

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 856 342**

51 Int. Cl.:

F15B 15/00 (2006.01)
F15B 15/10 (2006.01)
B25J 9/14 (2006.01)
A63B 41/00 (2006.01)
B25J 15/12 (2006.01)
B25J 18/06 (2006.01)
B25J 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.10.2014** **PCT/US2014/060870**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.07.2015** **WO15102723**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.10.2014** **E 14877529 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.12.2020** **EP 3058237**

54 Título: **Accionadores blandos programados mecánicamente con manguitos adaptables**

30 Prioridad:

18.10.2013 US 201361893093 P

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

27.09.2021

73 Titular/es:

**PRESIDENT AND FELLOWS OF HARVARD
COLLEGE (100.0%)
17 Quincy Street
Cambridge, MA 02138, US**

72 Inventor/es:

GALLOWAY, KEVIN

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 856 342 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

Accionadores blandos programados mecánicamente con manguitos adaptables

5 APOYO DEL GOBIERNO

La presente invención se realizó con el apoyo del gobierno bajo la subvención n.º W911NF-11-1-0094 otorgada por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa. El gobierno de los Estados Unidos tiene determinados derechos sobre la invención.

10 ANTECEDENTES

Los accionadores blandos ofrecen varios rasgos característicos deseables que no se encuentran en los sistemas mecánicos rígidos, incluyendo la capacidad de integrar movimientos complejos en una estructura monolítica, y el cumplimiento inherente debido a los materiales elastómeros y los fluidos presurizados. Los programas de dibujo asistido por ordenador (CAD) y las impresoras tridimensionales (3D) permiten una iteración relativamente rápida de diseños de moldes para la fabricación de accionadores (del orden de días); sin embargo, estos enfoques pueden no permitir la modificación "sobre la marcha" de los movimientos de salida de un accionador blando, las interfaces de conexión y las propiedades de la superficie. Esta capacidad es ventajosa cuando se necesita una personalización inmediata, tal como en la planta de producción para la manipulación robótica o rehabilitación, donde las necesidades del paciente varían.

El documento WO 2007/014980 A2 divulga determinados dispositivos para lograr el movimiento en funcionamiento.

El documento DE 10 2007 017417 A1 divulga un accionador que tiene unidades de accionador con elementos de funcionamiento a prueba de flexión que están articulados entre sí formando una cadena de eslabones de modo que los elementos pivoten uno respecto a otro en un plano de funcionamiento.

El documento JP H05 332325 A divulga un accionador de conformación variable.

30 SUMARIO

Los accionadores blandos programados mecánicamente y los procedimientos para su fabricación y uso se describen en el presente documento. Diversos accionadores y procedimientos relacionados pueden incluir algunos o todos los elementos, rasgos característicos y etapas descritos a continuación. La presente invención se define de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 17 adjuntas.

Un accionador blando programado mecánicamente incluye al menos un cuerpo del accionador blando donde al menos una parte del mismo está configurada para flexionarse, extenderse linealmente, contraerse, torcerse o combinaciones de los mismos cuando se acciona sin restricciones; un mecanismo de activación (por ejemplo, una bomba de fluido) configurado para accionar el cuerpo del accionador blando; y al menos un manguito adaptable envuelto alrededor de parte del cuerpo del accionador blando y configurado para restringir el cuerpo del accionador blando dentro del manguito cuando se acciona y para provocar que el cuerpo del accionador blando se doble donde no está cubierto por el manguito.

En un procedimiento de accionamiento mecánico, el fluido (por ejemplo, aire o líquido) se bombea a una cámara definida por el cuerpo del accionador blando, lo que provoca que el cuerpo del accionador blando se doble donde el cuerpo del accionador blando no está cubierto por el manguito, mientras que el manguito restringe la flexión del cuerpo del accionador blando donde el manguito cubre el cuerpo del accionador blando.

