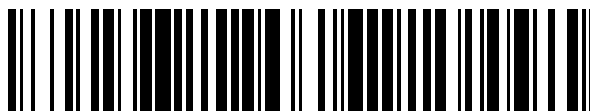


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 748**

51 Int. Cl.:

A61M 5/142

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2009** **E 09251682 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012** **EP 2140892**

54 Título: **Microbomba volumétrica**

30 Prioridad:

30.06.2008 US 76845

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
25.02.2013

73 Titular/es:

**ANIMAS CORPORATION (100.0%)
200 LAWRENCE DRIVE
WEST CHESTER, PA 19380, US**

72 Inventor/es:

O'CONNOR, SEAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 396 748 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

Microbomba volumétrica

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere, en general, a sistemas de administración de fármacos y, más en particular, a un sistema de comunicaciones para un dispositivo de administración de fármacos que puede controlarse a distancia. La presente invención también se refiere a los procedimientos de montaje de dicho dispositivo de administración de fármacos, de una manera que mejora la fiabilidad, precisión y administración del fármaco en el dispositivo.

Antecedentes de la invención

- 10 La diabetes mellitus es un trastorno metabólico crónico provocado por la incapacidad del páncreas para producir cantidades suficientes de la hormona insulina, de manera que el metabolismo es incapaz de proporcionar la absorción adecuada de azúcar y almidón. Esta insuficiencia conduce a la hiperglucemia, es decir, la presencia de una cantidad excesiva de azúcar dentro del plasma sanguíneo. La hiperglucemia persistente provoca una diversidad de síntomas graves y complicaciones potencialmente mortales a largo plazo, tales como la deshidratación, cetoacidosis, coma diabético, enfermedades cardiovasculares, insuficiencia renal crónica, daño en la retina y daños nerviosos con el riesgo de amputación de extremidades. Debido a que todavía no es posible la curación, es
- 15 necesaria una terapia permanente que proporcione un control de la glucemia constante con el fin de mantener siempre el nivel de glucosa en sangre dentro de los límites normales. Este control de la glucemia se logra suministrando regularmente insulina externa al cuerpo del paciente para reducir de este modo los niveles elevados de glucosa en sangre.

- 20 La insulina externa se administraba habitualmente por medio de múltiples inyecciones diarias de una mezcla de insulina de acción rápida e intermedia a través de una jeringa hipodérmica. Aunque este tratamiento no requiere la estimación frecuente de la glucosa en sangre, se ha descubierto que el grado de control de la glucemia que puede lograrse de esta manera no es el óptimo, porque la administración es distinta a la producción de insulina fisiológica, de acuerdo con lo cual la insulina entra en el torrente sanguíneo a una velocidad menor y durante un período más
- 25 prolongado de tiempo. Puede lograrse un control de la glucemia mejorado mediante la denominada insulino terapia intensiva, que está basada en múltiples inyecciones diarias, incluyendo una o dos inyecciones por día de insulina de acción prolongada para proporcionar insulina basal, e inyecciones adicionales de insulina de acción rápida antes de cada comida en una cantidad proporcional a la cantidad de comida. Aunque las jeringas tradicionales se han sustituido, al menos en parte, por bolígrafos de insulina, las inyecciones frecuentes son, sin embargo, muy
- 30 incómodas para el paciente, especialmente para aquellos que son incapaces de auto-administrarse las inyecciones de manera fiable.

- Se han logrado mejoras sustanciales en la terapia de la diabetes mediante el desarrollo de la bomba de infusión de insulina, aliviando al paciente de la necesidad de jeringas o bolígrafos de insulina y la administración de múltiples inyecciones diarias. La bomba de insulina permite la administración de insulina de una manera que lleva a una
- 35 mayor similitud con los procesos fisiológicos de origen natural, y puede controlarse para seguir protocolos convencionales o modificados individualmente para proporcionar al paciente un mejor control de la glucemia.

- Las bombas de infusión pueden construirse como un dispositivo implantable para la disposición subcutánea o pueden construirse como un dispositivo externo con un equipo de infusión para la infusión subcutánea al paciente a través de la inserción transcutánea de un catéter o cánula. Las bombas de infusión externa están montadas en la
- 40 ropa, ocultas bajo o dentro de la ropa, o montadas en el cuerpo y se controlan, en general, a través de una interfaz de usuario incorporada en el dispositivo. Los documentos WO 2006/113408 A, WO 2008/024808 A y WO 00/00241 A desvelan bombas para la administración de fluidos.

- Con independencia del tipo de bomba de infusión, se necesita la monitorización de la glucosa en sangre para lograr un control de la glucemia aceptable. Por ejemplo, la administración de cantidades adecuadas de insulina por la
- 45 bomba de insulina requiere que el paciente determine con frecuencia su nivel de glucosa en sangre y que introduzca manualmente este valor en una interfaz de usuario para las bombas externas, la cual calcula a continuación una modificación adecuada del protocolo de administración de insulina predeterminado o actualmente en uso, es decir, la dosis y el momento, y se comunica posteriormente con la bomba de insulina para ajustar su funcionamiento en consecuencia. La determinación de la concentración de glucosa en sangre se realiza habitualmente por medio de un
- 50 dispositivo de medición, tal como un medidor electrónico portátil, que recibe muestras de sangre a través de tiras de ensayo basadas en enzimas y calcula el valor de glucosa en sangre basado en la reacción enzimática.

- Puesto que el medidor de glucosa en sangre es una parte importante de un programa de tratamiento del control de la glucemia eficaz, es deseable integrar los aspectos de medición del medidor en una bomba externa o el control remoto de una bomba. La integración elimina la necesidad de que el paciente lleve un dispositivo medidor separado,
- 55 ofrece ventajas de comodidad y seguridad añadidas, eliminando la introducción manual de las lecturas de glucosa, y puede reducir los casos de dosificación del fármaco incorrecta como resultado de una introducción de datos inexacta.

Breve descripción de las figuras

- Los dibujos adjuntos, que se incorporan en el presente documento y constituyen parte de la presente memoria, ilustran las realizaciones preferidas de la invención en la actualidad, y, junto con la descripción general proporcionada anteriormente y la descripción detallada proporcionada a continuación, sirven para explicar las características de la invención (en la que números iguales representan elementos iguales), de los cuales:
- 5 Las figuras 1A-1C son vistas en sección transversal de un motor de bomba. La figura 1A ilustra el motor de bomba completo, mientras que las figuras 1B y 1C ilustran una parte del motor de bomba durante un ciclo de bombeo.
- Las figuras 2A-2C son vistas en sección transversal de un pistón escalonado, que puede usarse en las realizaciones de la presente invención, y el motor de bomba ilustrado en las figuras 1A-1C.
- 10 La figura 3 es una vista en sección transversal de un motor de bomba con un pistón escalonado, de acuerdo con una realización descrita e ilustrada en el presente documento.
- Las figuras 4A-4C son vistas en sección transversal de un motor de bomba, de acuerdo con una realización descrita e ilustrada en el presente documento. La figura 4A ilustra el motor de bomba en reposo, mientras que las figuras 4B y 4C ilustran el motor de bomba durante un ciclo de bombeo.
- 15 Las figuras 5A-5C son vistas en perspectiva y en sección transversal de un motor de bomba. El motor de bomba tiene un volumen muerto mínimo, y crea una trayectoria de flujo continua en su posición de carrera completa.
- La figura 6 ilustra un motor de bomba, con un volumen muerto mínimo, acoplado a un depósito y un equipo de infusión.
- 20 Las figuras 7A-7B son vistas en perspectiva de un motor de bomba con accionador, de acuerdo con una realización descrita e ilustrada en el presente documento.
- Las figuras 8A-8E son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula de retención de salida.
- Las figuras 9A-9B son vistas en perspectiva que ilustran un procedimiento para fabricar un conjunto de soporte/membrana elástica como se ilustra en la figura 8D.
- 25 Las figuras 10A-10B son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula de retención. La válvula de retención puede usarse como una válvula de retención de entrada, o una válvula de retención de salida.
- Las figuras 11A-11C son vistas en perspectiva y en planta de una válvula activada mecánicamente. La válvula activada mecánicamente se coloca habitualmente en el interior de una cámara de bomba, y puede usarse como una válvula de salida en cualquiera de los motores de bomba descritos e ilustrados en el presente documento.
- 30 Las figuras 12A-12B son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula de retención. La válvula de retención puede colocarse entre una cámara de bomba y un depósito, o entre una cámara de bomba y un equipo de infusión. La válvula de retención puede usarse con cualquiera de los motores de bomba descritos e ilustrados en el presente documento.
- La figura 13 es una vista en sección transversal de un motor de bomba. El motor de bomba se coloca habitualmente entre un depósito y un equipo de infusión.
- 35 La figura 14 es una vista en sección transversal de un motor de bomba. El motor de bomba se coloca habitualmente entre un depósito y un equipo de infusión.
- La figura 15 es una vista en perspectiva de una cámara de acumulación con válvula. La cámara de acumulación con válvula puede colocarse entre una cámara de bomba y un equipo de infusión, y evita el suministro involuntario de fluido. La cámara de acumulación con válvula puede usarse con cualquiera de los motores de bomba descritos e ilustrados en el presente documento.
- 40 Las figuras 16A-16B son vistas en sección transversal de un motor de bomba de doble cámara, de acuerdo con una realización descrita e ilustrada en el presente documento.
- Las figuras 17A-17B son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula de retención hidrófoba. La válvula de retención hidrófoba puede usarse para ventilar el aire durante el llenado de un depósito, y para evitar que el aire fluya al interior de un depósito cuando los líquidos se extraen del depósito.
- 45 Las figuras 18A-18B son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula de retención hidrófoba. La válvula de retención hidrófoba puede usarse para ventilar el aire durante el llenado de un depósito, y para evitar que el aire fluya en un depósito cuando los líquidos se extraen del depósito.
- Las figuras 19A-19B son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula de retención hidrófila/hidrófoba. La válvula de retención hidrófila/hidrófoba puede usarse para ventilar el aire durante el llenado de
- 50

un depósito, y para evitar que el aire fluya en un depósito cuando los líquidos se extraen del depósito.

Las figuras 20A-20B son vistas en perspectiva de depósitos. Los depósitos eliminan los bolsillos de aire no deseados durante el llenado, y son especialmente útiles cuando se incorporan en los motores y sistemas de bomba descritos e ilustrados en el presente documento.

- 5 Las figuras 21A-21B son vistas en sección transversal y en perspectiva de un contador de fluido peristáltico. El contador de fluido peristáltico mide el volumen de fluido que fluye a través del mismo, y es especialmente útil cuando se incorpora en los motores y sistemas de bomba descritos e ilustrados en el presente documento.

Descripción detallada de las figuras

- 10 La descripción detallada siguiente debe interpretarse con referencia a los dibujos, en los que los mismos elementos en diferentes dibujos están idénticamente numerados. Los dibujos, que no son necesariamente a escala, representan realizaciones seleccionadas y no pretenden limitar el ámbito de la invención. La descripción detallada ilustra a modo de ejemplo, no a modo de limitación, los principios de la invención. Evidentemente, la presente descripción permitirá que un experto en la materia realice y use la invención, y describe varias realizaciones, adaptaciones, variaciones, alternativas y usos de la invención, incluyendo lo que en la actualidad se considera que es el mejor modo de realizar la invención.

- 15 Las figuras 1A-1C son vistas en sección transversal de un motor 100 de bomba. La figura 1A ilustra el motor de bomba completo, mientras que las figuras 1B y 1C ilustran una parte del motor de bomba durante un ciclo de bombeo. Haciendo referencia a la figura 1A, el motor 100 de bomba comprende la carcasa 102, el pistón 104, la entrada 106, la salida 108, la válvula 110 de retención de entrada, la válvula 112 de retención de salida, la cámara 20 114 de bomba, la abertura 116, y la junta 118. El fluido fluye al interior de la cámara 114 de bomba a través de la entrada 106 y la válvula 110 de retención de entrada, mientras que el fluido fluye hacia fuera de la cámara 114 de bomba a través de salida 108 y la válvula 112 de retención de salida. La válvula 110 de retención de entrada solo permite el flujo al interior de la cámara 114 de bomba, mientras que la válvula 112 de retención de salida solo permite el flujo hacia fuera de la cámara 114 de bomba. El pistón 104 entra en la cámara 114 de bomba a través de la abertura 116, y se sella alrededor de su perímetro mediante la junta 118. El pistón 104 puede moverse de atrás y hacia delante a lo largo de su eje, mientras se mantiene una junta hermética entre el pistón 104 y la carcasa 102.

- 25 La carcasa 102 y el pistón 104 pueden fabricarse usando una amplia diversidad de materiales, incluyendo, pero sin limitarse a, polímeros, metales puros, aleaciones metálicas, cerámicas, y silicio. Los polímeros incluyen ABS, acrílico, fluoroplásticos, poliamidas, poliariletercetona, PET, policarbonato, polietileno, PEEK, polipropileno, poliestireno, poliuretano, cloruro de polivinilo, y poliestireno. Los metales puros incluyen titanio, platino, o cobre, mientras que las aleaciones metálicas incluyen acero y níquel titanio (Nitinol). La junta 118 se fabrica habitualmente de un polímero, tal como el caucho natural o sintético, pero también puede fabricarse de metal, cerámica, o silicio. Las válvulas 110 y 112 de retención de entrada y de salida pueden fabricarse usando polímeros, metales, cerámicas, y/o silicio, e incluyen con frecuencia un componente de polímero (tal como una bola o tapón de caucho 35 sintético), y un componente de metal (tal como un muelle).

- 40 Las figuras 1B y 1C ilustran el motor 100 de bomba durante un ciclo de bombeo. En la figura 1B, el pistón 104 se ha alejado de la posición ilustrada en la figura 1A, en la dirección indicada por la flecha A1. A medida que el pistón 104 se mueve en la dirección indicada por la flecha A1, el contenido de la cámara 114 de bomba aumenta en presión, haciendo que se cierre la válvula 110 de retención de entrada y se abra la válvula 112 de retención de salida. Cuando se abre la válvula 112 de retención de salida, el fluido fluye desde la cámara 114 de bomba, y a través de la válvula 112 de retención de salida y la salida 108. El volumen desplazado desde la cámara 114 de bomba es aproximadamente igual al volumen desplazado por el pistón 104 a medida que el pistón 104 se desplaza en la dirección indicada por la flecha A1. En la figura 1C, el pistón 104 se desplaza de nuevo a su posición original, como se indica por la flecha A2. A medida que el pistón 104 se desplaza en la dirección indicada por A2, disminuye la presión en la cámara 114 de bomba, haciendo que se abra la válvula 110 de retención de entrada y que se cierre la 45 válvula 112 de retención de salida. La disminución de la presión en la cámara 114 de bomba hace que el fluido fluya a través de la entrada 106 y la válvula 110 de retención de entrada al interior de la cámara 114 de bomba. El volumen desplazado desde la cámara 114 de bomba a medida que el pistón 104 se mueve desde la posición ilustrada en la figura 1A hacia la posición ilustrada en figura 1B, y el volumen que fluye al interior de la cámara 114 de bomba a medida que el pistón 104 se desplaza desde la posición ilustrada en la figura 1B hacia la posición 50 ilustrada en la figura 1C, se ilustran por el volumen 120.

- 55 Las figuras 2A-2C son vistas en sección transversal de un pistón 200 escalonado, que puede usarse en las realizaciones de la presente invención, tal como el motor de bomba ilustrado en las figuras 1A-1C. En la figura 2A, el pistón 200 escalonado está en una posición inicial, e incluye la primera parte 202, la segunda parte 204, y el escalón 206. Cuando se usa con un motor de bomba, tal como el ilustrado en las figuras 1A-1C, la primera parte 202 y la segunda parte 204 pasan a través de las paredes en la carcasa, y ocupan una parte de la cámara de bomba. La mayor parte de la primera parte 202, el escalón 206, y la segunda parte 204 están inicialmente dentro de la cámara de bomba, y permanecen dentro de la cámara de bomba a medida que el pistón 200 escalonado se mueve de atrás y hacia delante. En la figura 2B, el pistón 200 escalonado se mueve en la dirección indicada por la flecha A3, y el

escalón 206 queda en reposo a la derecha de su posición original. Cuando el pistón 200 escalonado se mueve en la dirección indicada por flecha A3, desplaza el fluido desde la cámara de bomba en la que está montado. En la figura 2C, el pistón 200 escalonado se mueve en la dirección indicada por la flecha A4, de vuelta a la posición original ilustrada en la figura 2A. Cuando el pistón 200 escalonado se mueve desde la posición ilustrada en la figura 2A hacia la posición ilustrada en la figura 2B, desplaza desde la cámara de bomba un volumen igual al volumen 208. Cuando el pistón 200 escalonado se mueve desde la posición ilustrada en la figura 2B hacia la posición ilustrada en la figura 2C, introduce en la cámara de bomba un volumen igual al volumen 208. Hay ventajas en el uso de un pistón escalonado, en comparación con el pistón ilustrado en las figuras 1A-1C. En primer lugar, el pistón escalonado puede apoyarse en ambos extremos. Esto añade integridad estructural al pistón. En segundo lugar, un pistón escalonado permite una mejor resolución en términos de flujo de entrada y salida de la cámara de bomba. Para el mismo movimiento a lo largo de su eje, un pistón escalonado desplazará o extraerá un menor volumen de fluido.

La figura 3 es una vista en sección transversal de un motor 300 de bomba con un pistón 304 escalonado, de acuerdo con una realización descrita e ilustrada en el presente documento. Haciendo referencia a la figura 3, el motor 300 de bomba comprende la carcasa 302, el pistón 304 escalonado, la entrada 306, la salida 308, la válvula 310 de retención de entrada, la válvula 312 de retención de salida, la cámara 314 de bomba, la primera abertura 316, la primera junta 318, la segunda abertura 320, y la segunda junta 322. El pistón 304 escalonado incluye la primera parte 324, la segunda parte 326, y el escalón 328. El fluido fluye al interior de la cámara 314 de bomba a través de la entrada 306 y la válvula 310 de retención de entrada, mientras que el fluido fluye hacia fuera de la cámara 314 de bomba a través de la salida 308 y la válvula 312 de retención de salida. La válvula 310 de retención de entrada solo permite el flujo al interior de la cámara 314 de bomba, mientras que la válvula 312 de retención de salida solo permite el flujo hacia fuera de la cámara 314 de bomba. La primera parte 324 pasa a través de la primera abertura 316, y se sella alrededor de su perímetro mediante la primera junta 318. La segunda parte 326 pasa a través de la segunda abertura 320, y se sella alrededor de su perímetro mediante la segunda junta 322. El pistón 304 escalonado puede moverse de atrás y hacia delante a lo largo de su eje, mientras se mantiene una junta hermética entre el pistón 304 y la carcasa 302.

La carcasa 302 y el pistón 304 pueden fabricarse usando una amplia diversidad de materiales, incluyendo, pero sin limitarse a, polímeros, metales puros, aleaciones metálicas, cerámicas, y silicio. Los polímeros incluyen ABS, acrílico, fluoroplásticos, poliamidas, poliariletercetonas, PET, policarbonato, polietileno, PEEK, polipropileno, poliestireno, poliuretano, cloruro de polivinilo, y poliestireno. Los metales puros incluyen titanio, platino, o cobre, mientras que las aleaciones metálicas incluyen acero y níquel titanio (Nitinol). Las juntas 318 y 322 se fabrican habitualmente de un polímero, tal como el caucho natural o sintético, pero también puede fabricarse de metal, cerámica, o silicio. Las válvulas 310 y 312 de retención de entrada y de salida pueden fabricarse usando polímeros, metales, cerámicas, y/o silicio, e incluyen, con frecuencia, un componente de polímero (tal como una bola o tapón de caucho sintético), y un componente de metal (tal como un muelle).

Durante un ciclo de bombeo, el pistón 304 escalonado se mueve de atrás y hacia delante a lo largo de su eje. Por ejemplo, a medida que el escalón 328 se mueve desde la posición X1 hacia la posición X2, el pistón 304 escalonado desplaza un volumen 330 desde la cámara 314 de bomba. A medida que el escalón 328 se mueve desde la posición X2 hacia la posición X1, el pistón 304 escalonado introduce el volumen 330 en la cámara 314 de bomba. Mediante el pedaleo del pistón de atrás y hacia adelante, el fluido se desplaza desde y se introduce en la cámara 314 de bomba.

En las microbombas de la presente invención, los motores de bomba pueden conectarse a los depósitos y los equipos de infusión. En referencia a las figuras 1A-1C y la figura 3, un depósito que contiene insulina puede conectarse a la entrada 106 o la entrada 306, y un equipo de infusión puede conectarse a la salida 108 o 308. A medida que el pistón, o el pistón escalonado, se mueve de atrás y hacia delante, la insulina se desplaza desde y a continuación se introduce en las cámaras 114 o 314 de bomba. De esta manera, el motor de bomba ilustrado en las figuras 1 y 3 puede combinarse con los depósitos y equipos de infusión para proporcionar microbombas capaces de administrar fluidos, tales como la insulina.

