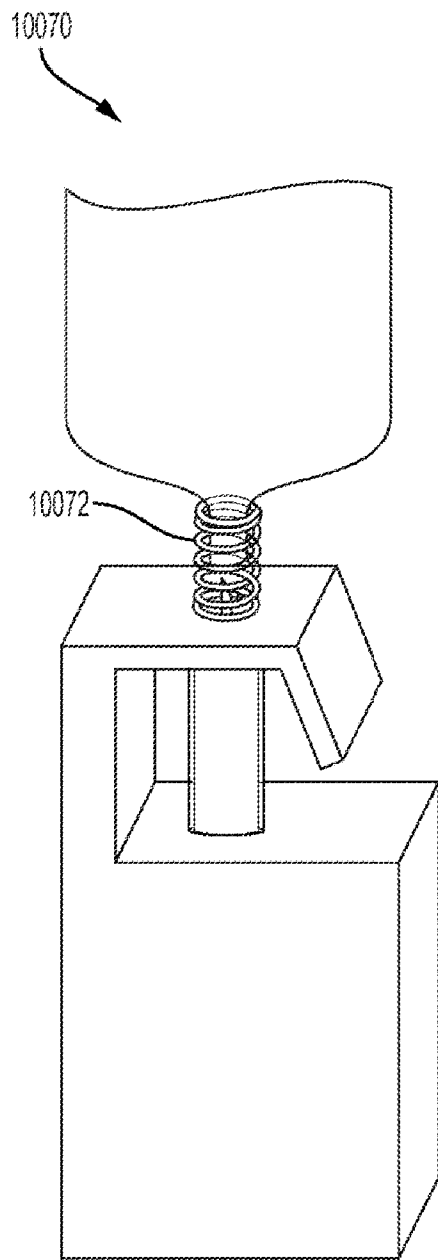


FIG. 138

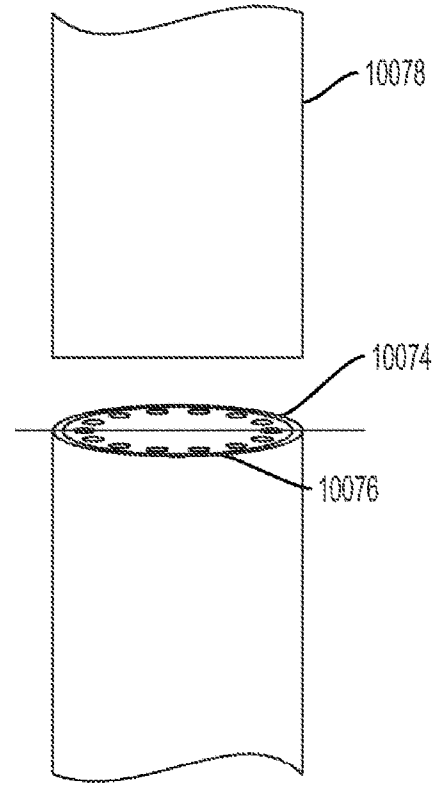


FIG. 139