Estos accionadores pueden proporcionar una interacción humana-robot segura, donde los tejidos blandos (por ejemplo, la piel) pueden interactuar con accionadores robóticos blandos y compatibles para incrementar la comodidad y para reducir el riesgo de lesiones al usuario. Estos accionadores blandos son adecuados para una variedad de usos, incluyendo el uso como accionadores robóticos para ayudar al movimiento humano, el uso como agarrador adaptable para manipular objetos y el uso en juguetes (por ejemplo, como interfaz para videojuegos).

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 es una imagen fotográfica de un cuerpo de accionador blando 14 que se puede curvar sin manguito.

La FIG. 2 es una imagen fotográfica del cuerpo de accionador blando 14 que se puede curvar de la FIG. 1 después de un cambio de presión en el cuerpo del accionador 14.

La FIG. 3 es una imagen fotográfica del cuerpo de accionador blando 14 de la FIG. 1 rodeado por los manguitos 16 respectivamente en su base y en su extremo remoto.

La FIG. 4 es una imagen fotográfica del accionador 12 de la FIG. 3 después de un cambio de presión en el cuerpo del accionador 14.

La FIG. 5 es una ilustración de un cuerpo de accionador blando 14 con una capa limitadora de deformación 54 en su lado derecho; a la izquierda se muestra una posición inicial del cuerpo del accionador 14, mientras que a la derecha se muestra el curvado en el cuerpo del accionador 14 debido a la capa limitadora de deformación 54 después de un cambio de presión en el cuerpo del accionador 14.

La FIG. 6 es una ilustración de un cuerpo de accionador blando 14 rodeado por un manguito 16 en su base y con una capa limitadora de deformación 54 en su lado derecho; a la izquierda se muestra una posición inicial del cuerpo del accionador 14, mientras que a la derecha se muestra el curvado en el cuerpo del accionador 14 debido a la capa limitadora de deformación 54 por encima del manguito 16 después de un cambio de presión en el cuerpo del accionador 14.

La FIG. 7 es una ilustración de un cuerpo de accionador blando 14 rodeado por los manguitos 16 respectivamente en su base y en su extremo remoto y con una capa limitadora de deformación 54 en su lado derecho; a la izquierda se muestra una posición inicial del cuerpo del accionador 14, mientras que a la derecha se muestra la flexión en el cuerpo del accionador 14 debido a la capa limitadora de deformación 54 entre los manguitos 16 después de un cambio de presión en el cuerpo del accionador 14.

La FIG. 8 muestra un manguito 16 termoformado en un cuerpo de accionador blando 14 por medio de la aplicación de calor.

La FIG. 9 muestra el cuerpo de accionador blando 14 con el manguito 16 termoformado sobre el mismo.

La FIG. 10 muestra un manguito 16 fijado a un cuerpo de accionador blando 14 por medio de abrazaderas de apriete 24' aseguradas alrededor del manguito 16.

La FIG. 11 muestra un manguito 16 fijado a un cuerpo de accionador blando 14 por medio de bridas 24" aseguradas alrededor del manguito 16.

La FIG. 12 muestra un manguito 16 asegurado a un cuerpo de accionador blando 14 por medio de superficies respectivas de ganchos y bucles 24''' en el lado superior de un extremo del manguito 16 y en el lado inferior del extremo opuesto del manguito 16.

La FIG. 13 muestra un manguito 16 asegurado a un cuerpo de accionador blando 14 por medio de un cordón 24''' enlazado a través de aberturas a lo largo de cada uno de los extremos opuestos del manguito 16.

La FIG. 14 muestra un manguito 16 asegurado a un cuerpo de accionador blando 14 por medio de pegamento 24'''' insertado entre el manguito 16 y el cuerpo de accionador blando 14.

La FIG. 15 muestra un accionador 12 con una pluralidad de juntas formadas entre más de dos manguitos 16 espaciados a lo largo de la longitud del accionador 12.

La FIG. 16 muestra el accionador 12 de la FIG. 15 después de un cambio de presión en el cuerpo de accionador blando 14, donde el cuerpo de accionador blando 14 se dobla entre los manguitos 16.

La FIG. 17 muestra una variedad de accionadores en los que el cuerpo de accionador blando 14 está cubierto por una, dos o tres secciones de manguito 16 y con los manguitos 16 extendiéndose distancias diferentes a lo largo del cuerpo de accionador blando 14.