De acuerdo con una realización descrita e ilustrada en el presente documento, pueden usarse motores lineales para mover el pistón 304 escalonado de atrás y hacia delante. Una realización preferida usa el piezomotor Squiggle SQL Series, que puede adquirirse en New Scale Technologies de Victor, Nueva York. Los piezomotores Squiggle SQL son compactos (aproximadamente 1,55 mm x 1,55 mm x 6 mm), son de bajo costo, proporcionan un movimiento lineal directo, y pueden moverse con precisión sub-micrónica. El Squiggle SQL-1,5-6 puede usarse para construir una bomba de bajo flujo, en la que el diámetro de la primera parte 324 es de 1,8288 mm (0,0720 pulgadas), el diámetro de la segunda parte 326 es de 1,5875 mm (0,0625 pulgadas), la distancia de carrera es de 1,27 mm (0,050 pulgadas), y la frecuencia es de 1 Hz. La bomba de bajo flujo suministra insulina a un caudal máximo de 4,9 unidades/min (o 49 microlitros/min) y un caudal mínimo de 0,010 unidades/h (o 0,1 microlitros/h), generando una presión de 137,9 kPa (20 psi) con una fuerza de 9,1 gramos. El Squiggle SQL-2,4-10 puede usarse para construir una bomba de alto flujo, en la que el diámetro de la primera parte 324 es de 2,7788 mm (0,1094 pulgadas), el diámetro de la segunda parte 326 es de 1,5875 mm (0,0625 pulgadas), la distancia de carrera es de 2,032 mm (0,080 pulgadas), y la frecuencia es de 1 Hz. La bomba de alto flujo suministra insulina a un caudal máximo de 49 unidades/min (o 490 microlitros/min) y un caudal mínimo de 0,010 unidades/h (o 0,1 microlitros/h), generando una presión de 137,9 kPa (20 psi) con una fuerza de 57,4 gramos. Aunque el uso de motores lineales para mover pistones de bomba se ha descrito con respecto al motor de bomba ilustrado en la figura 3, estos pueden usarse en

cualquiera de las realizaciones descritas e ilustradas en el presente documento, siempre que se requiere el movimiento lineal.

Las figuras 4A-4C son vistas en sección transversal de un motor 400 de bomba, de acuerdo con una realización descrita e ilustrada en el presente documento. La figura 4A ilustra el motor de bomba en reposo, mientras que las figuras 4B y 4C ilustran el motor de bomba durante un ciclo de bombeo. Haciendo referencia a la figura 4A, el motor 400 de bomba comprende la carcasa 402, el pistón 404 escalonado, la entrada 406, la salida 408, la válvula 410 de retención de entrada, la válvula 412 de retención de salida, la cámara 414 de bomba, la primera abertura 416, el primer junta 418, la segunda abertura 420, la segunda junta 422, la leva 424, el muelle 426, y el eje 428. El fluido fluye al interior de la cámara 414 de bomba a través de la entrada 406 y la válvula 410 de retención de entrada, mientras que el fluido fluye hacia fuera de la cámara 414 de bomba a través de la salida 408 y la válvula 412 de retención de salida. La válvula 410 de retención de entrada solo permite el flujo al interior de la cámara 414 de bomba, mientras que la válvula 412 de retención de salida solo permite el flujo hacia fuera de la cámara 414 de bomba. El pistón 404 escalonado pasa a través de la primera abertura 416, y se sella alrededor de su perímetro mediante una primera junta 418. El pistón 404 escalonado también pasa a través de la segunda abertura 420, y se sella alrededor de su perímetro mediante la segunda junta 422. El pistón 404 escalonado puede moverse de atrás y hacia delante a lo largo de su eje, mientras se mantiene una junta hermética entre el pistón 404 escalonado y la carcasa 402. La leva 424 gira sobre el eje 428, entrando en contacto y transmitiendo un movimiento lineal al pistón 404 escalonado. El muelle 426 entra en contacto con el pistón 404 escalonado en el extremo opuesto, haciendo que el pistón escalonado se mantenga el contacto con la leva 424 a medida que gira sobre el eje 428.

La carcasa 402, el pistón 404, la leva 424, y el eje 428 pueden fabricarse usando una amplia diversidad de materiales, incluyendo, pero sin limitarse a, polímeros, metales puros, aleaciones metálicas, cerámicas, y silicio. Los polímeros incluyen ABS, acrílico, fluoroplásticos, poliamidas, poliariletercetonas, PET, policarbonato, polietileno, PEEK, polipropileno, poliestireno, poliuretano, cloruro de polivinilo, y poliestireno. Los metales puros incluyen titanio, platino, o cobre, mientras que las aleaciones metálicas incluyen acero y níquel titanio (Nitinol). Las juntas 418 y 422 se fabrican habitualmente de un polímero, tal como el caucho natural o sintético, pero también pueden fabricarse de metal, cerámica, o silicio. Las válvulas 410 y 412 de retención de entrada y de salida pueden fabricarse usando polímeros, metales, cerámicas, y/o silicio, e incluyen, con frecuencia, un componente de polímero (tal como una bola o tapón de caucho sintético), y un componente de metal (tal como un muelle).

Las figuras 4B y 4C ilustran un motor 400 de bomba durante un ciclo de bombeo. En la figura 4B, el pistón 404 escalonado se ha movido en la dirección indicada por la flecha A10. El pistón 404 escalonado se mueve en la dirección indicada por la flecha A10 debido a la fuerza ejercida por el muelle 426, y por la posición de contacto con la leva 424. A medida que la leva 424 gira sobre el eje 428, cambia la posición de contacto entre la leva 424 y el pistón 404 escalonado, permitiendo que el eje 426 empuje más o menos en la dirección de la flecha A10. A medida que el pistón 404 se mueve en la dirección indicada por la flecha A10, el contenido de la cámara 414 de bomba disminuye en presión, haciendo que se abra la válvula 410 de retención de entrada y que se cierre la válvula 412 de retención de salida. Cuando se abre la válvula 410 de retención de entrada, el fluido fluye a través de la válvula 410 de retención de entrada y la entrada 406 y al interior de la cámara 414 de bomba. El volumen que fluye al interior de la cámara 414 de bomba es aproximadamente igual a la variación en el volumen de la cámara de bomba ocupado por el pistón 404 escalonado a medida que se desplaza en la dirección indicada por la flecha A10. Puesto que el pistón 404 escalonado está escalonado, el volumen que ocupa en la cámara 414 de bomba disminuye a medida que se mueve en la dirección indicada por la flecha A10. En la figura 4C, el pistón 404 escalonado se desplaza en la dirección indicada por flecha A11. A medida que el pistón 404 se desplaza en la dirección indicada por A11, aumenta la presión en la cámara 414 de bomba, haciendo que se cierre la válvula 410 de retención de entrada y que se abra la válvula 412 de retención de salida. El aumento en presión en la cámara 414 de bomba hace que el fluido fluya desde la cámara 414 de bomba y a través de la válvula 412 de retención de salida y la salida 408. El volumen desplazado desde la cámara 414 de bomba a medida que el pistón 404 escalonado se mueve desde la posición ilustrada en la figura 4B hacia la posición ilustrada en la figura 4C es aproximadamente igual al aumento en el volumen desplazado por el pistón 404 escalonado a medida que se mueve en la dirección de la flecha A11. En la figura 4C, el pistón 404 escalonado se mueve en la dirección indicada por la flecha A11 debido a un cambio en el punto de contacto entre la leva 424 y el pistón 404 escalonado a medida que la leva 424 gira sobre el eje 428. A medida que la leva 424 gira sobre el eje 428, el punto de contacto entre la leva 424 y el pistón 404 escalonado se mueve a lo largo del eje del pistón 404 escalonado en la dirección indicada por la flecha A11.

Como se ha mencionado anteriormente, en las realizaciones de la presente invención, los motores de bomba pueden conectarse a los depósitos y equipos de infusión. En referencia a las figuras 4A-4C, un depósito que contiene insulina puede conectarse a la entrada 406, y un equipo de infusión puede conectarse a la salida 408. A medida que el pistón 404 escalonado se mueve de atrás y hacia delante, la insulina se introduce y a continuación se desplaza desde la cámara 414 de bomba. De esta manera, el motor de bomba ilustrado en las figuras 4A-4C puede combinarse con los depósitos y equipos de infusión para proporcionar microbombas capaces de suministrar fluidos tales como la insulina.

Las figuras 5A-5C son vistas en perspectiva y en sección transversal de un motor 500 de bomba. El motor 500 de bomba tiene un volumen muerto mínimo, y genera una trayectoria de flujo continua en su posición de carrera completa. Como se ilustra en las figuras 5A-5C, el motor 500 de bomba comprende la carcasa 501, la entrada 502,

la salida 504, la cámara 506 de bomba, el pistón 508, las juntas 510, y el eje 512. El eje 512 está conectado al pistón 508, y mueve el pistón 508 de atrás y hacia delante dentro de la cámara 506 de bomba. Las juntas 510 están conectados al pistón 508, y forman una junta entre el pistón 508 y la pared interna de la cámara 506 de bomba. El fluido fluye al interior de la cámara 506 de bomba través de la entrada 502, y fluye hacia fuera de la cámara 506 de bomba través de la salida 504. La entrada 502 y la salida 504 pueden incluir válvulas (no mostradas) para controlar el flujo. Para iniciar el ciclo de bombeo ilustrado en las figuras 5A y 5B, se cierra una válvula en la salida 504 y se abre una válvula en la entrada 502. En la figura 5B, el eje 512, el pistón 508, y las juntas 510 se mueven en la dirección indicada por la flecha A14, disminuyendo la presión en la cámara 506 de bomba. A medida que disminuye la presión en la cámara 506 de bomba, el fluido 514 se introduce en la cámara 506 de bomba a través de la entrada 502. Una vez que el pistón 508 alcanza su carrera máxima, se cierra la válvula en la entrada 502, y se abre la válvula en la salida 504. A continuación, como se ilustra en la figura 5C, el pistón 508 se mueve en la dirección de la flecha A18, aumentando la presión en la cámara 506 de bomba, y provocando el flujo del fluido 514 a través de la salida 504. La cámara 506 de bomba incluye la superficie 516 superior, que hace contacto con el pistón 508 cuando el pistón 508 está en la posición ilustrada en la figura 5C. Esto asegura el desplazamiento completo del fluido 514 desde la cámara 506 de bomba, con la excepción de un pequeño volumen de fluido en el canal 518 de conexión. El canal 518 de conexión permanece abierto, con independencia de la posición del pistón 508, y permite la conexión entre los componentes conectados a la entrada 502 y la salida 504 (tales como los depósitos y equipos de infusión), siempre que estén abiertas las válvulas de entrada y salida. Esto permite el llenado de los componentes conectados a la entrada 502 con el mínimo volumen muerto de cámara de bomba.

La carcasa 501, el pistón 508, el eje 512 pueden fabricarse usando una amplia diversidad de materiales, incluyendo, pero sin limitarse a, polímeros, metales puros, aleaciones metálicas, cerámicas, y silicio. Los polímeros incluyen ABS, acrílico, fluoroplásticos, poliamidas, poliariletercetonas, PET, policarbonato, polietileno, PEEK, polipropileno, poliestireno, poliuretano, cloruro de polivinilo, y poliestireno. Los metales puros incluyen titanio, platino, o cobre, mientras que las aleaciones metálicas incluyen acero y níquel titanio (Nitinol). Las juntas 510 se fabrican habitualmente de un polímero, tal como el caucho natural o sintético, pero también puede fabricarse de metal, cerámica, o silicio.

Como se ha mencionado anteriormente, en las realizaciones de la presente invención, los motores de bomba pueden conectarse a los depósitos y equipos de infusión. En referencia a las figuras 5A-5C, un depósito que contiene insulina puede conectarse a la entrada 502, y un equipo de infusión puede conectarse a la salida 504. A medida que el pistón 508 se mueve de atrás y hacia delante, la insulina se introduce en y a continuación se desplaza desde la cámara 506 de bomba. De esta manera, el motor de bomba ilustrado en las figuras 5A-5C puede combinarse con los depósitos y equipos de infusión para proporcionar microbombas capaces de suministrar fluidos tales como la insulina.

La figura 6 ilustra un motor de bomba, con un volumen muerto mínimo, acoplado a un depósito y un equipo de infusión. El motor 600 de bomba incluye la entrada 634 de bomba, la válvula 602 de retención de entrada, el primer canal 604 de entrada, la primera carcasa 606, la primera cámara 608 de bomba, el primer pistón 610, el primer canal 612 de salida, la primera válvula 614, el segundo canal 616 de entrada, la segunda carcasa 618, la segunda cámara 620 de bomba, el segundo pistón 622, el segundo canal 624 de salida, la segunda válvula 626, y la salida 636 de bomba. El depósito 628 está conectado a la entrada 634 de bomba, mientras que el equipo 630 de infusión está conectado a la salida 636 de bomba. El mecanismo 632 de desplazamiento positivo presuriza el depósito 628, asegurando el flujo completo desde el depósito 628. Inicialmente, la segunda válvula 626 está cerrada, la primera válvula 614 está abierta, el segundo pistón 622 está en la posición A, y el primer pistón 610 está en la posición A. Un depósito 628 precargado se conecta a la entrada 634 de bomba, y se aplica presión mediante el mecanismo 632 de desplazamiento positivo. A continuación, la segunda válvula 626 permanece cerrada, la primera válvula 614 permanece abierta, el segundo pistón 622 se mueve hacia la posición B y el primer pistón 610 se mueve hacia la posición B. Esta etapa llena la primera cámara 608 de bomba y la segunda cámara 620 de bomba extrayendo fluido del depósito 628 y a través de la entrada 634 de bomba, la válvula 602 de retención de entrada, el primer canal 604 de entrada, el primer canal 612 de salida, la primera válvula 614, y el segundo canal 616 de entrada, y es el punto en el que se repite posteriormente el ciclo de bombeo. A continuación, la primera válvula 614 se cierra, la segunda válvula 626 se abre, y el segundo pistón 622 se mueve desde la posición B hacia la posición A. Esta transfiere el fluido desde la segunda cámara 620 de bomba a través del segundo canal 624 de salida, la segunda válvula 626, la salida 636 de bomba, y al interior del equipo 630 de infusión. A continuación, se cierra la segunda válvula 626, se abre la primera válvula 614, y el primer pistón 612 se mueve desde la posición B hacia la posición A. Esta vuelve a llenar la segunda cámara 620 de bomba, y prepara la primera cámara 608 de bomba 608 para volver a llenarse. El fluido no fluye desde la primera cámara 608 de bomba hacia el depósito 628 porque la válvula 602 de retención de entrada no permite el flujo en esa dirección. Finalmente, se cierra la primera válvula 614 y el primer pistón 610 se mueve desde la posición A hacia la posición B, extrayendo fluido del depósito 628, a través de la entrada 634 de bomba, la válvula 602 de retención de entrada, y el primer canal 604 de entrada, al interior de la primera cámara 608 de bomba. El ciclo de bombeo se repite a continuación. El motor de bomba redundante de dos cámaras descrito anteriormente es especialmente ventajoso porque evita el flujo libre involuntario de fluido desde el depósito 628 a través del equipo 630 de infusión.

La válvula 602 de retención de entrada, la primera carcasa 606, el primer pistón 610, la primera válvula 614, la segunda carcasa 618, el segundo pistón 622, y la segunda válvula 626 pueden fabricarse usando una amplia

diversidad de materiales, incluyendo, pero sin limitarse a, polímeros, metales puros, aleaciones metálicas, cerámicas, y silicio. Los polímeros incluyen ABS, acrílico, fluoroplásticos, poliamidas, poliariletercetonas, PET, policarbonato, polietileno, PEEK, polipropileno, poliestireno, poliuretano, cloruro de polivinilo, y poliestireno. Los metales puros incluyen titanio, platino, o cobre, mientras que las aleaciones metálicas incluyen acero y níquel titanio (Nitinol).

Las figuras 7A-7B son vistas en perspectiva de un motor de bomba con el accionador 700, de acuerdo con una realización descrita e ilustrada en el presente documento. El motor de bomba con el accionador 700 comprende la carcasa 702, el pistón 704 escalonado, la entrada 706, la salida 708, la válvula 710 de retención de entrada, la válvula 712 de retención de salida, la cámara 714 de bomba, el muelle 716, y el accionador 718. La entrada 706 puede conectarse a un depósito, mientras que la salida 708 puede conectarse a un equipo de infusión. El accionador 718 puede ser un motor lineal, tal como el piezomotor Squiggle SQL Series, mencionado anteriormente. En la figura 7A, el accionador 718 se mueve en la dirección indicada por las flechas A70, forzando el pistón 704 escalonado al interior de la cámara 714 de bomba. A medida que el pistón 704 escalonado entra en la cámara 714 de bomba, la presión se acumula en la cámara 714 de bomba, haciendo que se cierre la válvula 710 de retención de entrada y se abra la válvula 712 de retención de salida. A medida que se abre la válvula 712 de retención de salida, el fluido fluye desde la cámara 714 de bomba a través de la válvula 712 de retención de salida y la salida 708. En la figura 7B, el accionador 718 se mueve en la dirección indicada por las flechas A71, y el muelle 716 empuja el pistón 704 escalonado lejos de la cámara 714 de bomba. A medida que el pistón 704 escalonado se aleja de la cámara 714 de bomba, cae la presión en la cámara 714 de bomba, abriendo la válvula 710 de retención de entrada y cerrando la válvula 712 de retención de salida. El fluido se introduce a través de la entrada 706 y la válvula 710 de retención de entrada en el interior de la cámara 714 de bomba. El ciclo de bombeo ilustrado en las figuras 7A y 7B se repite a continuación. En la figura 7B, el motor 720 de bomba de diafragma puede usarse en lugar del motor de bomba de pistón escalonado, en algunas realizaciones.

La carcasa 702, el pistón 704 escalonado, la válvula 710 de retención de entrada, la válvula 712 de retención de salida, el muelle 716, y el motor 720 de bomba de diafragma pueden fabricarse usando una amplia diversidad de materiales, incluyendo, pero sin limitarse a, polímeros, metales puros, aleaciones metálicas, cerámicas, y silicio. Los polímeros incluyen ABS, acrílico, fluoroplásticos, poliamidas, poliariletercetonas, PET, policarbonato, polietileno, PEEK, polipropileno, poliestireno, poliuretano, cloruro de polivinilo, y poliestireno. Los metales puros incluyen titanio, platino, o cobre, mientras que las aleaciones metálicas incluyen acero y níquel titanio (Nitinol).

Las figuras 8A-8E son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula 800 de retención de salida. La válvula 800 de retención de salida comprende el soporte 802, la membrana 804 elástica, y el bloque 806 de válvula. La membrana 804 elástica incluye la parte 808 de estanqueidad y está conectada al soporte 802, que incluye la abertura 816 y los agujeros 820 de alineación. El bloque 806 de válvula incluye el primer canal 810, el segundo canal 812, la superficie 814 de estanqueidad, y las clavijas 818 de alineación. La figura 8A es una vista en perspectiva del soporte 802 y la membrana 804 elástica. La membrana 804 elástica está conectada al soporte 802, y se fabrica habitualmente de un material delgado y flexible, tal como caucho. El soporte 802 es habitualmente rígido, y puede fabricarse de un material rígido delgado, tal como metal o plástico. El soporte 802 y la membrana 804 elástica pueden fijarse o sujetarse mecánicamente, o pueden fijarse usando adhesivos. También pueden fijarse usando moldeo por inserción, tal como se describirá con respecto a las figuras 9A-9B. El soporte 802 incluye la abertura 816, que permite que la membrana 804 elástica se flexione de atrás y hacia delante durante el funcionamiento de la válvula 800 de retención de salida. La figura 8B es una vista en perspectiva del bloque 806 de válvula. El bloque 806 de válvula se fabrica habitualmente de un material rígido, tal como metal o plástico, e incluye las clavijas 818 de alineación, que ayudan en el montaje de la válvula 800 de retención de salida. La superficie 814 de estanqueidad interactúa con la membrana 804 elástica, formando una junta entre la membrana 804 elástica y el bloque 806 de válvula. La figura 8C es una vista en sección transversal del bloque 806 de válvula, e ilustra el primer canal 810 y el segundo canal 812. El primer canal 810 entra desde el borde del bloque 806 de válvula, e incluye un espacio anular alrededor de la base de la superficie 814 de estanqueidad. El segundo canal 812 conecta la superficie 814 de estanqueidad con la parte inferior del bloque 806 de válvula. La figura 8D es una vista en sección transversal del soporte 802 y la membrana 804 elástica, antes del montaje con el bloque 806 de válvula. El soporte 802, la membrana 804 elástica, y el bloque 806 de válvula se alinean concéntricamente antes del montaje. La figura 8E es una vista en sección transversal de la válvula 800 de retención de salida, una vez que se ha montado. La parte 808 de estanqueidad está en contacto directo con la superficie 814 de estanqueidad, y se estira para proporcionar una fuerza de estanqueidad contra la superficie 814 de estanqueidad. Cuando se acumula presión en el primer canal 810, se empuja hacia arriba la parte 808 de estanqueidad, desacoplando la parte 808 de estanqueidad de la superficie 814 de estanqueidad, y permitiendo que el fluido fluya desde el primer canal 810 hacia el segundo canal 812. A la inversa, cuando se acumula presión en el segundo canal 812, se empuja hacia arriba la parte 808 de estanqueidad, desacoplando la parte 808 de estanqueidad de la superficie 814 de estanqueidad, y permitiendo que el fluido fluya desde el segundo canal 812 hacia el primer canal 810. Siempre que la presión en el primer canal 810 o el segundo canal 812 sea mayor que la presión que rodea la válvula 800 de retención de salida, y que la fuerza que empuja hacia arriba la parte 808 de estanqueidad sea mayor que la tensión que arrastra hacia abajo la parte 808 de estanqueidad, el fluido puede fluir entre el primer canal 810 y el segundo canal 812 (en cualquier dirección). La válvula 800 de retención de salida es especialmente útil cuando se incorpora en los motores y sistemas de bomba descritos anteriormente. Por ejemplo, la válvula 800 de retención de salida puede colocarse

entre una cámara de bomba y un equipo de infusión, permitiendo el flujo solo cuando se crea una presión positiva en la cámara de bomba. Cuando se crea una presión negativa (menos de la presión que rodea la válvula 800 de retención de salida) en la cámara de bomba, la parte 808 de estanqueidad empuja contra la superficie 814 de estanqueidad, evitando el flujo desde la cámara de bomba hacia el equipo de infusión, como es el caso cuando la cámara de bomba está extrayendo fluido desde un depósito.