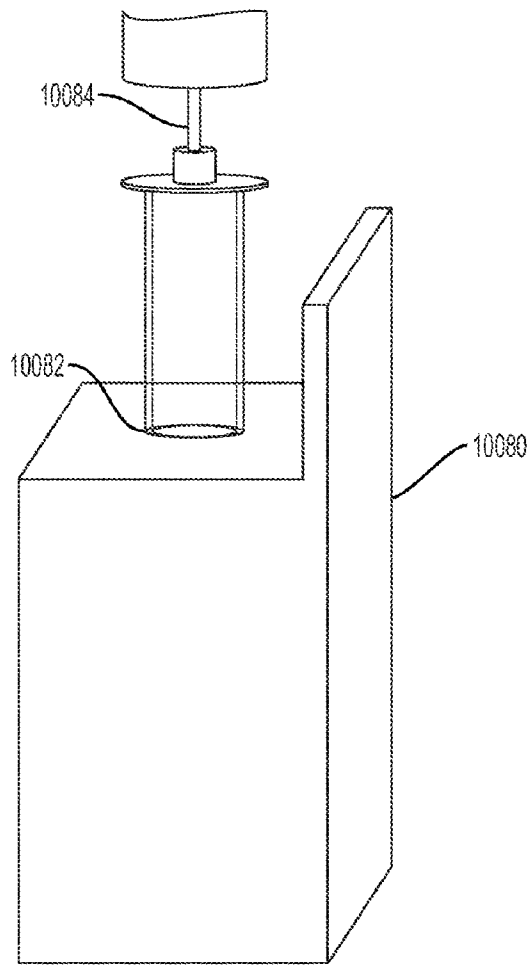


FIG. 140

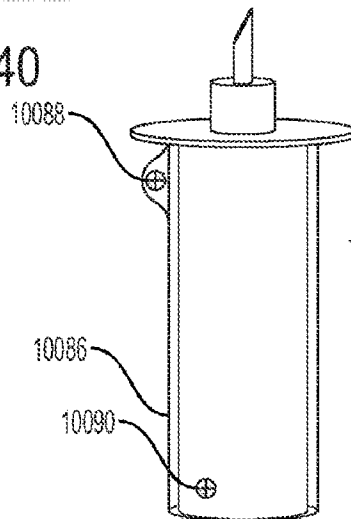


FIG. 141A