La FIG. 18 muestra un manguito 16 que puede actuar como un sustrato de montaje para un sistema electrónico (por ejemplo, un sensor de contacto 26 y un circuito impreso 28).

Las FIGS. 19 y 20 muestran un manguito 16 que puede actuar como punto de anclaje para un sensor virtual, tal como un extensómetro 30 (por ejemplo, conectando por medio de ganchos y bucles, cosido, pegado, etc.).

Las FIGS. 21-24 muestran un manguito 16 que puede actuar como interfaz para conectar dispositivos rígidos a un conector blando (por ejemplo, una pala, palanca, resorte o cualquier mecanismo que se vaya a accionar); el manguito 16 incluye bornes roscados 32 para servir como interfaz.

Las FIGS. 25-27 muestran la integración o incrustación de imanes 38 (por ejemplo, para facilitar la alineación durante la sujeción, para fijar herramientas o para su uso en la recogida rápida de objetos de metal ferroso).

Las FIGS. 28 y 29 muestran el uso de un manguito 16 como acoplador para conectar los cuerpos de accionador 14 en serie.

Las FIGS. 30 y 31 muestran el uso de los manguitos 16 conectados en paralelo para acoplar los cuerpos de accionador blando 14 juntos en paralelo.

5 La FIG. 32 muestra el uso de un manguito 16 para unir cuatro cuerpos de accionador blando 14 en una "junta en X".

La FIG. 33 muestra el uso de un manguito 16 para unir tres cuerpos de accionador blando 14 en una "junta en T".

La FIG. 34 muestra el uso de un manguito 16 para unir dos cuerpos de accionador blando 14 de extremo a extremo.

10 La FIG. 35 muestra los cepillos 44 que se extienden desde una superficie de un manguito 16.

La FIG. 36 muestra las protuberancias 46 que sobresalen en una superficie de un manguito 16.

15 La FIG. 37 muestra los bucles 48 (de forma alternativa, o además, se pueden proporcionar los ganchos) en una superficie de un manguito 16.

La FIG. 38 muestra un manguito 16 con canales perimetrales 50 para encaminar tubos y cables para minimizar enganches y enredos.

20 La FIG. 39 muestra el manguito 16 de la FIG. 38 con los tubos y cables 52 alimentados a través de los canales perimetrales 50 y con el manguito 16 montado en un cuerpo de accionador blando 14.

25 Las FIGS. 40 y 41 muestran anillos de manguito 16 que son de ancho estrecho y están espaciados a lo largo de una tira rígida de conexión para proporcionar múltiples posiciones de flexión para el cuerpo de accionador blando 14 subyacente.

Las FIGS. 42-44 muestran la flexión de un cuerpo de accionador blando 14 con espaciamientos de manguito de 0, 15 y 30 mm, respectivamente; las imágenes sombreadas muestran los accionadores doblándose a diferentes presiones.

30 La FIG. 45 muestra un manguito 16 con una abertura 22 para permitir la flexión de un cuerpo de accionador blando subyacente en la abertura 22.

35 Las FIGS. 46-48 muestran un manguito 16 con una pluralidad de aberturas 22 situadas en diferentes lugares azimutales y longitudinales en el manguito 16 para proporcionar la flexión en diferentes lugares y alrededor de ejes a lo largo de diferentes orientaciones.

La FIG. 49 muestra un manguito 16 con circuitos eléctricos integrados y cableado 62.

40 La FIG. 50 muestra un manguito 16 que puede conectar un accionador blando 12 a una parte del cuerpo 63 (aquí, un dedo).

La FIG. 51 muestra un intento de sujetar un objeto cuadrado 66 con un manipulador que incluye accionadores blandos 12 que se pueden curvar sin manguitos.

45 La FIG. 52 muestra un manipulador con accionadores blandos 12 que se pueden curvar cubiertos con los manguitos 16 que tienen una longitud que coincide con la del lado de un objeto 66 que se va a sujetar.