Las figuras 9A-9B son vistas en perspectiva que ilustran un procedimiento para fabricar un conjunto de membrana elástica/soporte como se ilustra en la figura 8D. El procedimiento para fabricar el conjunto de membrana elástica/soporte incluye sobremoldear un elastómero directamente sobre un soporte rígido. Este procedimiento de montaje podría ser más económico, y proporcionar un montaje más consistente que el que puede lograrse usando un montaje mecánico o basado en adhesivo. En la figura 9A, el soporte 900 está intercalado entre una cavidad 902 de molde superior y la cavidad 904 de molde inferior. En la figura 9B, se inyecta un elastómero termoplástico o termoestable en una cavidad 906 que rodea el soporte 900. Una vez que el elastómero se ha enfriado o asentado, el conjunto de membrana elástica/soporte se retira de la cavidad 902 de molde superior y la cavidad 904 de molde inferior, y se usa en una válvula de retención de salida, tal como la ilustrada en las figuras 8A-8E.

Las figuras 10A-10B son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula 1000 de retención. La válvula 1000 de retención puede usarse como una válvula de retención de entrada, o una válvula de retención de salida. La válvula 1000 de retención comprende el soporte 1002, la membrana 1004 elástica, y el bloque 1006 de válvula. El soporte 1002 incluye la abertura 1016, el collar 1017, y los agujeros 1020 de alineación. La membrana 1004 elástica incluye la parte 1008 de estanqueidad, los resaltes 1007, los agujeros 1005 de alineación, y las aberturas 1009. El bloque 1006 de válvula incluye el primer canal 1010, la región 1011 anular, la superficie 1014 de estanqueidad, y las clavijas 1018 de alineación. La figura 10A es una vista del montaje en perspectiva del soporte 1002, la membrana 1004 elástica, y el bloque 1006 de válvula. Cuando se monta la válvula 1000 de retención, la membrana 1004 elástica se intercala entre el soporte 1002 y el bloque 1006 de válvula. El soporte 1002, la membrana 1004 elástica, y el bloque 1006 de válvula pueden fijarse o sujetarse mecánicamente, o pueden fijarse usando adhesivos. También pueden fijarse usando moldeo por inserción, como se ha descrito anteriormente con respecto a las figuras 9A-9B. El soporte 1002 incluye la abertura 1016, que permite que la membrana 1004 elástica se flexione de atrás y hacia delante durante el funcionamiento de la válvula 1000 de retención. La abertura 1016 también permite que el fluido fluya dentro o fuera de la válvula 1000 de retención. El soporte 1002 incluye el collar 1017, que puede usarse para fijar el segundo canal 1012 al soporte 1002. Los agujeros 1020 de alineación se usan en el montaje, y aseguran el registro entre el soporte 1002, la membrana 1004 elástica, y el bloque 1006 de válvula. El soporte 1002 es habitualmente rígido, y puede fabricarse de un material rígido delgado, tal como metal o plástico. La membrana 1004 elástica incluye la parte 1008 de estanqueidad, los resaltes 1007, y las aberturas 1009. Los resaltes 1007 conectan la parte 1008 de estanqueidad al cuerpo principal de la membrana 1004 elástica, permitiendo que la parte 1008 de estanqueidad se estire de atrás y hacia delante a medida que se abre y se cierra la válvula 1000 de retención. Las aberturas 1009 proporcionan una trayectoria de flujo para que el fluido fluya entre el primer canal 1010 y el segundo canal 1012. Las aberturas 1009 están alineadas con la región 1011 anular, permitiendo que el líquido fluya hacia y desde la región 1011 anular, el primer canal 1010, y el segundo canal 1012. La membrana 1004 elástica se fabrica habitualmente de un material delgado y flexible, tal como caucho. El bloque 1006 de válvula se fabrica habitualmente de un material rígido, tal como metal o plástico, e incluye clavijas 1018 de alineación, que ayudan en el montaje de la válvula 1000 de retención. La superficie 1014 de estanqueidad interactúa con la parte 1008 de estanqueidad, formando una junta entre la membrana 1004 elástica y el bloque 1006 de válvula. La figura 10B es una vista en sección transversal de la válvula 1000 de retención y el bloque 1006 de válvula, e ilustra el primer canal 1010 y el segundo canal 1012. El primer canal 1010 entra desde el borde del bloque 1006 de válvula, y está rodeado por la región 1011 anular en la base de la superficie 1014 de estanqueidad. En segundo canal 1012 se conecta al soporte 1002, y forma una trayectoria de fluido con el primer canal 1010 y la región 1011 anular. Como se ilustra en la figura 10B, la parte 1008 de estanqueidad está en contacto directo con la superficie 1014 de estanqueidad, y se estira para proporcionar una fuerza de estanqueidad contra la superficie 1014 de estanqueidad. Cuando la presión se acumula en el primer canal 1010, se empuja hacia arriba la parte 1008 de estanqueidad, desacoplando la parte 1008 de estanqueidad de la superficie 1014 de estanqueidad, y permitiendo que el fluido fluya desde el primer canal 1010 hacia la región 1011 anular, a continuación a través de las aberturas 1009 hacia el segundo canal 1012. Como alternativa, cuando la presión disminuye en el segundo canal 1012, se empuja hacia arriba la parte 1008 de estanqueidad, desacoplando la parte 1008 de estanqueidad de la superficie 1014 de estanqueidad, y permitiendo que el fluido fluya desde el primer canal 1010 hacia la región 1011 anular, a continuación a través de las aberturas 1009 hacia el segundo canal 1012. Siempre que la presión en el primer canal 1010 sea mayor que la presión en el segundo canal 1012, y la fuerza que empuja hacia arriba la parte 1008 de estanqueidad sea mayor que la tensión que arrastra hacia abajo la parte 1008 de estanqueidad, el fluido puede fluir entre el primer canal 1010 y el segundo canal 1012. La válvula 1000 de retención de salida es especialmente útil cuando se incorpora en los motores y sistemas de bomba descritos anteriormente. Por ejemplo, la válvula 1000 de retención de salida puede colocarse entre una cámara de bomba y un equipo de infusión, permitiendo el flujo solo cuando se crea una presión positiva en la cámara de bomba. Cuando la válvula 1000 de retención está colocada entre una cámara de bomba y un equipo de infusión, el equipo de infusión se conecta habitualmente al segundo canal 1012 mientras que la cámara de bomba se conecta habitualmente al primer canal 1010. Cuando se crea una presión positiva (más que la presión en el equipo de infusión) en la cámara de bomba, la parte 1008 de estanqueidad se aleja de la superficie 1014 de estanqueidad, permitiendo el flujo desde la cámara de bomba hacia el equipo de infusión. Como alternativa, la

válvula 1000 de retención puede colocarse entre una cámara de bomba y un depósito, con el depósito conectado habitualmente al primer canal 1010 y la cámara de bomba conectada habitualmente al segundo canal 1012. Cuando se crea una presión negativa (menos que la presión en el depósito) en la cámara de bomba, la parte 1008 de estanqueidad se aleja de la superficie 1014 de estanqueidad, permitiendo el flujo desde el depósito hacia la cámara de bomba.

Las figuras 11A-11C son vistas en perspectiva y en planta de una válvula 1100 activada mecánicamente. La válvula 1100 activada mecánicamente se coloca habitualmente dentro de una cámara de bomba, y puede usarse como una válvula de salida en cualquiera de los motores de bomba descritos e ilustrados en el presente documento. La válvula 1100 activada mecánicamente comprende el canal 1102 de salida, la cubierta 1106 de válvula flexible, y el pistón 1110. El canal 1102 de salida incluye la superficie 1104 de estanqueidad (que puede fabricarse de un elastómero), y se conecta habitualmente a un equipo de infusión. El pistón 1110 puede ser o escalonado o no escalonado, y se mueve desde su posición de reposo (ilustrada en la figura 11A), hacia su posición delantera (ilustrada por las flechas A111 en la figura 11B), y de vuelta a su posición de reposo durante un ciclo de bombeo. En su posición de reposo, la parte 1108 de estanqueidad de la cubierta 1106 de válvula flexible está en contacto con la superficie 1104 de estanqueidad, evitando que el fluido fluya a través del canal 1102 de salida. A medida que el pistón 1110 se mueve en la dirección indicada por las flechas A111, disminuye la distancia L1 entre el primer agujero 1112 y el segundo agujero 1114, arrastrando la parte 1108 de estanqueidad lejos de la superficie 1104 de estanqueidad, permitiendo que el fluido fluya a través del canal 1102 de salida. En la figura 11B, la distancia entre el primer agujero 1112 y el segundo agujero 1114 (L2) es lo suficientemente corta para permitir que la parte 1108 de estanqueidad se aleje de la superficie 1104 de estanqueidad. Debido a la fatiga mecánica, la cubierta 1106 de válvula se fabrica normalmente usando materiales súper elásticos, tales como Nitinol. Como se ilustra en la figura 11C, la cubierta 1106 de válvula puede fabricarse a partir de una sola lámina de Nitinol, con los primeros agujeros 1112, el segundo agujero 1114, y las partes 1108 de estanqueidad. Durante la fabricación, la cubierta 1106 de válvula puede doblarse en las ubicaciones 1116 de doblado, y formarse en la forma ilustrada en figura 11A. Aunque la válvula 1100 activada mecánicamente está accionada (mientras que las válvulas de retención ilustradas en las figuras 8, 9, y 10 no lo están), la válvula 1100 activada mecánicamente puede accionarse con el pistón de la bomba, eliminando la necesidad de un accionador adicional.

Las figuras 12A-12B son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula 1200 de retención. La válvula 1200 de retención puede colocarse entre una cámara de bomba y un depósito, o entre una cámara de bomba y un equipo de infusión. La válvula 1200 de retención puede usarse con cualquiera de los motores de bomba descritos e ilustrados en el presente documento. La válvula 1200 de retención puede abrirse o cerrarse debido a las diferencias en la presión a través de la entrada y salidas de válvula; también puede abrirse o cerrarse debido a un accionamiento externo. La válvula 1200 de retención comprende la cubierta 1202 superior, el vástago 1204 de válvula, el bloque 1206 de válvula, el accionador 1216 interno, y la cubierta 1218 inferior. La cubierta 1202 superior, el bloque 1206 de válvula, y la cubierta 1218 inferior se fabrican habitualmente de un material rígido, tal como metal o plástico, mientras que el vástago 1204 de válvula y el accionador 1216 interno se fabrican habitualmente de un elastómero. La figura 12A es una vista en perspectiva tanto del vástago 1204 de válvula como del accionador 1216 interno, mientras que la figura 12B es una vista del montaje en sección transversal de la válvula 1200 de retención, antes del montaje. La cubierta 1202 superior incluye el segundo canal 1212, la ranura 1226 de estanqueidad, y la cámara 1213 superior. La cámara 1213 superior proporciona espacio para el vástago 1204 de válvula, a medida que el vástago 1204 de válvula se mueve hacia arriba y hacia abajo. La ranura 1226 de estanqueidad se acopla con la junta 1224 perimetral, proporcionando una junta hermética entre la cubierta 1202 superior y el vástago 1204 de válvula. El segundo canal 1212 puede conectarse a una cámara de bomba, mientras que el segundo canal 1212 también puede conectarse a un equipo de infusión. El vástago 1204 de válvula incluye los resaltes 1207, las aberturas 1209, y la junta 1224 perimetral. Los resaltes 1207 conectan las partes internas y externas del vástago 1204 de válvula, y permiten que la parte interna se mueva hacia arriba o hacia abajo. Las aberturas 1209 permiten que el fluido pase a través de la válvula 1200 de retención, cuando está abierta. La junta perimetral forma una junta hermética con la cubierta 1202 superior y el bloque 1206 de válvula. El vástago 1204 de válvula también incluye la parte 1208 de estanqueidad, que hace contacto con la superficie 1214 de estanqueidad cuando se cierra la válvula 1200 de retención. Cuando la válvula 1200 de retención está abierta, la parte 1208 de estanqueidad se aleja de la superficie 1214 de estanqueidad. El bloque 1206 de válvula incluye el primer canal 1210, la superficie 1214 de estanqueidad, la ranura 1228 de estanqueidad, y la superficie 1230 de estanqueidad. El primer canal 1210 puede conectarse a un depósito o una cámara de bomba, y proporciona un conducto en el centro del bloque 1206 de válvula. La superficie 1214 de estanqueidad entra en contacto con la parte 1208 de estanqueidad cuando se cierra la válvula 1200 de retención. La ranura 1228 de estanqueidad hace contacto con la junta 1224 perimetral, formando una junta hermética entre el vástago 1204 de válvula y el bloque 1206 de válvula. La superficie 1230 de estanqueidad hace contacto con la pestaña 1220, formando una junta hermética entre el bloque 1206 de válvula y el accionador 1216 interno. El accionador 1216 interno incluye la pestaña 1220 y el eje 1222. Como se ha mencionado anteriormente, la pestaña 1220 entra en contacto con la superficie 1230 de estanqueidad, formando una junta hermética entre el accionador 1216 interno y el bloque 1206 de válvula. El eje 1222 se extiende hacia el centro del bloque 1206 de válvula, y puede empujar el vástago 1204 de válvula y la parte 1208 de estanqueidad lejos de la superficie 1214 de estanqueidad, cuando se abre la válvula. Como se indica por la flecha A121, el accionador 1216 interno, y el eje 1222, pueden moverse de atrás y hacia delante, abriendo y cerrando la válvula 1200 de retención. Como alternativa, una presión diferencial a través del primer canal 1210 y el segundo canal 1212 puede hacer que el

vástago 1204 de válvula se mueva hacia arriba o hacia abajo, abriendo o cerrando la válvula. Por lo tanto, la válvula 1200 de retención puede accionarse de manera activa (pulsando el accionador 1216 interno), o la válvula 1200 de retención puede accionarse de manera pasiva (en base a un diferencial de presión a través del primer canal 1210 y el segundo canal 1212). La cubierta 1218 inferior empuja la pestaña 1220 contra la superficie 1230 de estanqueidad, e incluye la abertura 1232 que permite el acceso al accionador 1216 (por lo que puede pulsarse para abrir la válvula).

La figura 13 es una vista en sección transversal del motor 1300 de bomba. El motor 1300 de bomba se coloca habitualmente entre un depósito y un equipo de infusión. El motor 1300 de bomba comprende la carcasa 1302, el pistón 1304, la entrada 1306, la salida 1308, la válvula 1310 de retención de entrada, la válvula 1312 de retención de salida, la cámara 1314 de bomba, la abertura 1316, y la junta 1318. El fluido fluye al interior de la cámara 1314 de bomba a través de la entrada 1306 y la válvula 1310 de retención de entrada, mientras que el fluido fluye hacia fuera de la cámara 1314 de bomba a través de la salida 1308 y la válvula 1312 de retención de salida. La válvula 1310 de retención de entrada solo permite el flujo al interior de la cámara 1314 de bomba, mientras que la válvula 1312 de retención de salida solo permite el flujo hacia fuera de la cámara 1314 de bomba. El pistón 1304 entra en la cámara 1314 de bomba a través de la abertura 1316, y se sella alrededor de su perímetro mediante la junta 1318. El pistón 1304 puede moverse de atrás y hacia delante a lo largo de su eje (como se indica por la flecha A131), mientras se mantiene una junta hermética entre el pistón 1304 y la carcasa 1302.

La carcasa 1302 y el pistón 1304 pueden fabricarse usando una amplia diversidad de materiales, incluyendo, pero sin limitarse a, polímeros, metales puros, aleaciones metálicas, cerámicas, y silicio. Los polímeros incluyen ABS, acrílico, fluoroplásticos, poliamidas, poliariletercetona, PET, policarbonato, polietileno, PEEK, polipropileno, poliestireno, poliuretano, cloruro de polivinilo, y poliestireno. Los metales puros incluyen titanio, platino, o cobre, mientras que las aleaciones metálicas incluyen acero y níquel titanio (Nitinol). La junta 1318 se fabrica habitualmente de un polímero, tal como el caucho natural o sintético, pero también puede fabricarse de metal, cerámica, o silicio. Las válvulas 1310 y 1312 de retención de entrada y de salida pueden fabricarse usando polímeros (tal como un elastómero), metales, y/o silicio.

A medida que el pistón 1304 se mueve en la cámara 1314 de bomba, aumenta en presión el contenido de la cámara 1314 de bomba, haciendo que se cierre la válvula 1310 de retención de entrada y se abra la válvula 1312 de retención de salida. Cuando se abre la válvula 1312 de retención de salida, el fluido fluye desde la cámara 1314 de bomba, y a través de la válvula 1312 de retención de salida y la salida 1308. El volumen desplazado desde la cámara 1314 de bomba es aproximadamente igual al volumen desplazado por el pistón 1304 a medida que el pistón 1304 se desplaza en la cámara 1314 de bomba. Cuando el pistón 1304 se retira de la cámara 1314 de bomba, disminuye la presión en la cámara 1314 de bomba, haciendo que se abra la válvula 1310 de retención de entrada y se cierre la válvula 1312 de retención de salida. La disminución de la presión en la cámara 1314 de bomba hace que el fluido fluya a través de la entrada 1306 y la válvula 1310 de retención de entrada al interior de la cámara 1314 de bomba. La entrada 1306 está conectada habitualmente a un depósito, mientras que la salida 1308 está conectada habitualmente a un equipo de infusión. Mediante el movimiento alternativo de atrás y hacia delante del pistón 1304, se extrae fluido de un depósito y se transfiere a un equipo de infusión.

La figura 14 es una vista en sección transversal del motor 1400 de bomba. El motor 1400 de bomba se coloca habitualmente entre un depósito y un equipo de infusión. El motor 1400 de bomba comprende la carcasa 1402, el pistón 1404, la tapa 1405 de pistón, la entrada 1406, la salida 1408, la válvula 1410 de retención de entrada, la válvula 1412 de retención de salida, la cámara 1414 de bomba, la junta 1416 externo, y la junta 1418 interno. El fluido fluye al interior de la cámara 1414 de bomba a través de la entrada 1406 y la válvula 1410 de retención de entrada, mientras que el fluido fluye hacia fuera de la cámara 1414 de bomba a través de la salida 1408 y la válvula 1412 de retención de salida. La válvula 1410 de retención de entrada solo permite el flujo al interior de la cámara 1414 de bomba, mientras que la válvula 1412 de retención de salida solo permite el flujo hacia fuera de la cámara 1414 de bomba. La tapa 1405 de pistón está montada en el extremo del pistón 1404, e incluye la junta 1416 externo y la junta 1418 interno. La junta 1416 externo entra en contacto con la pared 1420 interna (formando una junta hermética) mientras que el pistón 1404 se desplaza de atrás y hacia delante, como se ilustra por la flecha A141. La junta 1418 interno entra en contacto con la punta 1422 de salida cuando el pistón 1404 está completamente hacia delante, previniendo una fuga involuntaria entre la entrada 1406 y la salida 1408 cuando la bomba está apagada.