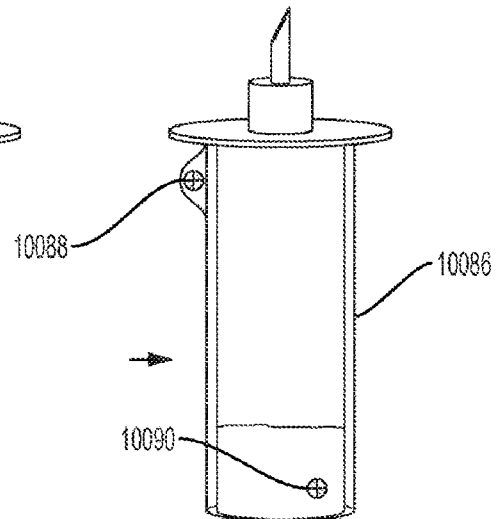
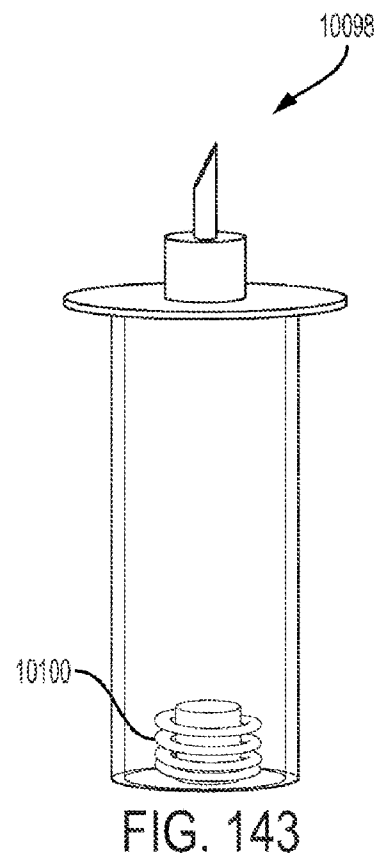
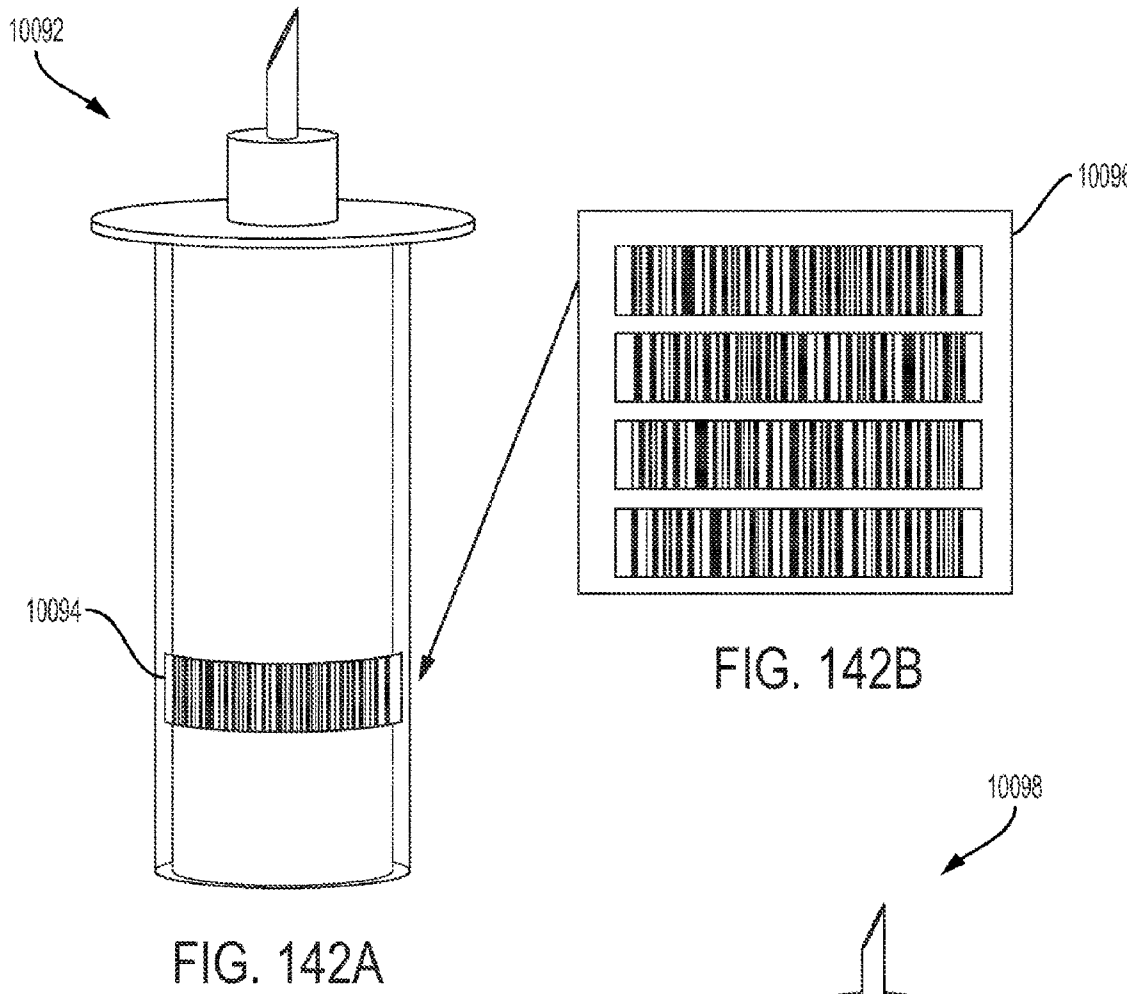