50 La FIG. 53 muestra los accionadores blandos 12 con los manguitos del manipulador de la FIG. 52 sujetando un objeto 66.

La FIG. 54 muestra los cuerpos de accionador blando 14 sin los manguitos soportando un objeto 66 bajo carga.

La FIG. 55 muestra los accionadores blandos con los manguitos 16 soportando un objeto 66 bajo una carga mayor.

55 La FIG. 56 muestra los accionadores blandos con los manguitos 16 que tienen una estructura laminada reforzada con fibra soportando un objeto 66 con una carga todavía mayor.

60 Las FIGS. 57 y 58 muestran cuerpos de accionador blando 14 adicionales sujetando un objeto 66, respectivamente, con y sin los manguitos 16.

Las FIGS. 59 y 60 muestran un manipulador con configuración coincidente con un manguito 16 en un cuerpo de accionador blando 14 que se puede curvar y un segundo accionador que se puede curvar sin un manguito.

65 Las FIGS. 61-64 muestran un manguito 16 que se puede desenrollar para proporcionar una longitud ajustable de restricción de flexión en un cuerpo de accionador blando 14 subyacente.

Las FIGS. 65-67 muestran un manguito 16 que incluye un segmento que se puede extender para proporcionar una longitud ajustable de restricción de flexión en un cuerpo de accionador blando 14 subyacente.

5 Las FIGS. 68 y 69 muestran un cuerpo de accionador blando 14 con los manguitos 16 de longitud ajustable de las FIGS. 61 y 64 en ambos extremos del cuerpo de accionador blando 14, mostrando que el radio de curvatura del cuerpo de accionador blando 14 disminuye a medida que se alargan los manguitos 16 al desenrollarse adicionalmente.

10 Las ilustraciones (a)-(d) de la FIG. 70 muestran una comparación en sección transversal de un cuerpo de accionador reforzado con fibra 14, con (c y d) y sin (a y b) una estructura laminada reforzada con fibra inelástica 54 (que limita la deformación), donde (a) muestra una sección transversal y vista lateral real de un cuerpo de accionador reforzado con fibra 14 no presurizado; (b) muestra la expansión de las paredes del cuerpo del accionador 14 debido a la presurización del fluido; (c) demuestra la colocación de un laminado reforzado con fibra inelástico 54 sobre un cuerpo de accionador reforzado con fibra 14; y (d) muestra una vista en sección transversal ilustrada del accionador cuando se añade un manguito 16.

15 Las ilustraciones (a)-(c) de la FIG. 71 muestran el intervalo de movimiento de los accionadores flexibles blandos con laminados reforzados con fibra inelásticos en su superficie plana con respectivos espaciamentos del manguito 16 de (a) 0 mm, (b) 15 mm y (c) 30 mm.

20 La FIG. 72 muestra un accionador blando 12 no accionado que se extiende linealmente con un manguito interior y exterior 16' y 16" con aberturas 22 a través de ambos manguitos 16 que sirven como juntas de flexión y un hueco en el manguito exterior 16" que sirve como un segmento de extensión 70 donde el manguito interior 16' se puede extender longitudinalmente. Los manguitos posibilitan el movimiento de múltiples segmentos

25 La FIG. 73 muestra el accionador blando 12 de la FIG. 72 en estado accionado.

La FIG. 74 es una imagen fotográfica de un cuerpo de accionador blando 14 que se extiende linealmente contenido en un manguito 16 con una abertura en forma de hendidura para generar la flexión del accionador.

30 La FIG. 75 es una imagen fotográfica del accionador blando que se extiende linealmente de la FIG. 74 cuando se acciona por un fluido bombeado al cuerpo de accionador blando 14.

35 La FIG. 76 es una imagen fotográfica de un cuerpo de accionador blando 14 que se extiende linealmente contenido en un manguito 16 con dos aberturas para generar la flexión del accionador en cada abertura en sentidos opuestos debido a la orientación de las aberturas.