La carcasa 1402 y el pistón 1404 pueden fabricarse usando una amplia diversidad de materiales, incluyendo, pero sin limitarse a, polímeros, metales puros, aleaciones metálicas, cerámicas, y silicio. Los polímeros incluyen ABS, acrílico, fluoroplásticos, poliamidas, poliariletercetona, PET, policarbonato, polietileno, PEEK, polipropileno, poliestireno, poliuretano, cloruro de polivinilo, y poliestireno. Los metales puros incluyen titanio, platino, o cobre, mientras que las aleaciones metálicas incluyen acero y níquel titanio (Nitinol). La tapa 1405 de pistón se fabrica habitualmente de un polímero, tal como un elastómero, pero también puede fabricarse de metal, cerámica, o silicio. Las válvulas 1410 y 1412 de retención de entrada y de salida pueden fabricarse usando polímeros, metales, cerámicas, y/o silicio, e incluyen, con frecuencia, un componente de polímero (tal como una bola o tapón de caucho sintético), y un componente de metal (tal como un muelle).

A medida que el pistón 1404 se mueve en la cámara 1414 de bomba, aumenta en presión el contenido de la cámara 1414 de bomba, haciendo que se cierre la válvula 1410 de retención de entrada y se abra la válvula 1412 de

retención de salida. Cuando se abre la válvula 1412 de retención de salida, el fluido fluye desde la cámara 1414 de bomba, y a través de la válvula 1412 de retención de salida y la salida 1408 (como se indica por la flecha A143). El volumen desplazado desde la cámara 1414 de bomba es aproximadamente igual al volumen desplazado por el pistón 1404 a medida que el pistón 1404 se desplaza al interior de la cámara 1414 de bomba. A medida que el pistón 1404 retrocede, disminuye la presión en la cámara 1414 de bomba, haciendo que se abra la válvula 1410 de retención de entrada y se cierre la válvula 1412 de retención de salida. La disminución de la presión en la cámara 1414 de bomba hace que el fluido fluya a través de la entrada 1406 y la válvula 1410 de retención de entrada al interior de la cámara 1414 de bomba (como se indica por la flecha A142). La entrada 1406 está conectada habitualmente a un depósito, mientras que la salida 1408 está conectada habitualmente a un equipo de infusión. Mediante el movimiento alternativo de atrás y hacia delante del pistón 1404, se extrae fluido de un depósito y se transfiere a un equipo de infusión. El motor 1400 de bomba tiene la ventaja específica de que la junta 1418 interno evita por completo el flujo cuando el pistón 1404 está completamente hacia delante, como se ilustra en la figura 14.

La figura 15 es una vista en perspectiva de una cámara 1500 de acumulación con válvula. La cámara 1500 de acumulación con válvula puede colocarse entre una cámara de bomba y un equipo de infusión, y evita el suministro involuntario de fluido. La cámara 1500 de acumulación con válvula puede usarse con cualquiera de los motores de bomba descritos e ilustrados en el presente documento. La cámara 1500 de acumulación con válvula se abre al final de una carrera de pistón, y de otro modo se cierra. La cámara 1500 de acumulación con válvula comprende la entrada 1502, la cámara 1504 distensible, la salida 1506, el punto 1508 de constricción, la placa 1512 móvil, la placa 1514 base, el muelle 1516, y el sensor 1520. La entrada 1502 está conectada habitualmente a la salida de un motor de bomba, mientras que la salida 1506 está conectada habitualmente a un equipo de infusión. El pistón 1518, que es parte de un motor de bomba, empuja contra la placa 1512 móvil al final de su carrera, haciendo que el punto 1508 de constricción afloje su agarre en la salida 1506. Cuando el pistón 1518 no está en carrera completa, el muelle 1516 fuerza la placa 1512 móvil y el punto 1508 de constricción contra la salida 1506, evitando el flujo a través de la salida 1506. El flujo que sale del motor de bomba antes de que el pistón 1518 alcance la carrera completa se acumula en la cámara 1504 distensible. Una vez que el pistón 1518 alcanza la carrera completa, empuja de nuevo la placa 1512 móvil y el punto 1508 de constricción, permitiendo que el fluido fluya desde la cámara 1504 distensible a través de la salida 1506, y al interior de un equipo de infusión, como se indica por la flecha A151. La placa 1514 base está habitualmente fija, mientras que la placa 1512 móvil se mueve de atrás y hacia adelante, como se indica por la flecha A152. El muelle 1516 fuerza la placa 1512 móvil en una posición normalmente cerrada, evitando el flujo a través de la salida 1506 con el punto 1508 de constricción. La cámara 1500 de acumulación con válvula evita el flujo involuntario, permitiendo el flujo solo a través de la salida 1506 cuando el pistón 1518 está en carrera completa. El sensor 1520 puede usarse para detectar el exceso de presión en la cámara 1504 distensible, como podría resultar cuando hay una obstrucción del flujo en el equipo de infusión. Cuando el sensor 1520 detecta el exceso de presión en la cámara 1504 distensible, pueden enviarse advertencias al usuario, y se puede apagar el motor de bomba.

La entrada 1502, la salida 1506, el punto 1508 de constricción, la placa 1512 móvil, la placa 1514 base, y el muelle 1516 pueden fabricarse usando una amplia diversidad de materiales, incluyendo, pero sin limitarse a, polímeros, metales puros, aleaciones metálicas, cerámicas, y silicio. Los polímeros incluyen ABS, acrílico, fluoroplásticos, poliamidas, poliariletercetonas, PET, policarbonato, polietileno, PEEK, polipropileno, poliestireno, poliuretano, cloruro de polivinilo, y poliestireno. Los metales puros incluyen titanio, platino, o cobre, mientras que las aleaciones metálicas incluyen acero y níquel titanio (Nitinol). La cámara 1504 distensible se fabrica habitualmente de un polímero, tal como un elastómero.

Las figuras 16A-16B son vistas en sección transversal de un motor 1600 de bomba de doble cámara. El motor 1600 de bomba de doble cámara comprende el cilindro 1601, la primera carcasa 1602, la segunda carcasa 1603, el pistón 1604 escalonado, la primera entrada 1606, la segunda entrada 1607, la primera salida 1608, la segunda salida 1609, la primera válvula 1610 de retención de entrada, la segunda válvula 1611 de retención de entrada, la primera válvula 1612 de retención de salida, la segunda válvula 1613 de retención de salida, la primera cámara 1614 de bomba, la segunda cámara 1615 de bomba, las primeras aberturas 1616, las primeras juntas 1618, las segundas aberturas 1620 y las segundas juntas 1622. Los canales 1606 y 1607 de entrada pueden conectarse a un depósito, mientras que los canales 1608 y 1609 de salida pueden conectarse a un equipo de infusión. El pistón 1604 escalonado incluye regiones escalonadas tanto en la primera como en la segunda cámaras de bomba, y un tope 1624 de pistón en su centro. El tope 1624 de pistón limita el desplazamiento del pistón 1604 escalonado a lo largo de su eje interactuando con las superficies de extremo del cilindro 1601. El fluido fluye al interior de las cámaras 1614 y 1615 de bomba a través de las entradas 1606 y 1607 y las válvulas 1610 y 1611 de retención de entrada, mientras que el fluido fluye hacia fuera de las cámaras 1614 y 1615 de bomba a través de las salidas 1608 y 1609 y las válvulas 1612 y 1613 de retención de salida. Las válvulas 1610 y 1611 de retención de entrada solo permiten el flujo al interior de las cámaras 1614 y 1615 de bomba, mientras que las válvulas 1612 y 1613 de retención de salida solo permiten el flujo hacia fuera de las cámaras 1614 y 1615 de bomba. El pistón 1604 escalonado se sella alrededor de su perímetro a medida que pasa a través de las aberturas 1616 y 1620 mediante las juntas 1618 y 1622. El pistón 1604 escalonado puede moverse de atrás y hacia adelante a lo largo de su eje (como se ilustra por las flechas A161 y A162), mientras se mantiene una junta hermética entre el pistón 1604 y las carcasas 1602 y 1603.

El cilindro 1601, las carcasas 1602 y 1603, y el pistón 1604 escalonado pueden fabricarse usando una amplia diversidad de materiales, incluyendo, pero sin limitarse a, polímeros, metales puros, aleaciones metálicas, cerámicas, y silicio. Los polímeros incluyen ABS, acrílico, fluoroplásticos, poliamidas, poliariletercetonas, PET,

polycarbonato, polietileno, PEEK, polipropileno, poliestireno, poliuretano, cloruro de polivinilo, y poliestireno. Los metales puros incluyen titanio, platino, o cobre, mientras que las aleaciones metálicas incluyen acero y níquel titanio (Nitinol). Las juntas 1618 y 1622 se fabrican habitualmente de un polímero, tal como caucho natural o sintético, pero también pueden fabricarse de metal, cerámica, o silicio. Las válvulas 1610, 1611, 1612 y 1613 de retención de entrada y de salida pueden fabricarse usando polímeros, metales, cerámicas, y/o silicio, e incluyen, con frecuencia, un componente de polímero (tal como una bola o tapón de caucho sintético), y un componente de metal (tal como un muelle).

Durante un ciclo de bombeo, el pistón 1604 escalonado se mueve de atrás y hacia adelante a lo largo de su eje. Por ejemplo, a medida que el pistón 1604 escalonado se mueve en la dirección indicada por la flecha A161, empuja el fluido desde la primera cámara 1614 de bomba, a través de la primera salida 1608 y la primera válvula 1612 de retención de salida, al interior de un equipo de infusión. Al mismo tiempo, el pistón 1604 escalonado extrae fluido de un depósito, a través de la segunda entrada 1607 y la segunda válvula 1611 de retención de entrada, y al interior de la segunda cámara 1615 de bomba. El pistón 1604 escalonado se mueve a continuación en la dirección indicada por la flecha A162, extrayendo fluido desde un depósito, a través de la primera entrada 1606 y la primera válvula 1610 de retención de entrada, al interior de la primera cámara 1614 de bomba. Al mismo tiempo, empuja el fluido desde la segunda cámara 1615 de bomba, a través de la segunda salida 1609 y la segunda válvula 1613 de retención de salida, y al interior de un equipo de infusión.

La figura 16B ilustra un mecanismo de detección para detectar la carrera del pistón máxima. En esta realización, el pistón 1604 escalonado incluye la primera superficie 1630 conductora y la segunda superficie 1632 conductora. A medida que el pistón 1604 escalonado se mueve en la dirección indicada por la flecha A163, y alcanza su carrera máxima, la primera superficie 1630 conductora entra en contacto con el primer circuito 1626. Cuando la primera superficie 1630 conductora entra en contacto con el primer circuito 1626, se completa el circuito, detectando de este modo la carrera máxima del pistón 1604 escalonado en la dirección indicada por la flecha A163. A medida que el pistón 1604 escalonado se mueve en la dirección indicada por la flecha A164, y alcanza su carrera máxima, la segunda superficie 1632 conductora entra en contacto con el segundo circuito 1628. Cuando la segunda superficie 1632 conductora entra en contacto con el segundo circuito 1628, se completa el circuito, detectando de este modo la carrera máxima del pistón 1604 escalonado en la dirección indicada por la flecha A164. El mecanismo de detección puede usarse para activar el accionamiento del pistón 1604 escalonado. Por ejemplo, un motor lineal (como se ha descrito anteriormente) puede fijarse a un extremo del pistón 1604 escalonado, mientras que un muelle se fija al otro extremo. El motor lineal puede activarse para mover el pistón 1604 escalonado en la dirección indicada por la flecha A163. Tan pronto como se alcanza la carrera máxima, se completa el primer circuito 1626, y se apaga el motor lineal. El muelle (que se comprimía a medida que el pistón 1604 escalonado se movía en la dirección indicada por la flecha A163) se descomprime, empujando el pistón 1604 escalonado en la dirección indicada por la flecha A164. Tan pronto como el pistón escalonado alcanza su carrera máxima, se completa el segundo circuito 1628, y se vuelve a encender el motor lineal, repitiendo el ciclo.

Las figuras 17A-17B son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula 1700 de retención hidrófoba. La válvula 1700 de retención hidrófoba puede usarse para ventilar el aire durante el llenado de un depósito, y para evitar que el aire fluya al interior de un depósito cuando se extraen los líquidos del depósito. La válvula 1700 de retención hidrófoba comprende la membrana 1702 hidrófoba, la membrana 1704 elástica, y el bloque 1706 de válvula. La membrana 1702 hidrófoba permite que pase el aire, pero bloquea el agua y las soluciones acuosas. Las membranas hidrófobas pueden fabricarse de una diversidad de materiales, incluyendo nylon, fluoropolímeros y polipropileno. La membrana 1704 elástica incluye la parte 1708 de estanqueidad, los resaltes 1707, y las aberturas 1709. La membrana 1704 elástica puede fabricarse de una diversidad de materiales, pero se fabrica a menudo de un elastómero. Los resaltes 1707 permiten que la parte 1708 de estanqueidad se estire de atrás y hacia delante, a medida que se sella y desella contra la superficie 1714 de estanqueidad. Las aberturas 1709 permiten que el aire escape cuando se abre la válvula 1700 de retención hidrófoba. El bloque 1706 de válvula incluye la entrada 1710, la salida 1711, la superficie 1714 de estanqueidad, y las protuberancias 1718. Las protuberancias 1718 proporcionan un hueco entre la membrana 1702 hidrófoba y el bloque 1706 de válvula, permitiendo que el aire fluya a través de la membrana 1702 hidrófoba y hacia la entrada 1710. La superficie 1714 de estanqueidad rodea la salida 1711, y forma una junta con la parte 1708 de estanqueidad cuando se cierra la válvula. Cuando la válvula 1700 de retención hidrófoba está montada, la membrana 1704 elástica se sella herméticamente en sus bordes al bloque 1706 de válvula. Además, la membrana 1702 hidrófoba se sella herméticamente en sus bordes al otro lado del bloque 1706 de válvula. El borde externo del bloque 1706 de válvula puede ajustarse herméticamente al depósito 1716, como se muestra en la figura 17B. El bloque 1706 de válvula es habitualmente rígido, y puede fabricarse de una diversidad de materiales, tales como metal o plástico. La parte 1708 de estanqueidad está en contacto directo con la superficie 1714 de estanqueidad, y se estira para proporcionar una fuerza de estanqueidad contra la superficie 1714 de estanqueidad. Cuando se acumula presión en el depósito 1716, se empuja hacia arriba la parte 1708 de estanqueidad, desacoplando la parte 1708 de estanqueidad de la superficie 1714 de estanqueidad, y permitiendo que el aire fluya a través de la membrana 1702 hidrófoba y el bloque 1706 de válvula. Como alternativa, cuando disminuye la presión en el depósito 1716, se empuja la parte 1708 de estanqueidad contra la superficie 1714 de estanqueidad, evitando que el aire fluya al interior del depósito 1716. Siempre que la presión atmosférica sea mayor que o igual a la presión en el depósito 1716, la parte 1708 de estanqueidad se sella contra la superficie 1714 de estanqueidad, y evitará que el aire fluya a través de la válvula 1700 de retención hidrófoba al interior del depósito

1716. Si la presión en el depósito 1716 es mayor que la suma de la presión atmosférica más la tensión elástica que empuja la parte 1708 de estanqueidad hacia abajo, el aire fluirá desde el depósito 1716 y a través de la válvula 1700 de retención hidrófoba. La válvula 1700 de retención hidrófoba es especialmente útil cuando se incorpora en los motores y sistemas de bomba descritos e ilustrados en el presente documento. Por ejemplo, la válvula 1700 de retención hidrófoba puede fijarse a un depósito, permitiendo que el aire escape cuando se está llenando el depósito, pero evitando que se introduzca aire en el depósito a medida que el fluido pasa desde el depósito hacia el motor de bomba.

Las figuras 18A-18B son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula 1800 de retención hidrófoba. La válvula 1800 de retención hidrófoba puede usarse para ventilar el aire durante el llenado de un depósito, y para evitar que el aire fluya al interior de un depósito cuando los líquidos se extraen del depósito. La válvula 1800 de retención hidrófoba evita el contacto directo, en el depósito, entre una membrana hidrófoba y el contenido del depósito. Esto es especialmente beneficioso cuando el depósito contiene soluciones farmacéuticas, tales como la insulina, puesto que pueden formarse agregados cuando las soluciones farmacéuticas están en contacto directo con superficies hidrófobas. La válvula 1800 de retención hidrófoba comprende la membrana 1802 hidrófoba, la membrana 1804 elástica, el bloque 1806 de válvula, y la cubierta 1805 superior. La membrana 1802 hidrófoba permite que pase el aire, pero bloquea el agua y las soluciones acuosas. Las membranas hidrófobas pueden fabricarse de una diversidad de materiales, incluyendo nylon, fluoropolímeros, y polipropileno. La membrana 1804 elástica incluye la parte 1808 de estanqueidad, los resaltes 1807, y unas aberturas (no mostradas). La membrana 1804 elástica puede fabricarse de una diversidad de materiales, pero se fabrica a menudo de un elastómero. Los resaltes 1807 permiten que la parte 1808 de estanqueidad se estire de atrás y hacia delante, a medida que se sella y desella contra la superficie 1814 de estanqueidad. Las aberturas (no mostradas) en la membrana 1804 elástica permiten que el aire y el líquido escapen cuando se abre la válvula 1800 de retención hidrófoba. La cubierta 1805 superior se fabrica habitualmente de un material rígido, tal como plástico o metal, e incluye la salida 1811 y las protuberancias 1818. Las protuberancias 1818 proporcionan un hueco entre la membrana 1802 hidrófoba y la cubierta 1805 superior, permitiendo que el aire fluya a través de la membrana 1802 hidrófoba y a través de la salida 1811. El bloque 1806 de válvula incluye la entrada 1810, y la superficie 1814 de estanqueidad. La superficie 1814 de estanqueidad rodea la entrada 1810, y forma una junta con la parte 1808 de estanqueidad cuando se cierra la válvula. Cuando la válvula 1800 de retención hidrófoba está montada, la membrana 1804 elástica se sella herméticamente en sus bordes al bloque 1806 de válvula y la cubierta 1805 superior. Además, la membrana 1802 hidrófoba se sella herméticamente en sus bordes a la superficie interior de la cubierta 1805 superior. El borde externo del bloque 1806 de válvula puede ajustarse herméticamente al depósito 1816, como se muestra en las figuras 18A y 18B. El bloque 1806 de válvula es habitualmente rígido, y puede fabricarse de una diversidad de materiales, tales como metal o plástico. La parte 1808 de estanqueidad está en contacto directo con la superficie 1814 de estanqueidad, y se estira para proporcionar una fuerza de estanqueidad contra la superficie 1814 de estanqueidad. Cuando se acumula presión en el depósito 1816, se empuja hacia arriba la parte 1808 de estanqueidad, desacoplando la parte 1808 de estanqueidad de la superficie 1814 de estanqueidad, y permitiendo que el aire y el líquido fluyan a través del bloque 1806 de válvula y la membrana 1804 elástica, como se ilustra por las flechas A181 y A182. Como alternativa, cuando disminuye la presión en el depósito 1816, se empuja la parte 1808 de estanqueidad contra la superficie 1814 de estanqueidad, evitando que el aire fluya al interior del depósito 1816. Siempre que la presión atmosférica sea mayor que o igual a la presión en el depósito 1816, la parte 1808 de estanqueidad se sellará contra la superficie 1814 de estanqueidad, y evitará que el aire fluya a través de la válvula 1800 de retención hidrófoba al interior del depósito 1816. Si la presión en el depósito 1816 es mayor que la suma de la presión atmosférica más la tensión elástica que empuja la parte 1808 de estanqueidad hacia abajo, el aire y el líquido fluirán desde el depósito 1816 a través del bloque 1806 de válvula y la membrana 1804 elástica. El aire continuará pasando a través de la membrana 1802 hidrófoba, pero el líquido no lo hará. La válvula 1800 de retención hidrófoba es especialmente útil cuando se incorpora en los motores y sistemas de bomba descritos e ilustrados en el presente documento. Por ejemplo, la válvula 1800 de retención hidrófoba puede fijarse a un depósito, permitiendo que el aire escape cuando se está llenando el depósito, pero evitando que se introduzca aire en el depósito a medida que el fluido pasa desde el depósito hacia el motor de bomba. La figura 18B ilustra una versión ligeramente diferente de la válvula 1800 de retención hidrófoba. En esta versión, la membrana 1802 hidrófoba y la membrana 1804 elástica no son concéntricas, pero están compensadas. Como se ilustra en la figura 18B el bloque 1806 de válvula se sujeta al depósito 1816, y la entrada 1810 y la membrana 1804 elástica se alinean en un extremo del bloque 1806 de válvula. La salida 1811 y la membrana 1802 hidrófoba se alinean en el otro extremo del bloque 1806 de válvula. A excepción de la posición relativa de sus componentes, las válvulas 1800 de retención hidrófobas de las figuras 18A y 18B funcionan igual.