FIG. 141B



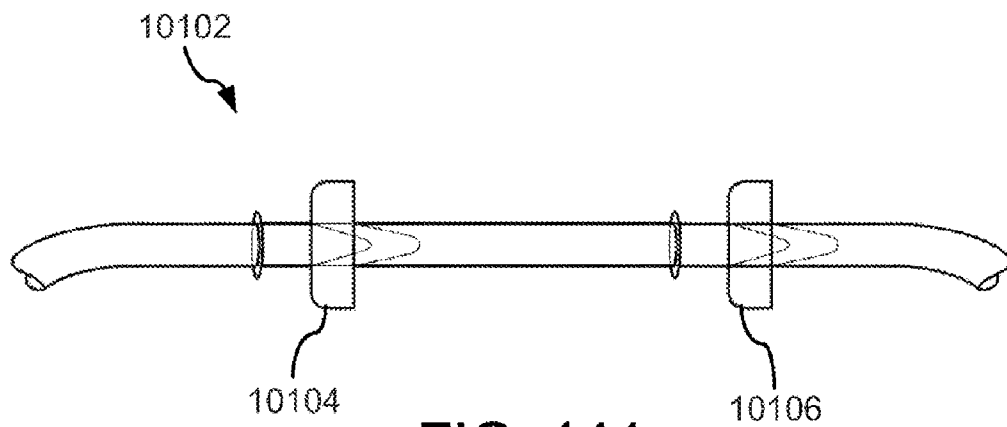


FIG. 144

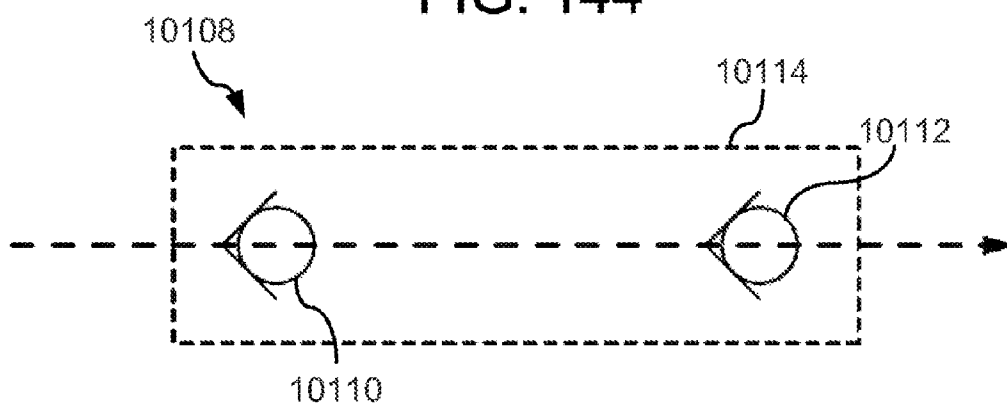


FIG. 145

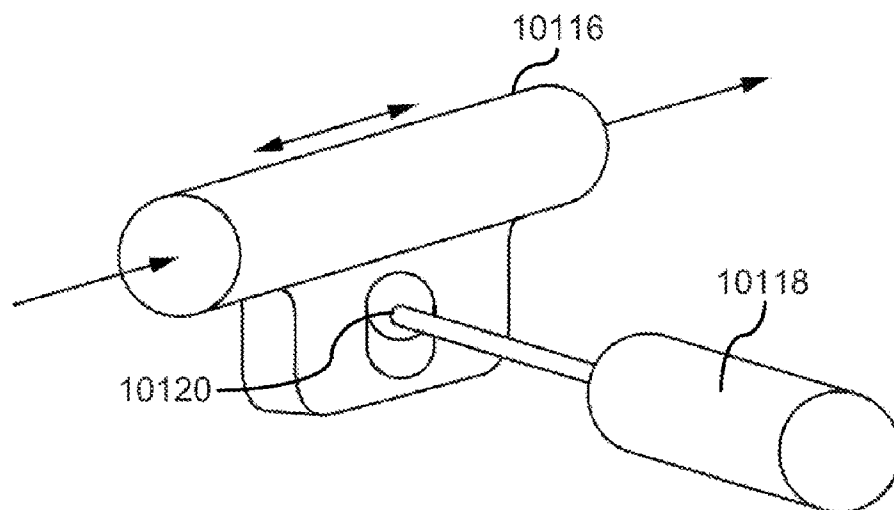


FIG. 146