40 La FIG. 77 es una imagen fotográfica de un accionador blando que se extiende linealmente contenido en un manguito 16 con una pluralidad de aberturas y partes sin cortar 69 del manguito 16 configuradas para generar la flexión del accionador alrededor de una pluralidad de ejes con diferentes orientaciones.

45 La FIG. 78 es una imagen fotográfica de un accionador blando que se extiende linealmente convertido en un accionador flexible por un manguito 16 con partes sin cortar 69 y una pluralidad de aberturas que comparten una orientación común y un espaciado constante entre ellas.

50 Las FIGS. 79 y 80 son imágenes fotográficas de un guante de agarre eléctrico que incluye un accionador blando que se puede curvar para cada dedo, en el que cada accionador incluye un accionador blando que se extiende linealmente contenido en un manguito 16 que tiene una pluralidad de aberturas para convertir el accionamiento lineal del accionador blando en un movimiento de flexión/curvatura.

La FIG. 81 muestra un cuerpo de accionador blando 14 distribuido desde un carrete y separable para producir la longitud deseada.

55 La FIG. 82 muestra un segmento cortado del cuerpo de accionador blando 14 de la FIG. 81 con las tapas 68 insertadas en cada extremo y con una conexión 60 neumática o hidráulica en una de las tapas de extremo para posibilitar la introducción de un fluido en el cuerpo de accionador blando 14.

60 Las FIGS. 83-85 proporcionan vistas en perspectiva de un cuerpo de accionador blando 14 con un manguito 16 en su extremo distal que incluye rasgos característicos de agarre 49.

Las FIGS. 86-88 ilustran los accionadores 12 con segmentos que se pueden endurecer, que por lo tanto pueden controlar la deformación, por medio de la activación de bolsas de atasco por vacío 80 montadas en el manguito 16.

65 La FIG. 89 ilustra un accionador 12 que incluye un agarrador de atasco por vacío 82 montado en el manguito 16.

En los dibujos adjuntos, los caracteres de referencia similares se refieren a piezas iguales o similares en las diferentes vistas; y los apóstrofos se usan para diferenciar múltiples casos de elementos iguales o similares que comparten el mismo número de referencia. Los dibujos no están necesariamente a escala, sino que se hace hincapié en ilustrar los principios particulares, analizados a continuación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Los rasgos característicos y ventajas anteriores y otros de diversos aspectos de la(s) invención/invenciones serán evidentes a partir de la siguiente descripción más particular de diversos conceptos y accionadores específicos dentro de los límites más amplios de la(s) invención/invenciones. Diversos aspectos de la materia objeto presentada anteriormente y analizada con mayor detalle a continuación se pueden implementar de cualquiera de numerosas formas, ya que la materia objeto no se limita a ninguna manera particular de implementación. Los ejemplos de implementaciones y aplicaciones específicas se proporcionan principalmente con propósitos ilustrativos.

A menos que se defina, use o caracterice de otro modo en el presente documento, los términos que se usan en el presente documento (incluyendo términos técnicos y científicos) se han de interpretar como que tienen un significado que es consecuente con su significado aceptado en el contexto de la técnica pertinente y no se han de interpretar en un sentido idealizado o demasiado formal a menos que se defina así expresamente en el presente documento. Por ejemplo, si se hace referencia a una composición particular, la composición puede ser sustancialmente, aunque no perfectamente pura, ya que se pueden aplicar realidades prácticas e imperfectas; por ejemplo, se puede entender la presencia potencial de al menos oligoimpurezas (por ejemplo, menos de un 1 o un 2 %) dentro del alcance de la descripción; asimismo, si se hace referencia a una conformación particular, se pretende que la conformación incluya variaciones imperfectas de conformaciones ideales, por ejemplo, debido a tolerancias de fabricación. Los porcentajes o concentraciones expresados en el presente documento se pueden representar tanto en peso como en volumen.

Aunque los términos primero, segundo, tercero, etc., se pueden usar en el presente documento para describir diversos elementos, estos elementos no se han de limitar por estos términos. Estos términos se usan simplemente para distinguir un elemento de otro. Por tanto, un primer elemento, analizado a continuación, se podría denominar segundo elemento sin apartarse de las enseñanzas de la presente solicitud.