Las figuras 19A-19B son vistas en perspectiva y en sección transversal de una válvula 1900 de retención hidrófila/hidrófoba. La válvula 1900 de retención hidrófila/hidrófoba puede usarse para ventilar el aire durante el llenado de un depósito, y para evitar que el aire fluya al interior de un depósito cuando los líquidos se extraen del depósito. La válvula 1900 de retención hidrófila/hidrófoba evita el contacto directo, en el depósito, entre una membrana hidrófoba y el contenido del depósito. Esto es especialmente beneficioso cuando el depósito contiene soluciones farmacéuticas, tales como la insulina, puesto que pueden formarse agregados cuando las soluciones farmacéuticas están en contacto directo con superficies hidrófobas. La válvula 1900 de retención hidrófila/hidrófoba comprende la membrana 1902 hidrófila, un espaciador 1904, una membrana 1906 hidrófoba, y un bloque 1908 de válvula. La membrana 1906 hidrófoba y la membrana 1902 hidrófila se sellan herméticamente alrededor de sus

perímetros al bloque 1908 de válvula, mientras que el espaciador 1904 se coloca entre y soporta la membrana 1906 hidrófoba y la membrana 1902 hidrófila. El bloque 1908 de válvula incluye la salida 1912, y puede fijarse al depósito 1914. El espaciador 1904 y el bloque 1908 de válvula se fabrican habitualmente de materiales rígidos, tales como plástico o metal. La membrana 1906 hidrófoba y la membrana 1902 hidrófila pueden fabricarse usando una diversidad de materiales, siempre que la membrana 1906 hidrófoba repela el agua y la membrana 1902 hidrófila atraiga el agua. A medida que se llena el depósito 1914, el aire se mueve hacia y pasa a través de la membrana 1902 hidrófila. Finalmente, todo el aire pasa a través de la membrana 1902 hidrófila, y le sigue el líquido. El líquido pasa a través de la membrana 1902 hidrófila, y llena la cavidad entre la membrana 1902 hidrófila y la membrana 1906 hidrófoba, empujando el aire a través de la membrana 1906 hidrófoba. Finalmente, la cavidad entre la membrana 1902 hidrófila y la membrana 1906 hidrófoba se llena completamente de líquido, pero el líquido no pasa a través de la membrana 1906 hidrófoba. Esencialmente, este queda retenido en la cavidad entre la membrana 1902 hidrófila y la membrana 1906 hidrófoba. Una vez que la membrana 1902 hidrófila se llena de líquido, ya no pasará el aire, como se indica por las burbujas B en la figura 19A. Además, cuando el líquido se bombea desde el depósito 1914, el aire no puede pasar al depósito 1914 porque no pasará a través de la membrana 1902 hidrófila una vez que esté mojada. La figura 19B ilustra la membrana 1902 hidrófila, el espaciador 1904, la membrana 1906 hidrófoba, y el bloque 1908 de válvula antes de que se hayan montado y fijado a un depósito. La válvula 1900 de retención hidrófila/hidrófoba es especialmente útil cuando se incorpora en los motores y sistemas de bomba descritos e ilustrados en el presente documento. Por ejemplo, la válvula 1900 de retención hidrófila/hidrófoba puede fijarse a un depósito, permitiendo que escape el aire cuando el depósito se está llenando, pero evitando que se introduzca aire en el depósito a medida que el fluido pasa desde el depósito hacia el motor de bomba.

Las figuras 20A-20B son vistas en perspectiva de los depósitos 2000 y 2002. Los depósitos 2000 y 2002 eliminan los bolsillos de aire no deseados durante el llenado, y son especialmente útiles cuando se incorporan en los motores y sistemas de bomba descritos e ilustrados en el presente documento. Como se ilustra en la figura 20A, el depósito 2000 comprende la primera parte 2004 de canal de entrada, la segunda parte 2006 de canal de entrada, el respiradero 2008 hidrófobo, la cámara 2010 de depósito, y el pistón 2012 de depósito. La primera parte 2004 de canal hace una transición en sección transversal a la segunda parte 2006 de canal antes de alcanzar el respiradero 2008 hidrófobo. El respiradero 2008 hidrófobo puede fabricarse usando una diversidad de materiales, tales como membranas hidrófobas. La cámara 2010 de depósito, la primera parte 2004 de canal, y la segunda parte 2006 de canal se fabrican habitualmente de un material rígido, tal como plástico o metal, mientras que el pistón de depósito se fabrica habitualmente de un material semi-rígido tal como un elastómero u otro plástico. Cuando se llena el depósito 2000, el líquido se inyecta a través de la primera parte 2004 de canal y la segunda parte 2006 de canal (como se indica por la flecha A201), y alcanza el respiradero 2008 hidrófobo. El aire pasa a través del respiradero 2008 hidrófobo, y, a medida que aumenta la presión, el pistón 2012 de depósito baja, ampliando la cámara 2010 de depósito y llenándola con líquido. Como se ilustra en la figura 20B, el depósito 2002 comprende la entrada 2014, el respiradero 2016 hidrófobo, la hendidura 2018 de rotura, y la cámara 2020 de depósito. El respiradero 2016 hidrófobo puede fabricarse usando una diversidad de materiales, tales como tapones o discos porosos hidrófobos. La cámara 2020 de depósito se fabrica habitualmente de una película flexible delgada, tal como polietileno, poliéster o vinilo, e incluye la junta 2022 térmico alrededor de su borde. La entrada 2014 se fabrica habitualmente de un material rígido, tal como plástico o metal, e incluye la hendidura 2018 de rotura que permite el flujo al interior de la cámara 2020 de depósito cuando esta se abre. Cuando se llena el depósito 2002, el líquido se inyecta a través de la entrada 2014 (como se indica por la flecha A203), y alcanza el respiradero 2016 hidrófobo. El aire pasa a través del respiradero 2016 hidrófobo, y, a medida que aumenta la presión, se abre la hendidura 2018 de rotura, permitiendo que la cámara 2020 de depósito se llene por completo de líquido.

Las figuras 21A-21B son vistas en sección transversal y en perspectiva del contador 2100 de fluido peristáltico. El contador 2100 de fluido peristáltico mide el volumen de fluido que fluye a través del mismo, y es especialmente útil cuando se incorpora en los motores y sistemas de bomba descritos e ilustrados en el presente documento. El contador 2100 de fluido peristáltico puede colocarse adyacente a un depósito y usarse para medir la cantidad de líquido cargado en el depósito, o puede colocarse adyacente a la entrada o la salida de un motor de bomba para monitorizar el flujo de líquido dentro o fuera de un motor de bomba. La disposición ilustrada en las figuras 21A-21B es especialmente útil en la monitorización del volumen de líquido que entra en un depósito durante el llenado del depósito. Como se ilustra en la figura 21A, el contador 2100 de fluido peristáltico comprende el rotor 2102, el tubo 2104 flexible, el septo 2106, la característica 2108 de constricción, y el interruptor 2110. El rotor 2102 incluye las escobillas 2101, el eje 2120, y la leva 2122. A medida que el rotor 2102 gira alrededor del eje 2120, la leva 2122 transmite un movimiento periódico a la palanca 2114, estableciendo y cortando el contacto eléctrico con la placa 2112. El rotor 2102 puede fabricarse de una diversidad de materiales, tanto rígidos como no rígidos, incluyendo plásticos y metales. El rotor 2102 puede fabricarse de un polímero lubricante, tal como Delrin o Teflón, para reducir la fricción entre el rotor 2102 y el tubo 2104 flexible. El tubo 2104 flexible incluye la entrada 2101 y la salida 2105, y es elástico. En la disposición ilustrada en la figura 21A, la entrada 2101 está conectada a una fuente de líquido, tal como un vial, y la salida 2105 está conectada a un depósito. El tubo 2104 flexible puede fabricarse de una diversidad de materiales, incluyendo elastómeros y PVC plastificado. El septo 2106 está conectado a la entrada 2101, y permite que una fuente de líquido (tal como un vial) se conecte al contador 2100 de fluido peristáltico. El septo 2106 se fabrica habitualmente de un elastómero, y es autosellante. La característica 2108 de constricción soporta el tubo 2104 flexible, permitiendo que el tubo 2104 flexible se expanda y contraiga a medida que el fluido fluye a través del mismo. La característica 2108 de constricción se fabrica habitualmente de un material rígido, tal como plástico o

metal. El interruptor 2110 determina cuándo la palanca 2114 establece y corta el contacto eléctrico con la placa 2112, a medida que el rotor 2102 gira alrededor del eje 2120 cuando el fluido fluye a través del tubo 2104 flexible. A medida que el fluido fluye a través del septo 2106, en la entrada 2103, y a través de la salida 2105 (como se indica por la flecha A212), el rotor 2102 gira en la dirección indicada por la flecha A211. A medida que el rotor 2102 gira, la
5 leva 2122 mueve la palanca 2116 hacia arriba y hacia abajo (como se indica por la flecha A213), estableciendo y cortando el contacto eléctrico entre la palanca 2116 y la placa 2112. El contacto eléctrico entre la palanca 2116 y la placa 2112 puede monitorizarse usando el interruptor 2110, y se puede correlacionar con el flujo volumétrico a través del tubo 2104 flexible. Aunque en este ejemplo el contador 2100 de fluido peristáltico se ha conectado a un depósito, el contador de fluido peristáltico puede usarse dondequiera que se produzca el flujo en cualquiera de los
10 motores y sistemas de bomba descritos anteriormente.

Aunque la invención se ha descrito en términos de variaciones específicas y figuras ilustrativas, los expertos en la materia reconocerán que la invención no se limita a las variaciones o figuras descritas. Además, aunque los procedimientos y etapas descritos anteriormente indican ciertos sucesos que ocurren en cierto orden, los expertos en la materia reconocerán que puede modificarse el orden de ciertas etapas, y que dichas modificaciones están de
15 acuerdo con las variaciones de la invención. Además, algunas de las etapas pueden realizarse al mismo tiempo en un proceso paralelo cuando sea posible, así como realizarse de manera secuencial, como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, en la medida en que hay variaciones de la invención, que están dentro del espíritu de la divulgación o equivalente a las invenciones que se encuentran en las reivindicaciones, la intención es que la presente patente cubra también esas variaciones.

20

REIVINDICACIONES

1. Una microbomba volumétrica, que comprende:

un depósito para contener una cantidad de fluido; y una bomba (300, 400, 700, 1600) para extraer fluido desde el depósito y suministrar fluido hacia una salida (308, 408, 708, 1608),

5 en la que la bomba (300, 400, 700, 1600) comprende una cámara (314, 414, 714, 1614) de bombeo que tiene una entrada (306, 406, 706, 1606) en comunicación de fluido con el depósito; y un pistón (200, 304, 404, 704, 1604) que tiene una parte de área de sección transversal mayor y una parte de área de sección transversal menor que pasan a través de una pared de la cámara (314, 414, 714, 1614) de bombeo;

10 **caracterizada porque:**

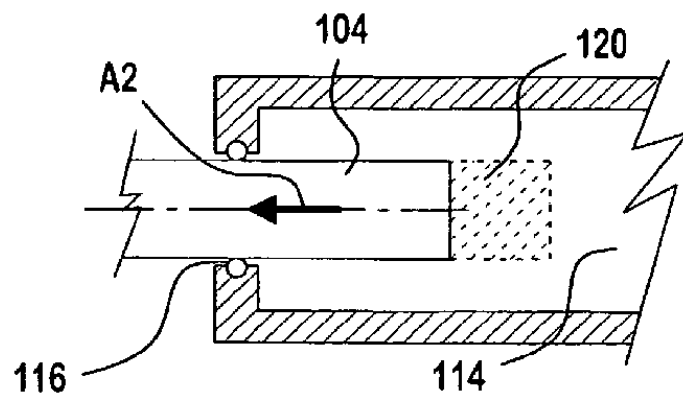
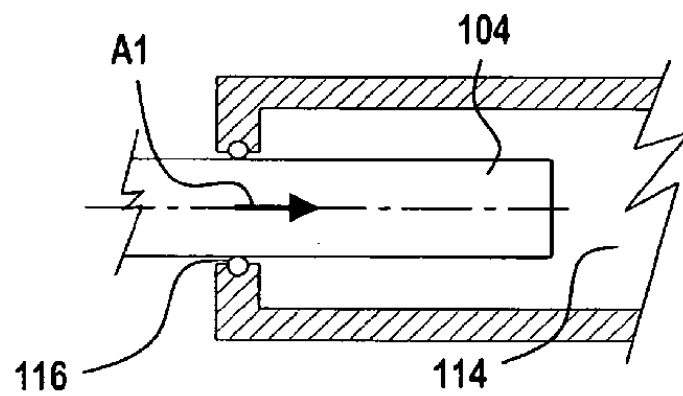
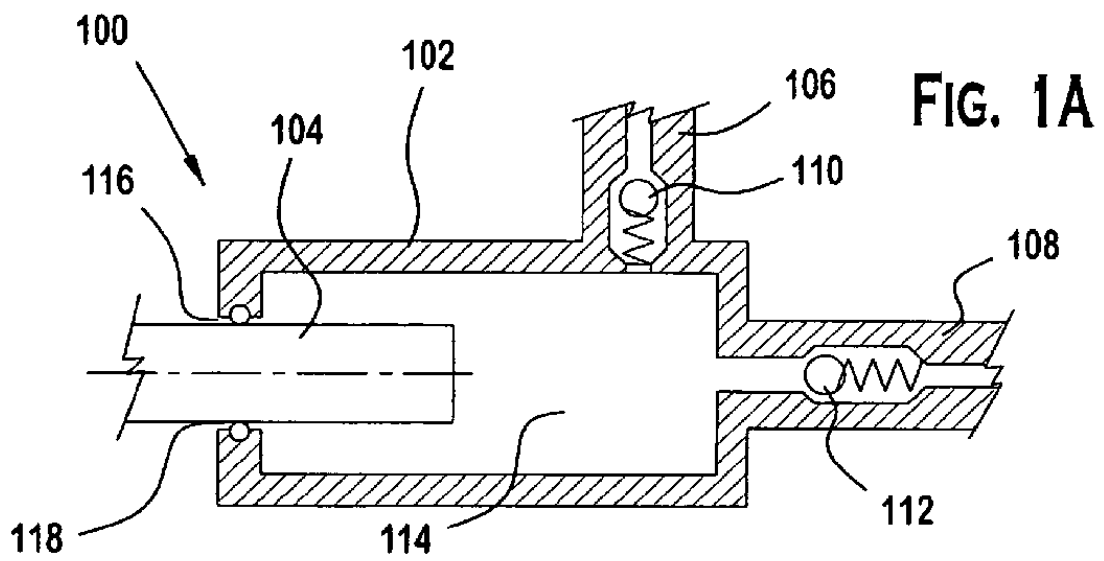
el depósito es un depósito flexible;

la entrada (306, 406, 706, 1606) tiene una válvula (310, 410, 710, 1610) de retención para inhibir la entrada de fluido en el depósito flexible desde la cámara (314, 414, 714, 1614) de bombeo;

15 la cámara (314, 414, 714, 1614) de bombeo tiene una salida (308, 408, 708, 1608) para la comunicación del fluido con un dispositivo de infusión médico y tiene una válvula (312, 412, 712, 1612) de retención dispuesta en su interior para inhibir la entrada de fluido en la cámara (314, 414, 714, 1614) de bombeo; y

20 la parte del pistón (200, 304, 404, 704, 1604) de área de sección transversal mayor también pasa a través de una pared de la cámara (314, 414, 714, 1614) de bombeo, de tal manera que el movimiento del pistón (200, 304, 404, 704, 1604) hace que aumente la cantidad de una de las partes del pistón (200, 304, 404, 704, 1604) dispuesta en el interior de la cámara (314, 414, 714, 1614) de bombeo y que disminuya la cantidad de la otra, para controlar el volumen del fluido extraído desde el depósito flexible y expulsado a través de la salida (308, 408, 708, 1608) hacia el dispositivo de infusión médico.

25



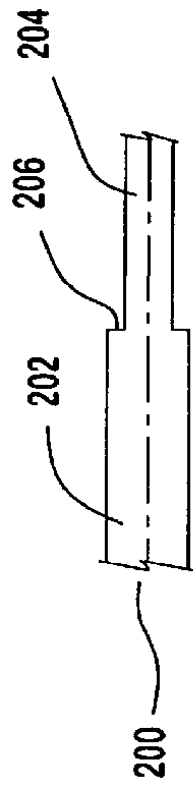


FIG. 2A

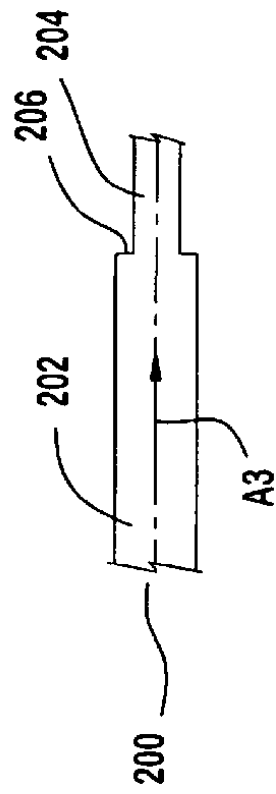


FIG. 2B

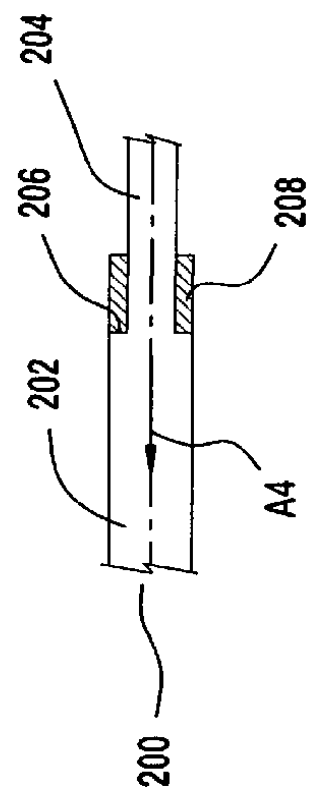


FIG. 2C

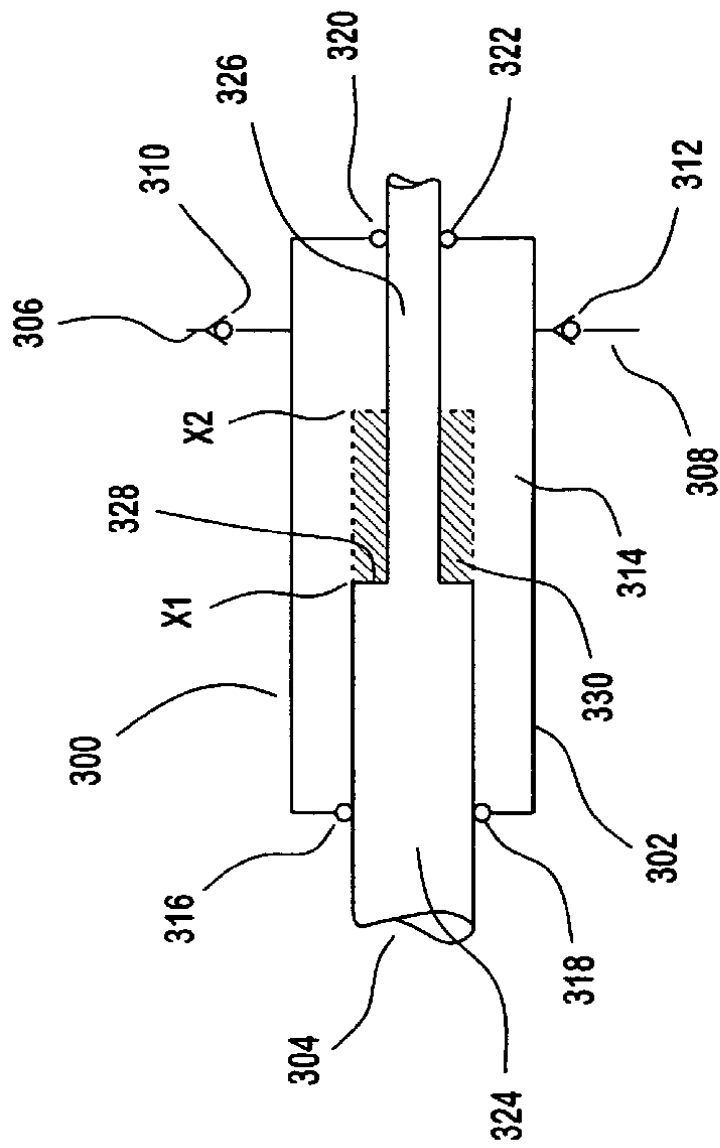
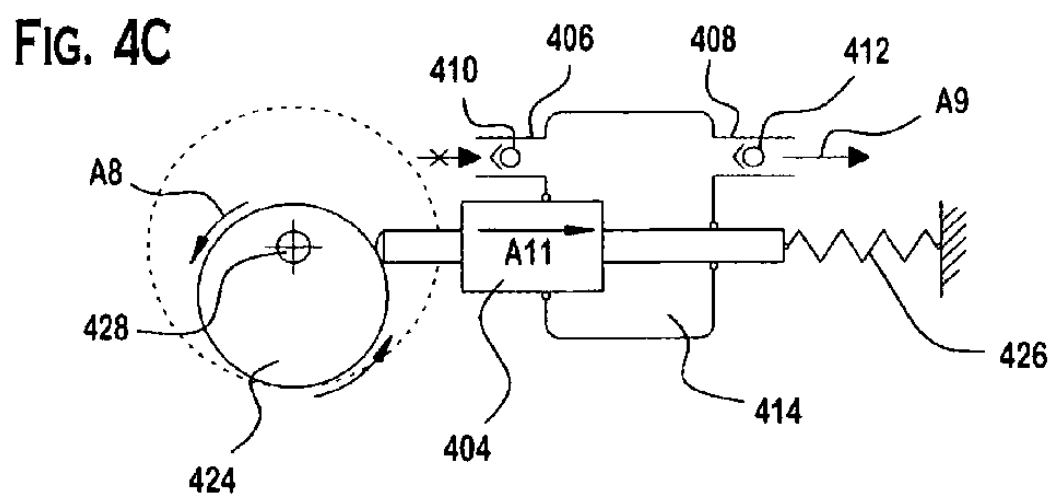
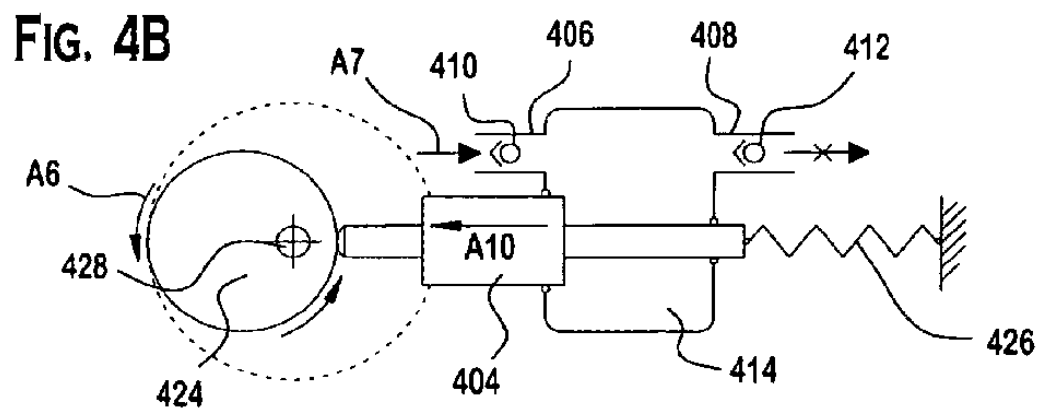
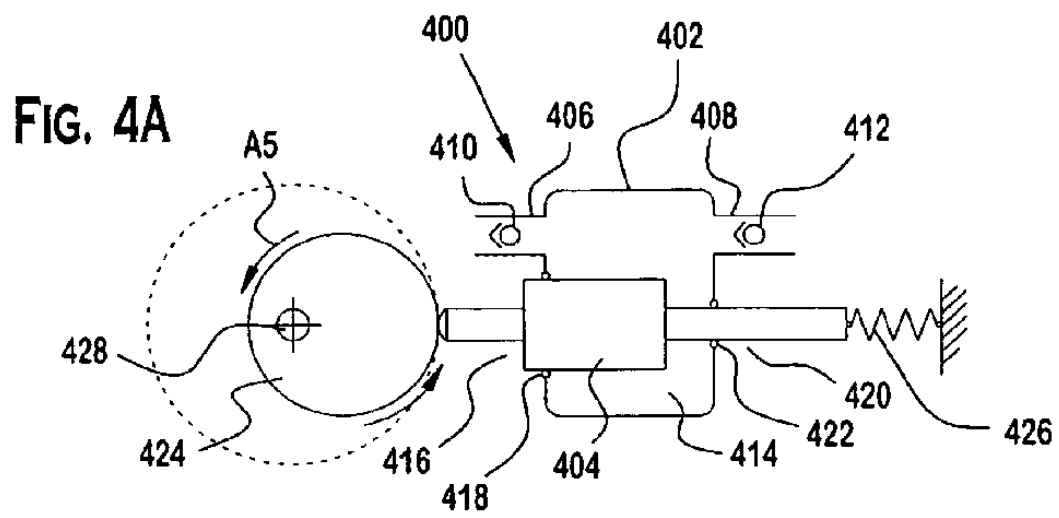


FIG. 3



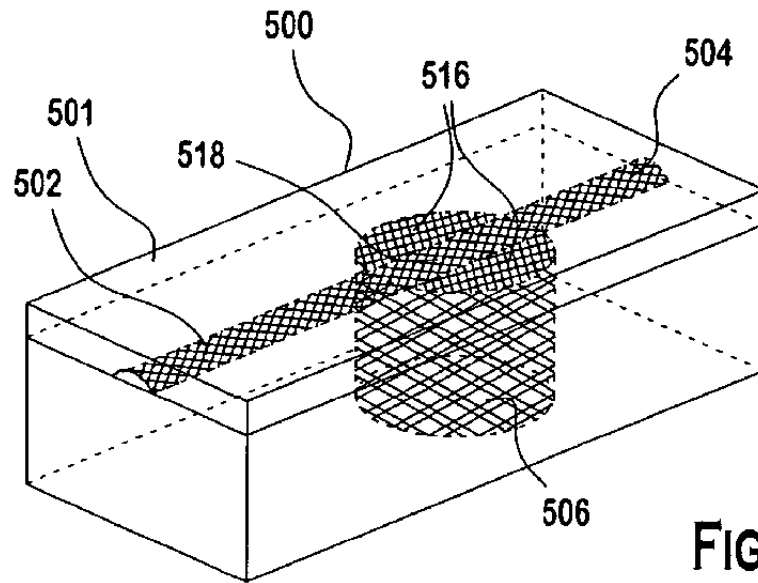


FIG. 5A

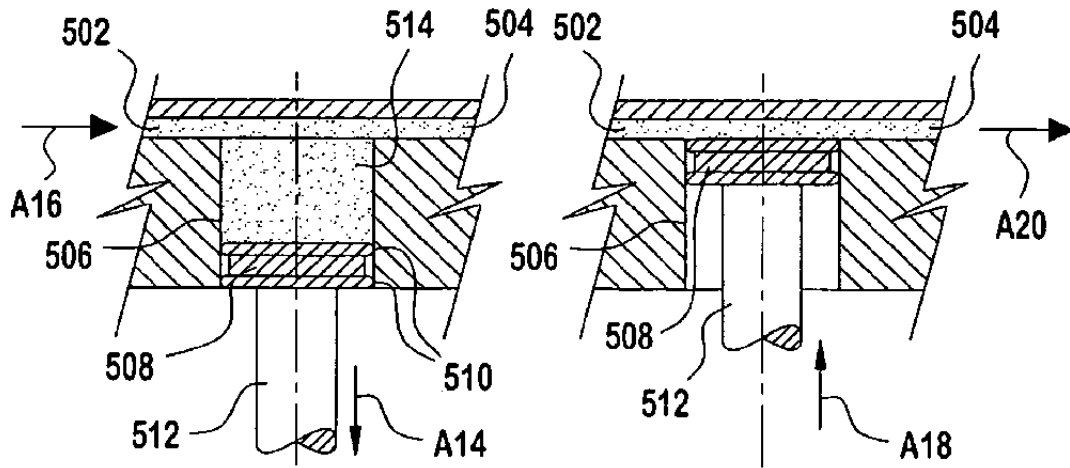


FIG. 5B

FIG. 5C

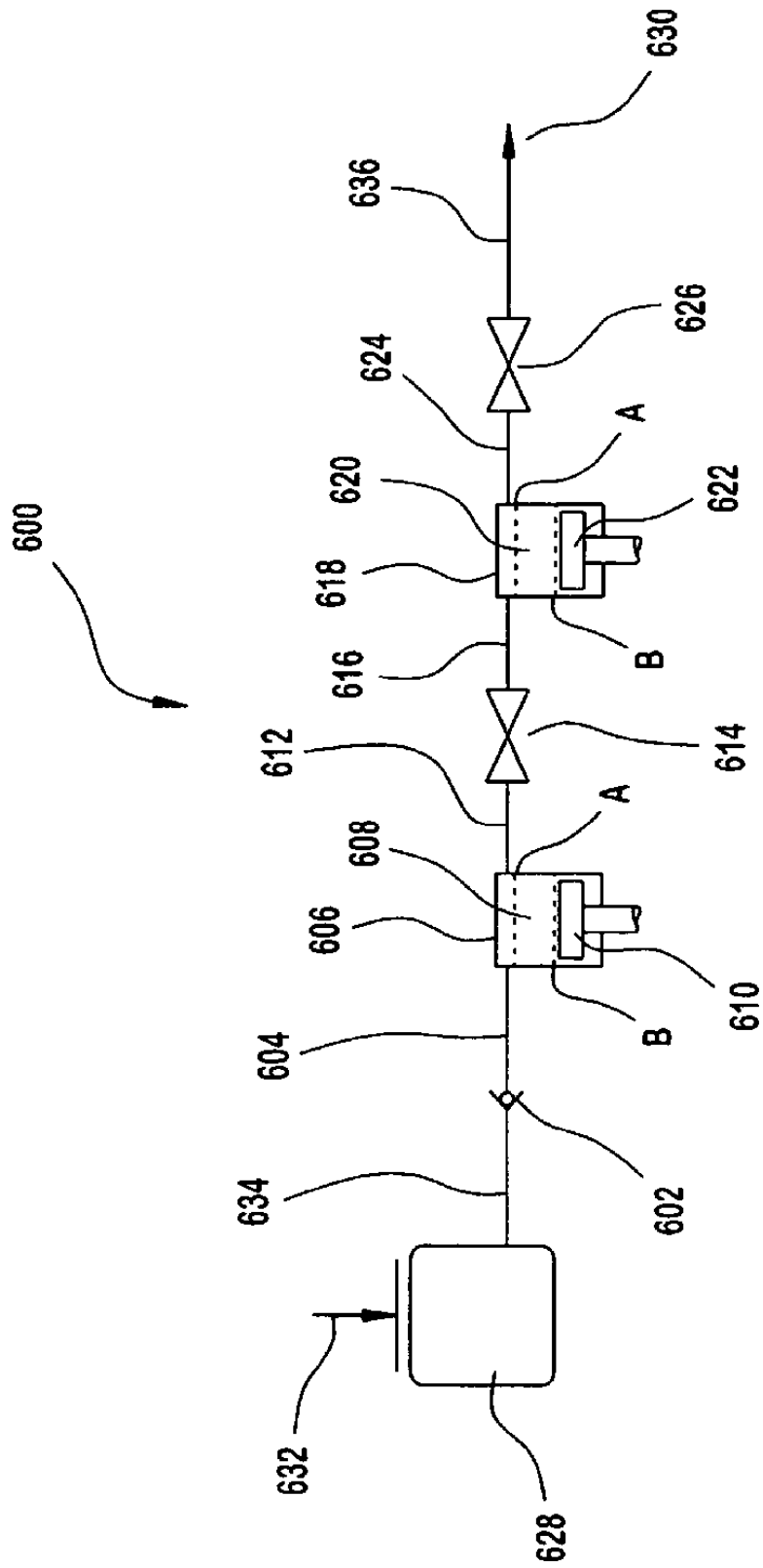
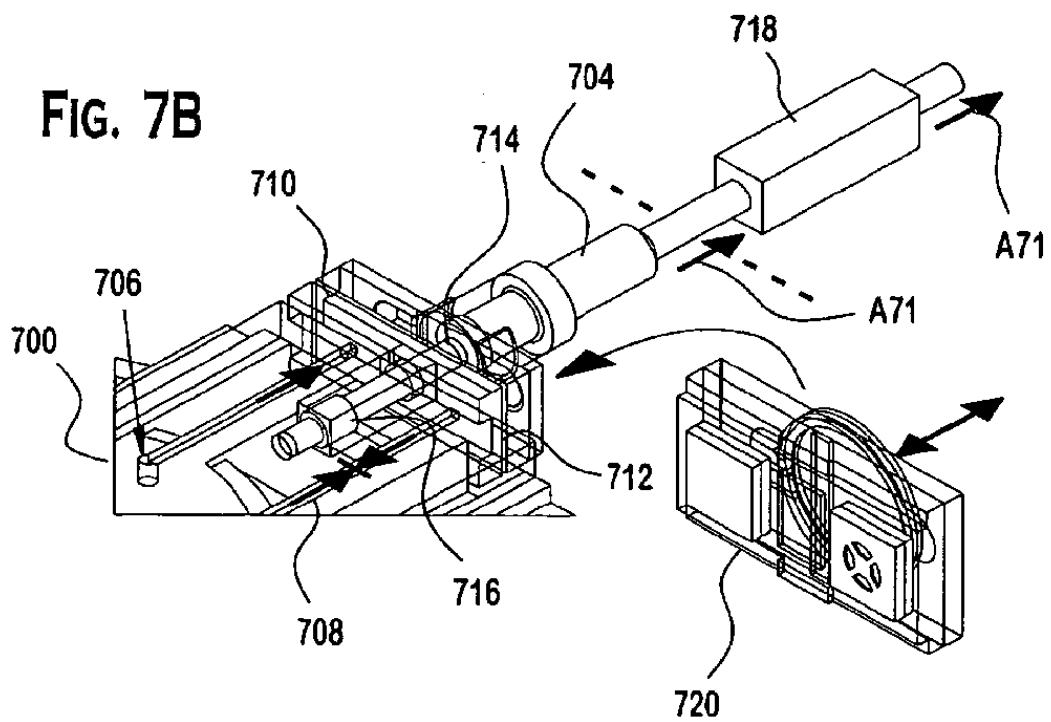
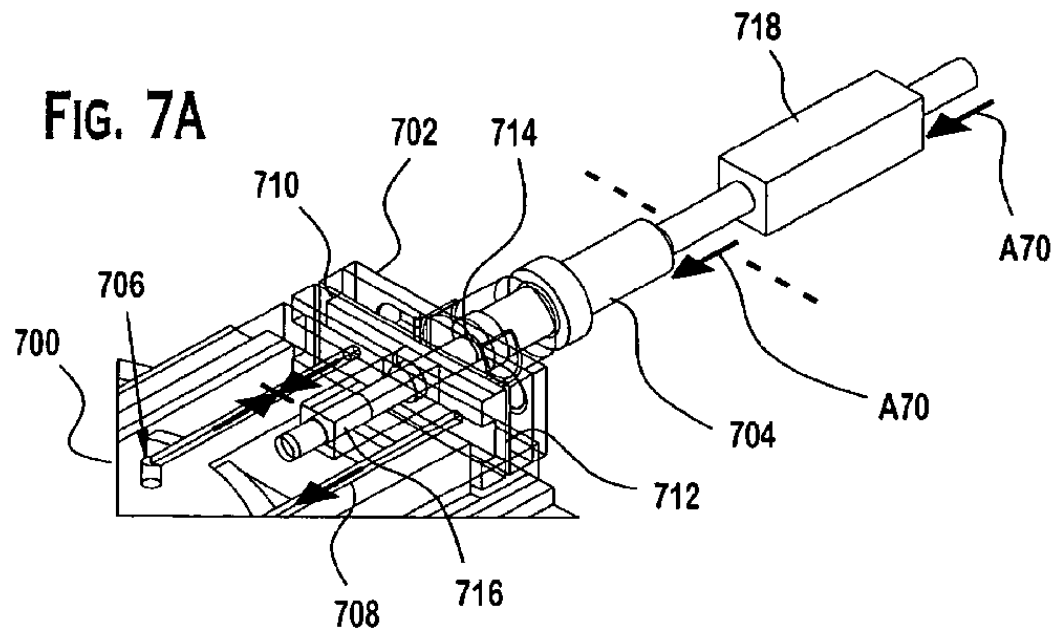
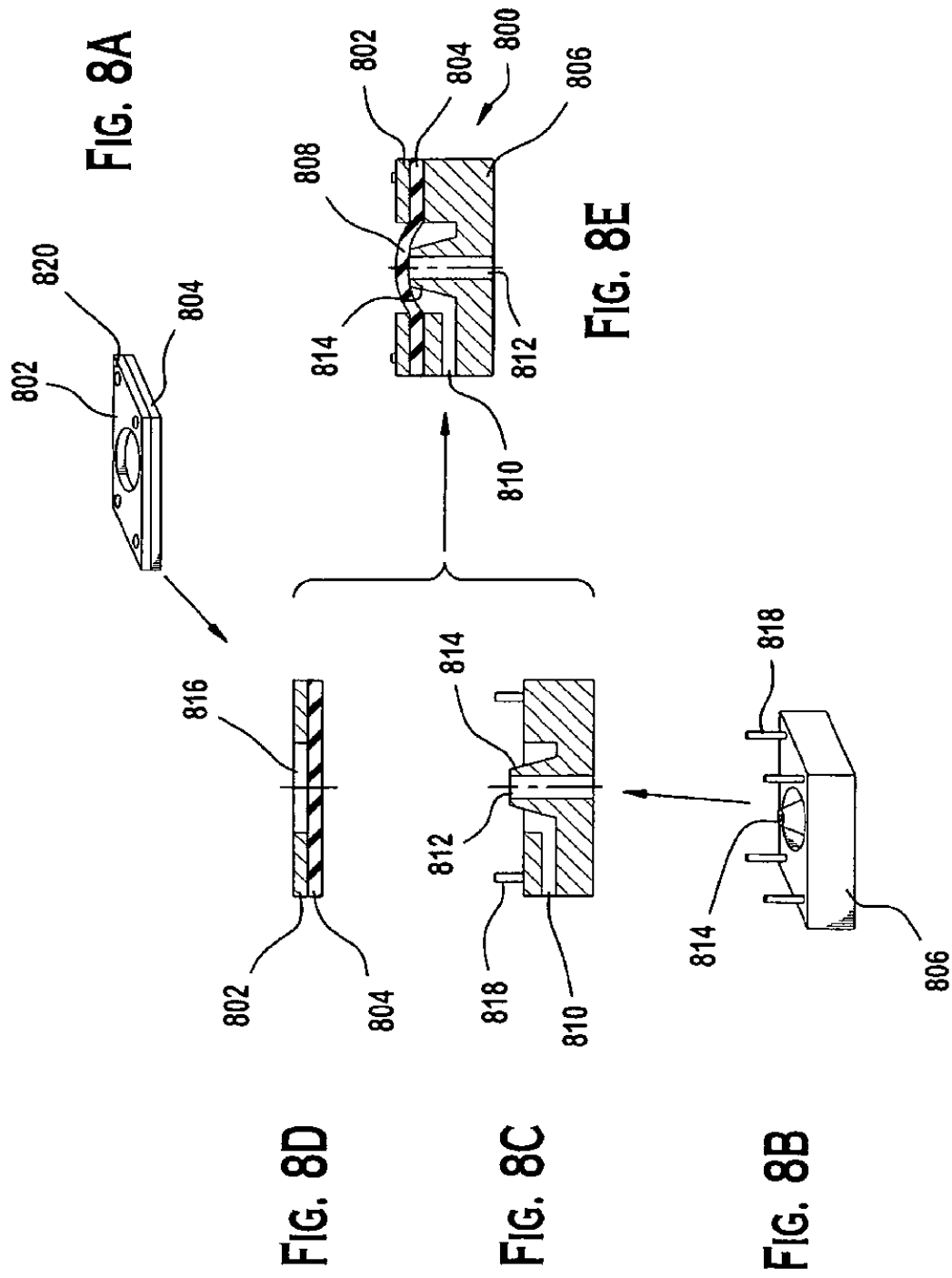