Los términos espacialmente relativos, tales como "encima", "debajo", "izquierda", "derecha", "delante", "detrás" y similares, se pueden usar en el presente documento para facilitar la descripción para describir la relación de un elemento con respecto a otro elemento, como se ilustra en las figuras. Se entenderá que los términos espacialmente relativos, así como las configuraciones ilustradas, pretenden englobar diferentes orientaciones del aparato en uso o funcionamiento además de las orientaciones descritas en el presente documento y representadas en las figuras. Por ejemplo, si se da la vuelta al aparato de las figuras, los elementos descritos como "debajo" o "por debajo" de otros elementos o rasgos característicos se orientarían entonces "encima" de los otros elementos o rasgos característicos. Por tanto, el término ejemplar, "encima", puede englobar tanto una orientación de encima como debajo. El aparato se puede orientar de otro modo (por ejemplo, rotado 90 grados o en otras orientaciones) y los descriptores espacialmente relativos usados en el presente documento se interpretan en consecuencia.

Todavía además, en la presente divulgación, cuando se hace referencia a un elemento como que está "sobre", "conectado a", "acoplado a", "en contacto con", etc., otro elemento, puede estar directamente sobre, conectado a, acoplado a o en contacto con el otro elemento, o pueden estar presentes elementos intermedios a menos que se especifique de otro modo.

La terminología usada en el presente documento tiene el propósito de describir accionadores particulares y no pretende ser una limitación de los modos de realización ejemplares. Como se usa en el presente documento, las formas en singular, tales como "un" y "una", pretenden incluir las formas en plural también, a menos que el contexto lo indique de otro modo. Adicionalmente, los términos "incluye", "que incluye", "comprende" y "que comprende" especifican la presencia de los elementos o etapas manifestados, pero no excluyen la presencia o adición de uno o más de otros elementos o etapas.

Los procedimientos y diseños de accionadores divulgados en el presente documento pueden poner el poder de la personalización del accionador blando en las manos del usuario y pueden eliminar la necesidad de moldear un nuevo accionador blando para adaptarse a una aplicación particular. Como se describe en el presente documento, los manguitos 16 se pueden usar para programar mecánicamente los accionadores blandos 12, lo que permite una modificación rápida (por ejemplo, del orden de minutos) del movimiento y las capacidades de un accionador blando. Como ejemplo, las FIGS. 1 y 2 muestran el movimiento de un accionador blando 12 que se puede curvar cuando se acciona por un mecanismo de activación 18 (por ejemplo, cuando una bomba llena el cuerpo de accionador blando 14 con fluido). Un medio para generar el movimiento de curvado es adherir una capa limitadora de deformación 54 que resiste la deformación elástica o plástica a lo largo de su longitud (en relación con las partes no restringidas del cuerpo de accionador blando 14), provocando de este modo el curvado del accionador 12, como se muestra en la FIG. 5, cuando está bajo tensión (por ejemplo, un incremento de la presión interna). Este movimiento se puede ajustar aplicando los manguitos 16, tales como tubos retráctiles, al cuerpo de accionador blando 14 y dejando una abertura total o parcial donde se desea el movimiento de flexión, como se muestra en las FIGS. 3 y 4. Envolver el cuerpo de

accionador blando 14 con un manguito 16 de este tipo puede convertir el cuerpo de accionador blando 14 que se puede curvar en un accionador de flexión más aguda (o puede convertir un accionador lineal en un accionador de flexión, como se analiza a continuación y como se muestra en las FIGS. 72-80) y puede producir un movimiento claramente diferente (por ejemplo, flexión de tipo articulación). El uso de los manguitos 16 también posibilita nuevas oportunidades para añadir una variedad de rasgos característicos y capacidades al cuerpo de accionador blando 14, tal como la interfaz con sensores 26, un sistema electrónico, herramientas mecánicas y otros accionadores blandos y la inclusión de placas de circuito impreso 28 montadas en el mismo (véanse las FIGS. 18-24, 35-39 y 49). Como se muestra en las FIGS. 21 y 22, el manguito también puede incluir las monturas 32 (en forma de bornes roscados en este accionador) para montar otros objetos 33 en el manguito 16 o para montar el manguito 16 en otras estructuras. Como se muestra en las FIGS. 23 y 24, el accionador 12 se puede montar en los conectores rígidos 34, que se unen en un pivote 36 para formar una estructura pivotante de accionamiento.

Los cuerpos de accionador blando 14 de la presente divulgación incluyen paredes que definen una cámara 20 que puede estar formada, por ejemplo, de silicona hiperelástica, elastómero termoplástico, uretano termoplástico, caucho, poliuretano elástico o polietileno. En consecuencia, el cuerpo de accionador blando 14 se puede diseñar para expandir sus dimensiones, por ejemplo, hasta un 200 % de sus dimensiones originales antes del fallo, mientras que el manguito 16 en el que está contenido el cuerpo de accionador blando 14 puede estar formado de un material flexible, rígido y/o elastómero (por ejemplo, en forma de una tela no expansible con, por ejemplo, no más de 1/10 de la elasticidad del cuerpo de accionador blando 14), de modo que el manguito 16 restrinja el cuerpo de accionador blando 14 y de modo que el cuerpo de accionador blando 14 presione contra el manguito 16 cuando el cuerpo de accionador blando 14 se expande (por ejemplo, por un incremento de la presión interna).

La combinación del cuerpo de accionador blando 14 y el manguito 16 de restricción puede incluir cualquiera o todos los rasgos característicos siguientes. En primer lugar, los manguitos 16 pueden alterar el movimiento de un cuerpo de accionador blando 14. Se puede usar un manguito 16 individual para mover la posición de flexión en cualquier lugar a lo largo de la longitud del cuerpo de accionador blando 14 limitando cualquier parte del cuerpo de accionador blando 14 que esté encerrada en el manguito 16 para que no se deforme, como se muestra en la FIG. 6, y promoviendo la deformación en una abertura 22 (en forma, por ejemplo, de hendidura o recorte, como se muestra en la FIG. 45) en el manguito 16. En accionadores adicionales, se pueden situar y espaciar dos manguitos 16 para mover la posición de flexión y para alterar el radio de curvatura del accionador para crear una flexión de tipo articulación, como se muestra en las FIGS. 3, 4 y 7. Adicionalmente, los manguitos 16 se pueden termoformar; o asegurar con un mecanismo de seguridad 24, tal como abrazaderas de apriete 24', cordones 24" (por ejemplo, con bridas para cables), bandas de goma 24"', bridas 24''', estructuras de ganchos y bucles entrelazados 24'''' (por ejemplo, adhesivo VELCRO) o hilo cosido; o laminados, soldados térmicamente o pegados al cuerpo de accionador blando 14, como se muestra en las FIGS. 8-14. En accionadores particulares donde el accionador blando 12 se usa para aplicaciones médicas, tanto el cuerpo de accionador blando 14 como el manguito 16 se pueden formar o revestir con un material biocompatible, tal como silicona o polímero de parileno. En accionadores adicionales, los manguitos 16 se pueden cortar a diferentes longitudes para cambiar el lugar y el radio de curvatura de las "articulaciones" creadas en el accionador blando 12. Adicionalmente, los manguitos 16 se pueden diseñar para que sean extraíbles del cuerpo de accionador blando 14 para liberar el cuerpo de accionador blando 14 para su reutilización [por ejemplo, los manguitos 16 se pueden recortar, deslizar, desatar, desprender (en particular cuando se usan estructuras de ganchos y bucles), retirar por medio de la aplicación de calor, etc.]

Todavía en más accionadores, se pueden usar los manguitos 16 para crear múltiples articulaciones con diferentes radios de curvatura alrededor de múltiples ejes en un cuerpo de accionador blando 14 individual, como se muestra en las FIGS. 15-17 y 46-48. El cuerpo de accionador blando 14 contiene una capa limitadora de deformación. En accionadores alternativos, el cuerpo de accionador blando puede ser un accionador blando de extensión lineal o cualquier vejiga elastómera; y la banda sin cortar de material de manguito detrás de la abertura 22 puede realizar la función de la capa limitadora de deformación 54, como se muestra en las FIGS. 73-80.