FIG. 6





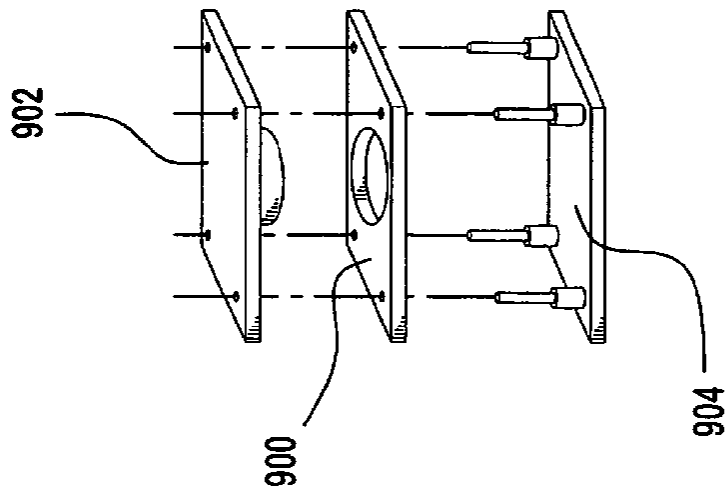


FIG. 9A

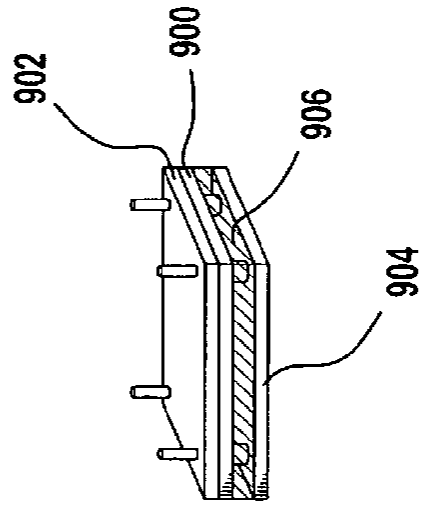


FIG. 9B

FIG. 10A

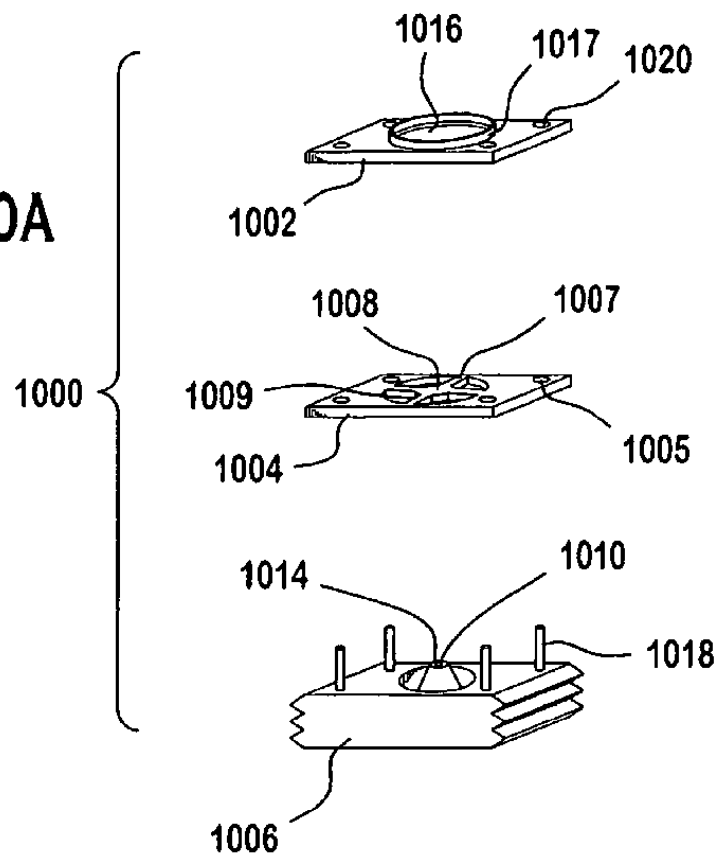


FIG. 10B

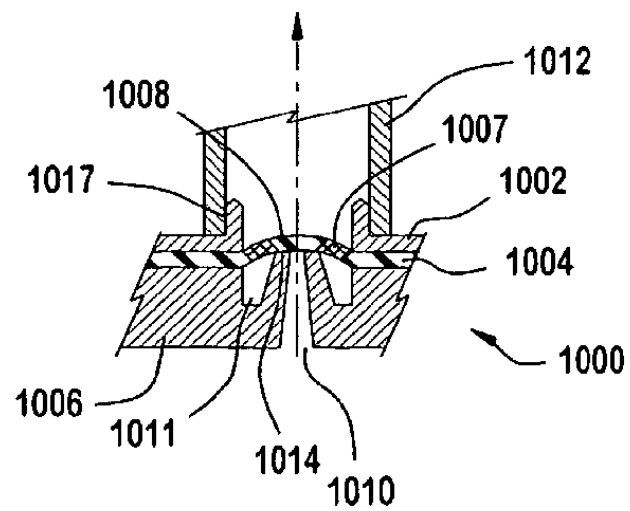


FIG. 11A

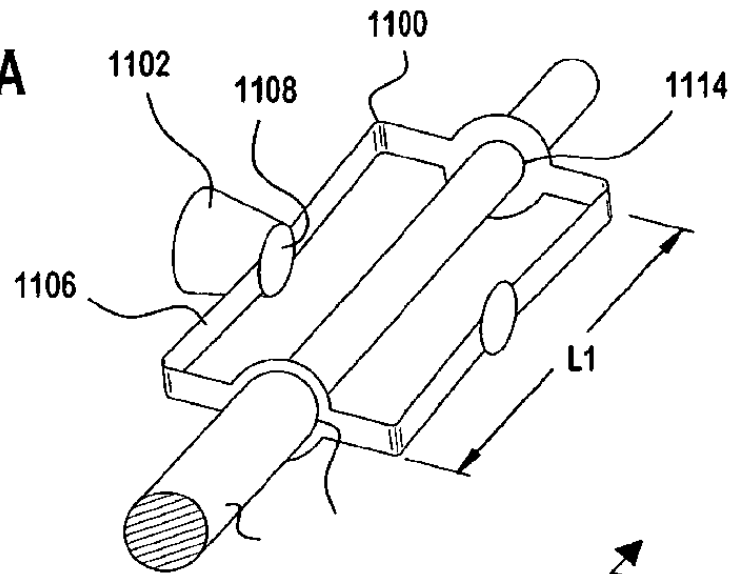


FIG. 11B

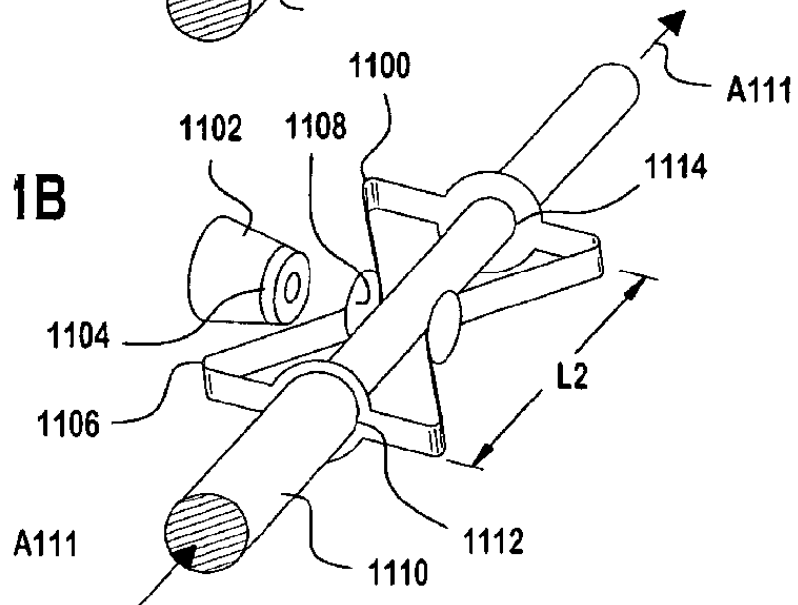
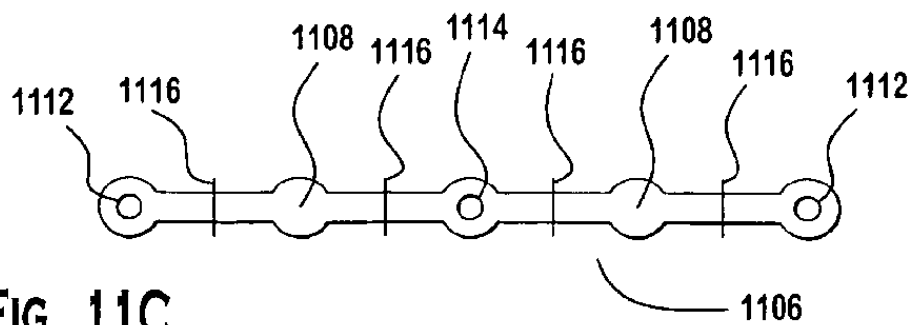


FIG. 11C



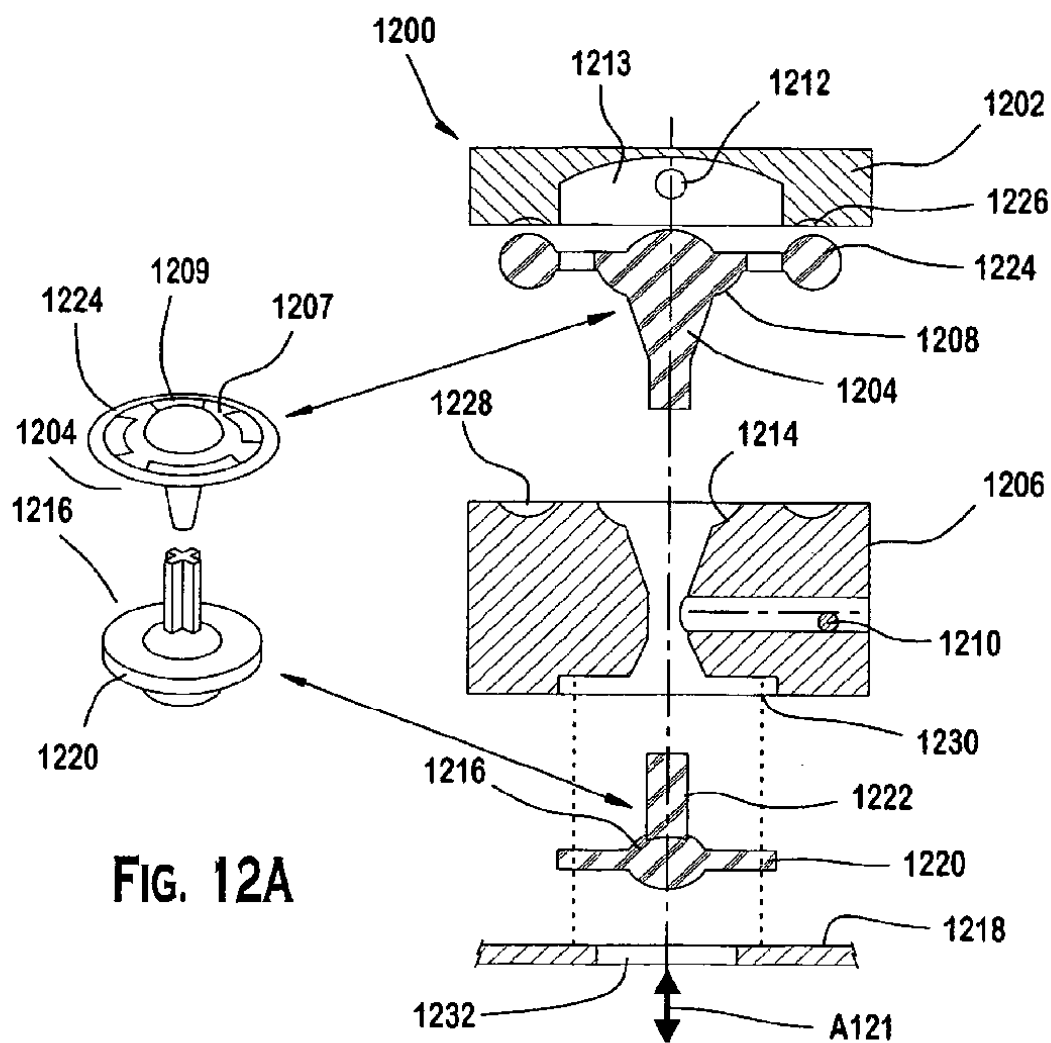


FIG. 12B

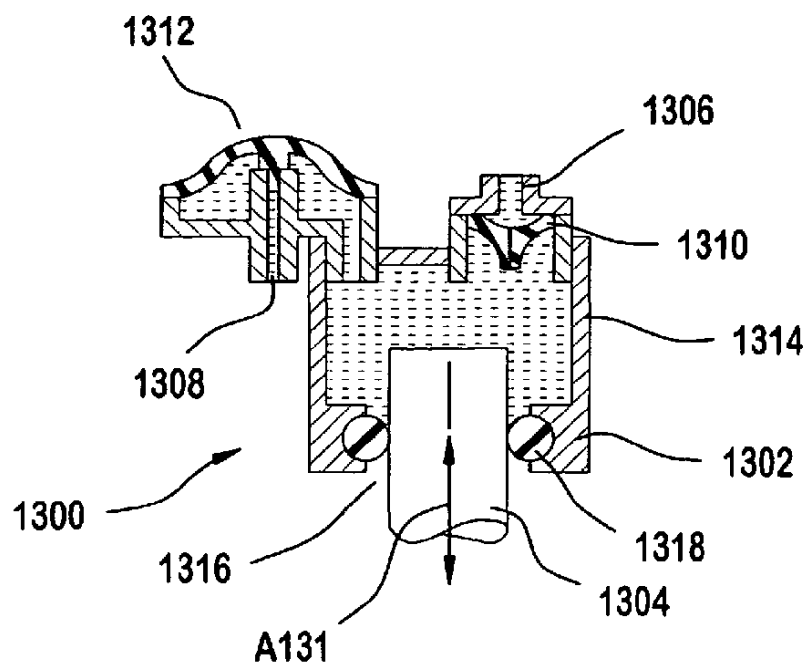
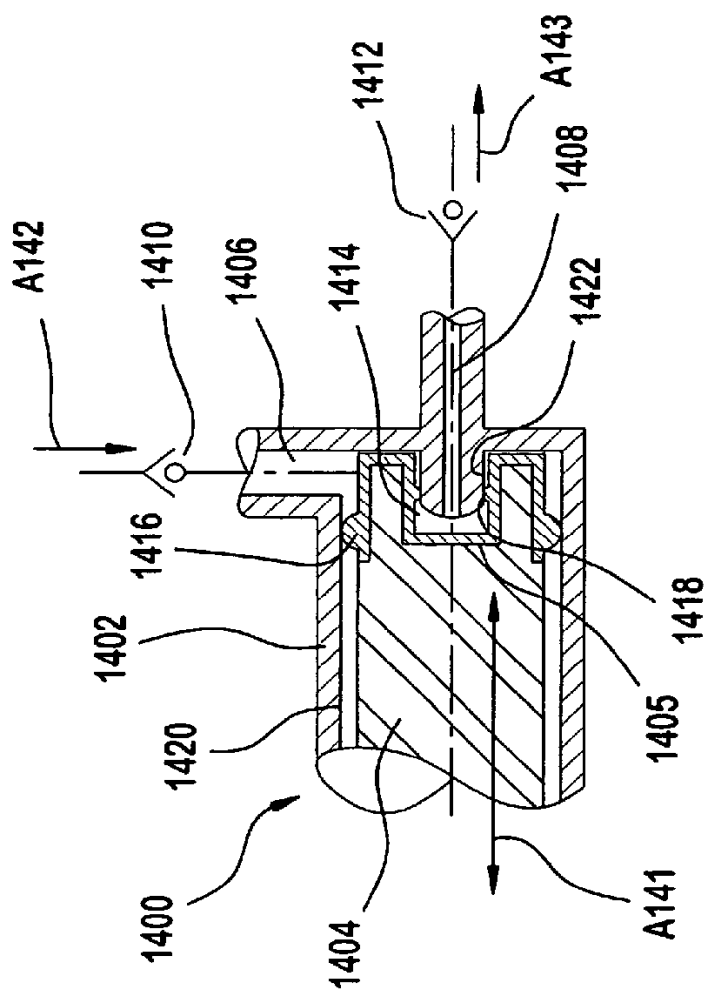


FIG. 13

**FIG. 14**

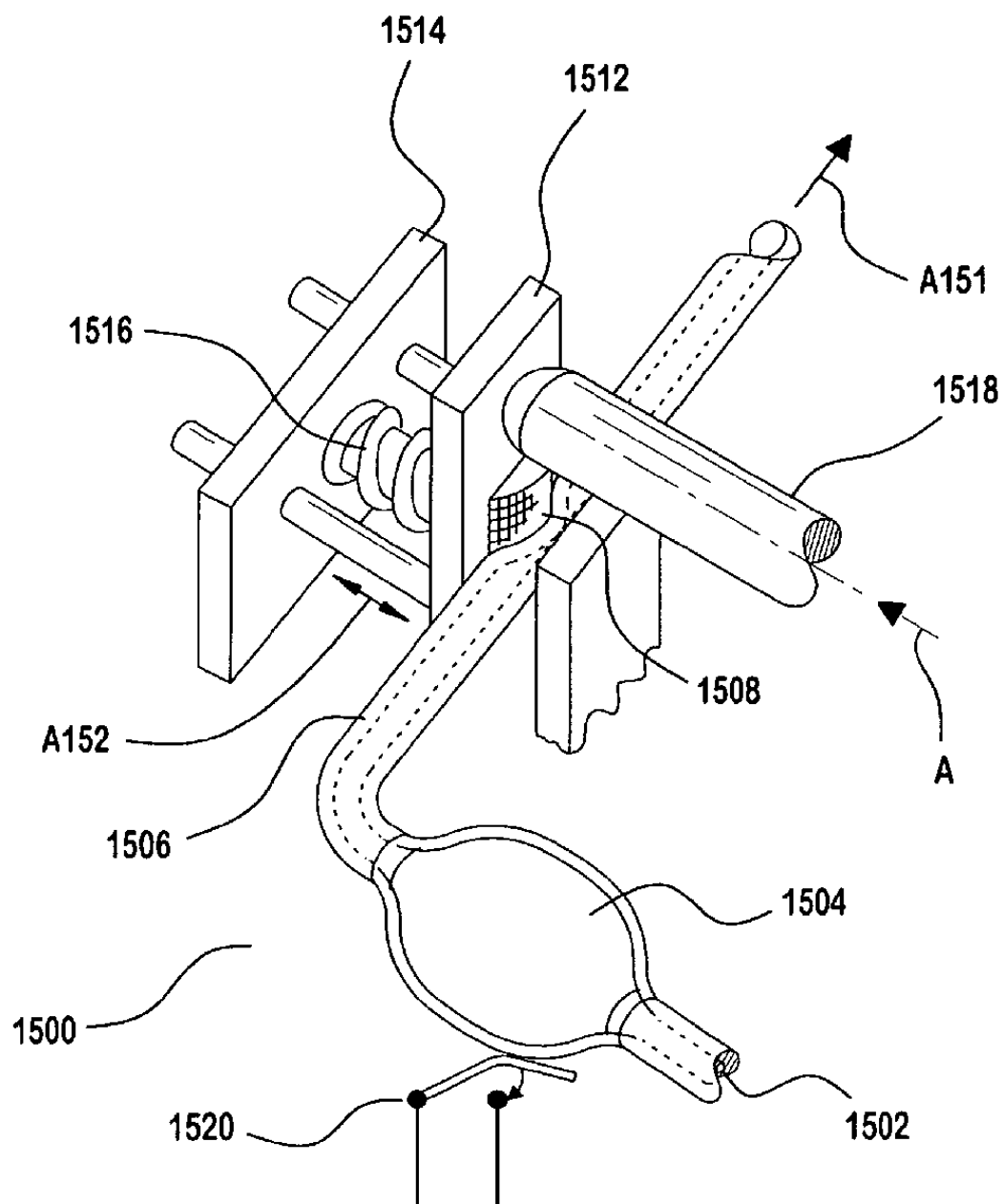


FIG. 15

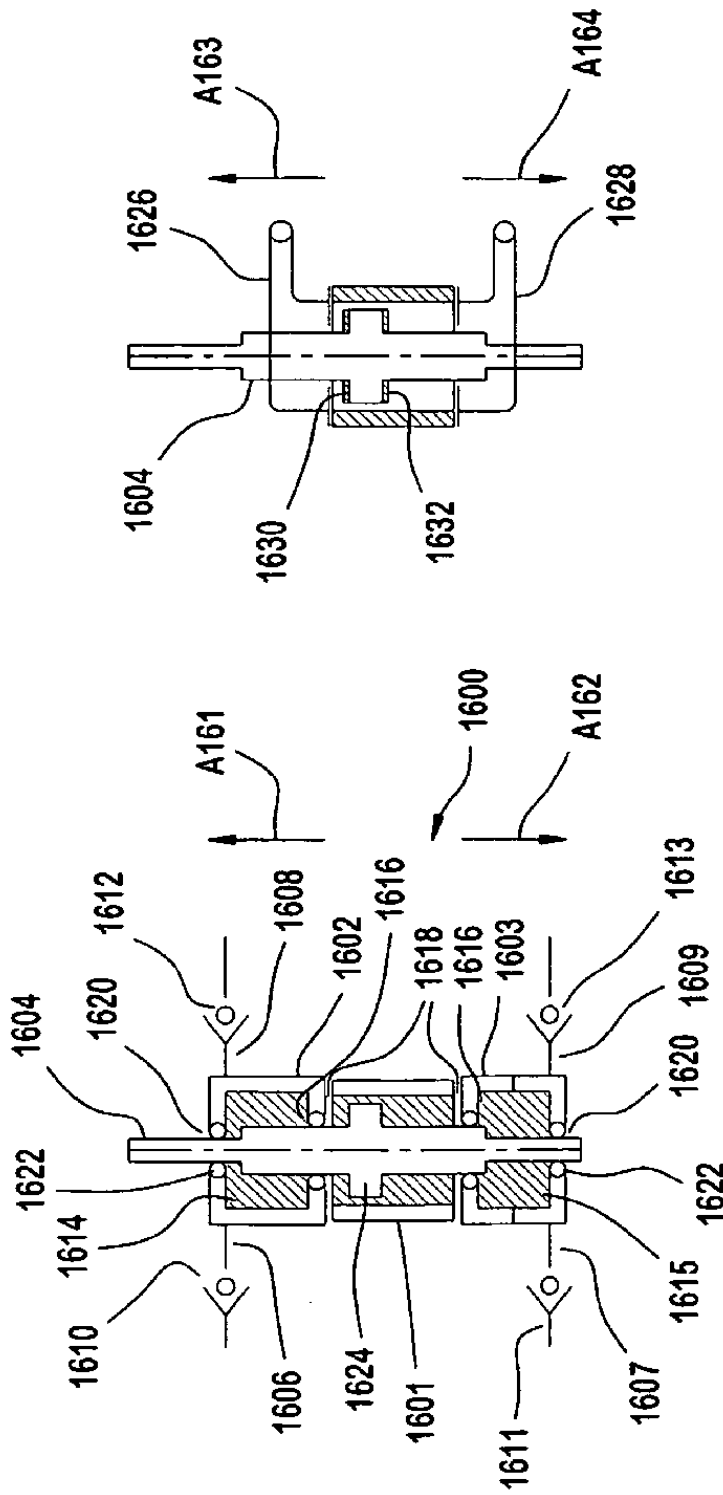
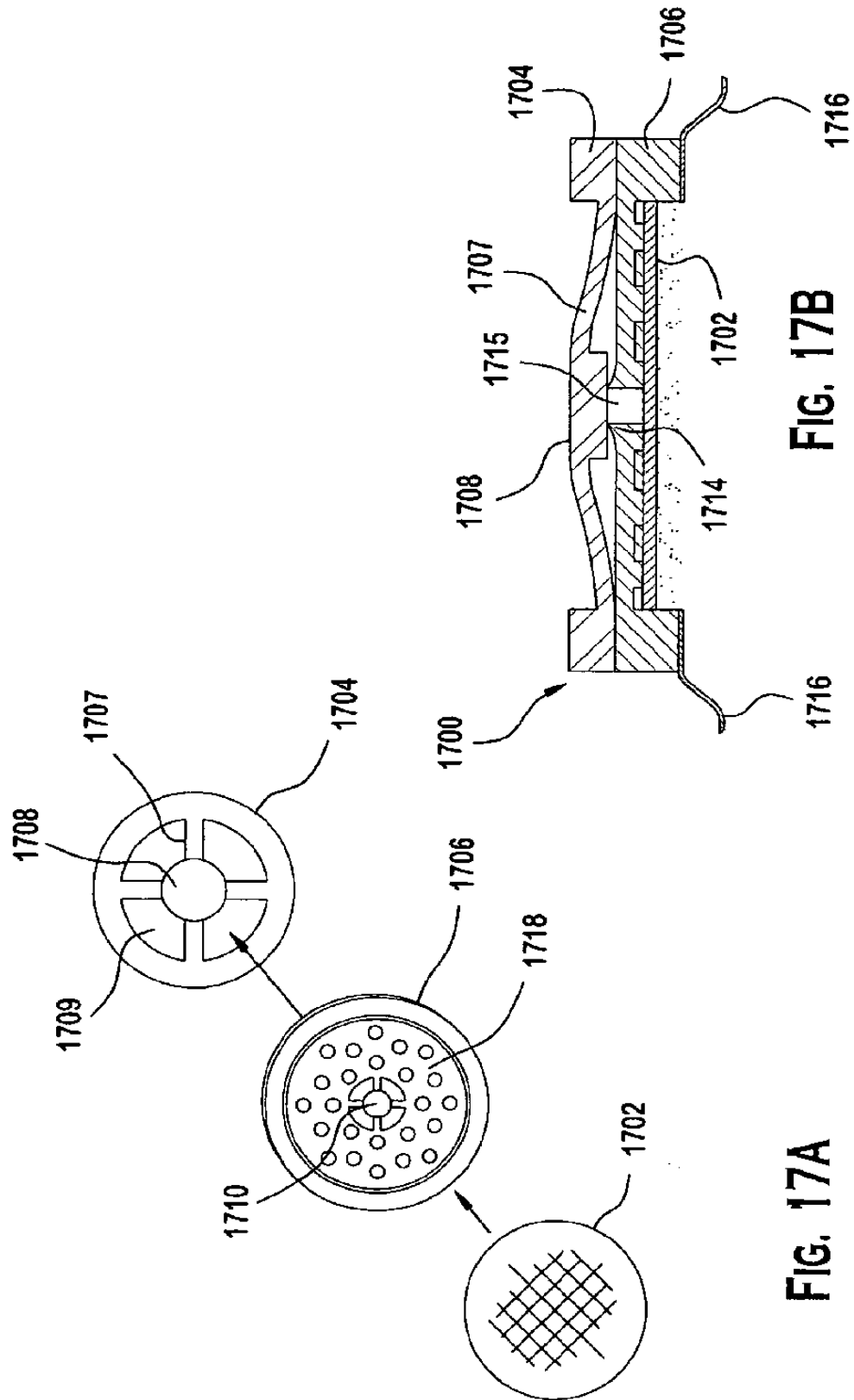


FIG. 16B

FIG. 16A



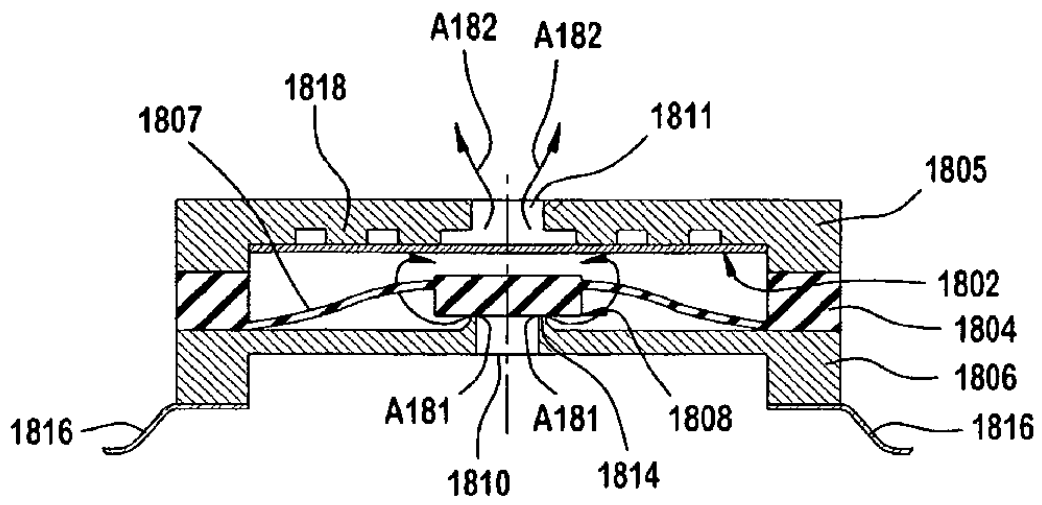


FIG. 18A

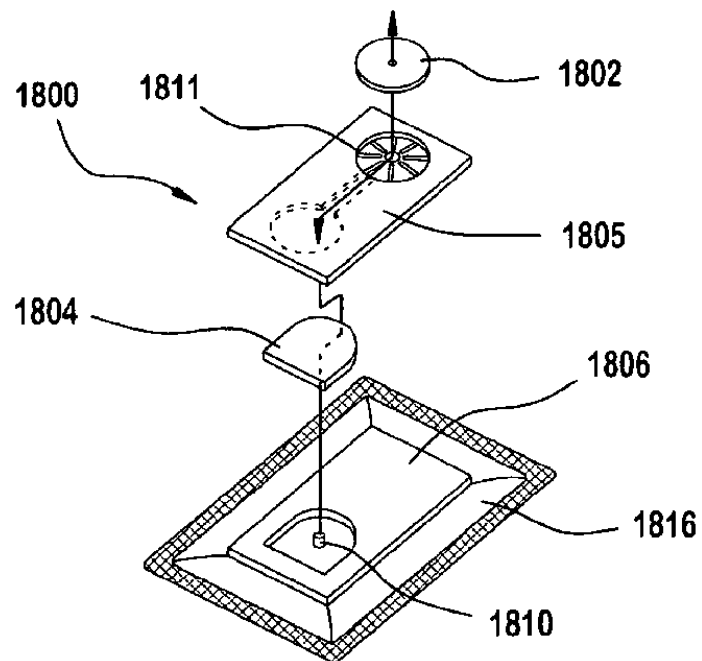


FIG. 18B

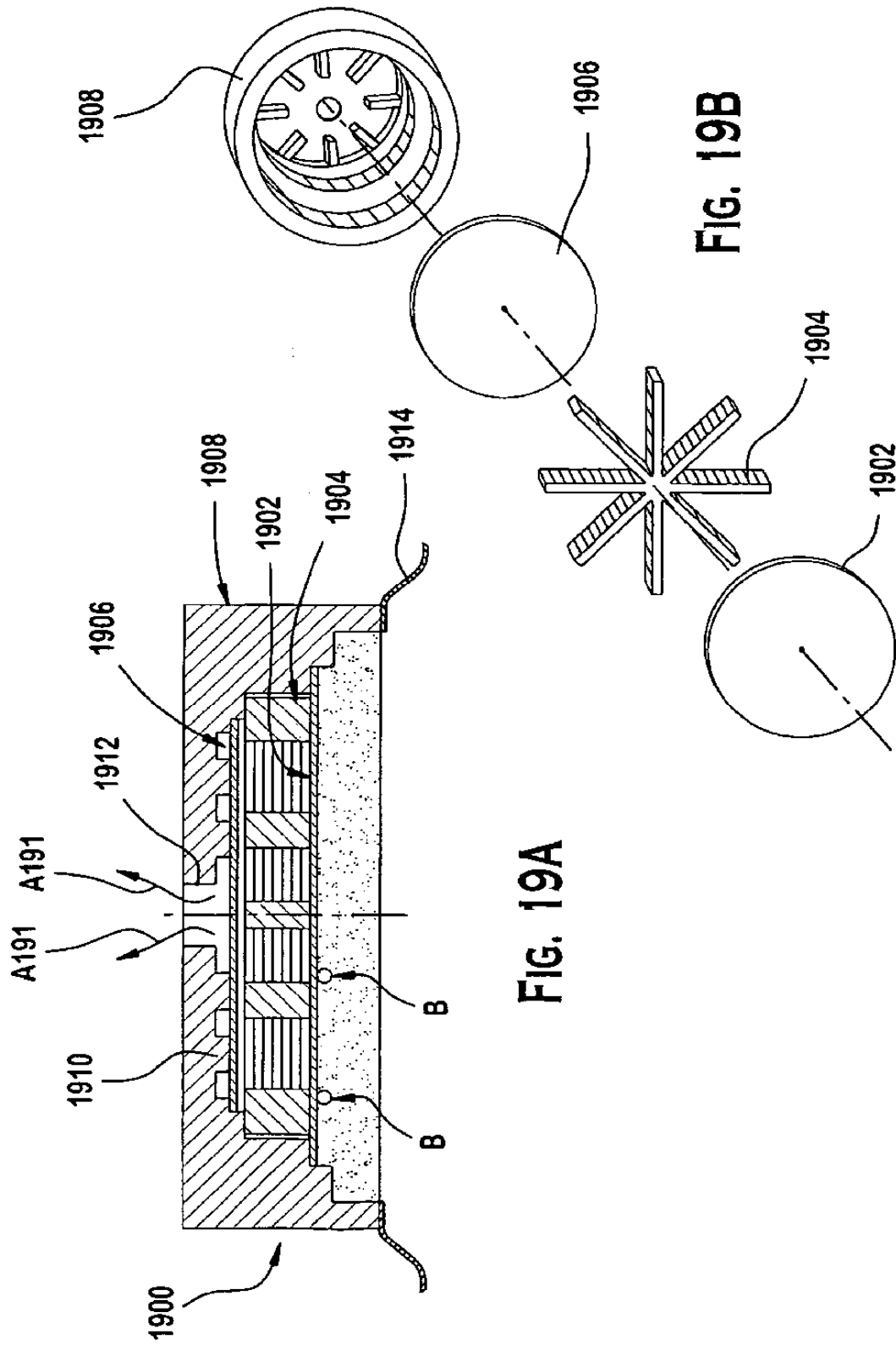


FIG. 19A

FIG. 19B

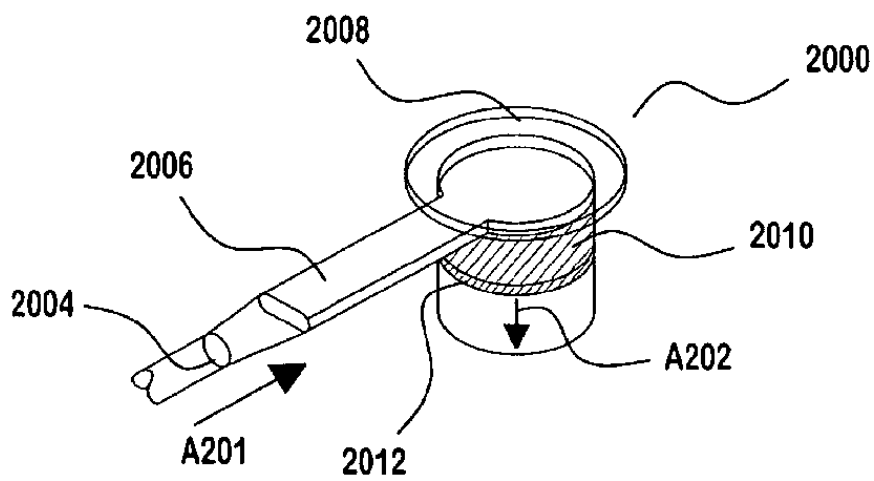


FIG. 20A

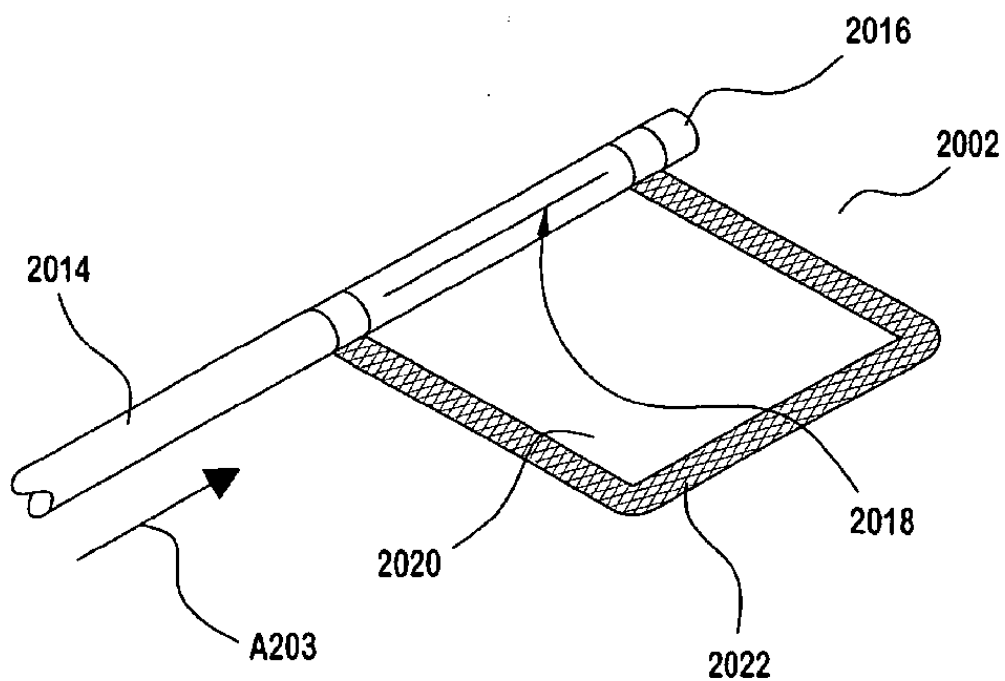


FIG. 20B

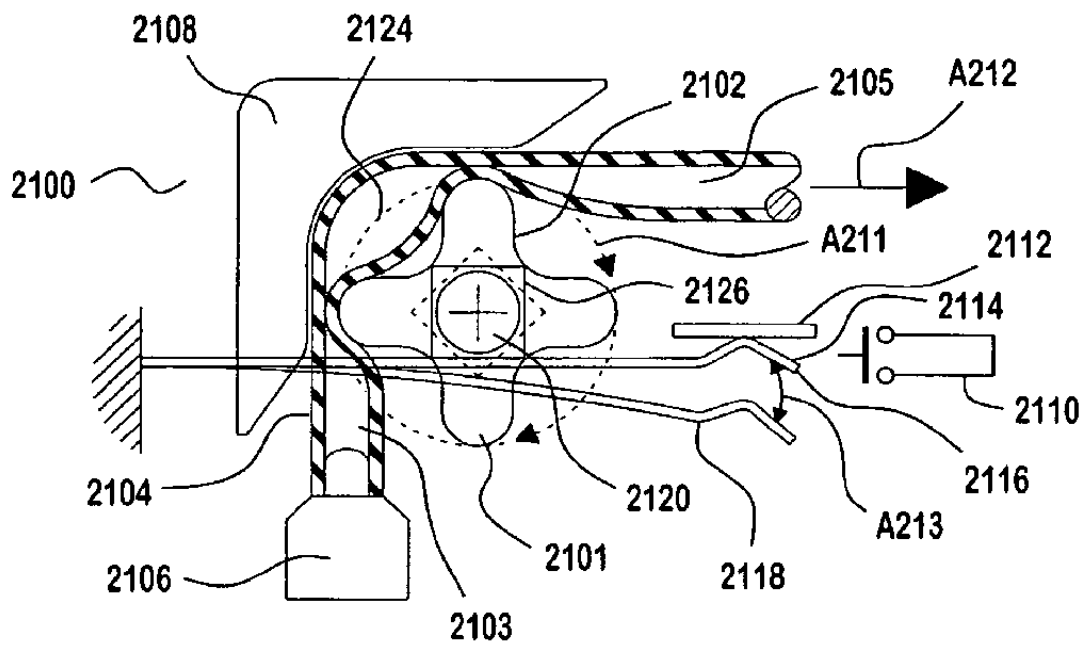


FIG. 21A

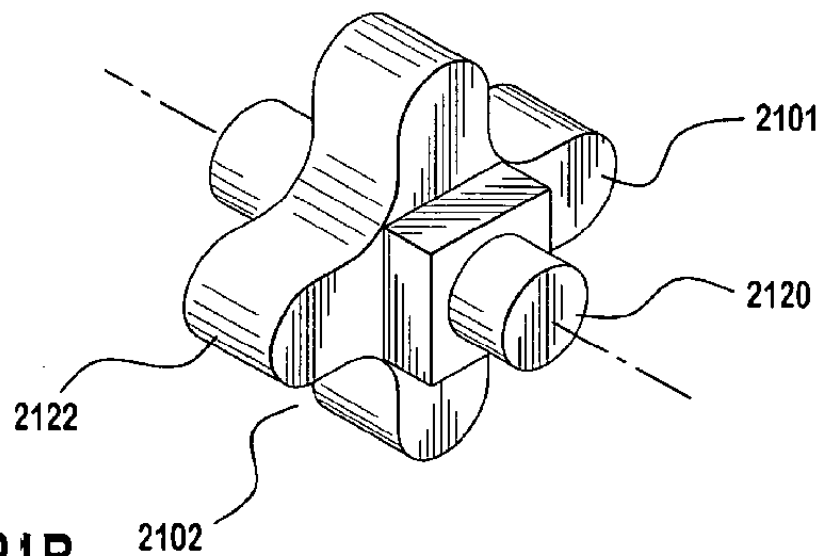


FIG. 21B