Los manguitos 16 también pueden actuar como un medio para interactuar con un conjunto completo de aplicaciones que incluyen las siguientes: actuar como un punto de anclaje para un sistema electrónico (por ejemplo, una unidad de medición inercial e interruptores de contacto mecánicos); actuar como un punto de anclaje para los sensores virtuales 26 y 30 (por ejemplo, se pueden asegurar por medio de estructuras de ganchos y bucles entrelazados, coser, pegar, etc.); actuar como una interfaz para conectar dispositivos rígidos a un cuerpo de accionador blando 14 (por ejemplo, acoplar al accionador 12, por medio de una montura 32, una pala, palanca, resorte o cualquier mecanismo que necesite accionarse); integrar o incrustar imanes 38 (por ejemplo, para facilitar la alineación durante la sujeción, fijación de herramientas 39, o para usar para la recogida rápida de objetos de metal ferroso 40), como se muestra en las FIGS. 25-27; conectar múltiples cuerpos de accionador blando 14 en paralelo, como se muestra en las FIGS. 30 y 31, o en serie (por ejemplo, que sirven como juntas en X, en T y en L o juntas de extremo a extremo, como se muestra en las FIGS. 28, 29 y 32-34), en el que los manguitos 16 se pueden usar para crear estructuras 3D; proporcionar cualquiera de una variedad de texturas para sujetar, torcer, deslizar o hacer rodar objetos (por ejemplo, por medio de cepillos 44, una superficie pegajosa, una superficie irregular 46, o por medio de mecanismos de fijación, tales como ganchos y/o bucles 48, como se muestra en las FIGS. 35-37); y encaminar tubería o cableado 52 a través de canales perimetrales 50 para minimizar enganches y enredos de los tubos y cables 52, como se muestra en las FIGS. 38 y 39.

En las FIGS. 83-85, se muestra un manguito 16 que incluye rasgos característicos de agarre 49 para interactuar con objetos; el manguito 16 también se puede extender adicionalmente a lo largo del cuerpo de accionador blando 14 e incluir aberturas 22 u otros rasgos característicos para flexión u otras formas de accionamiento, como se muestra en otros accionadores.

En otros accionadores, como se muestra en las FIGS. 40 y 41, las secciones de manguito 16 en forma de anillo conectadas que son de ancho estrecho y están espaciadas apropiadamente a lo largo de una capa limitadora de deformación 54 todavía pueden lograr muchas de las aplicaciones de interfaz, descritas anteriormente, sin cambiar significativamente el movimiento de curvado del accionador 12.

Los manguitos 16 se pueden formar de una pieza de material individual con recortes o hendiduras 22 en diferentes posiciones longitudinales y radiales a lo largo y alrededor del manguito 16, como se muestra en las FIGS. 46-48, 76 y 77, que definen múltiples posiciones de flexión a lo largo de múltiples ejes y que se pueden usar para unir una pluralidad de cuerpos de accionador blando 14, como se muestra en las FIGS. 32-34 (por ejemplo, con múltiples extremos de manguito interconectados).

En las FIGS. 42-44, en un extremo del manguito 16 hay un accesorio 58 fijado al cuerpo de accionador blando 14 y que incluye la conexión neumática 60 que proporciona comunicación fluida entre una bomba 18 y la cámara 20 definida por las paredes del cuerpo de accionador blando 14. El intervalo de movimientos de un accionador de flexión blando 12 con manguito de durómetro 28A con espaciamientos de manguito de (a) 0 mm, (b) 15 mm y (c) 30 mm se muestran respectivamente para su comparación en las FIGS. 42-44. Las imágenes sombreadas 56 muestran los accionadores 12 flexionándose a diferentes presiones.

Los manguitos 16 se pueden anclar a la superficie del cuerpo de accionador blando 14 a través de rasgos característicos mecánicos en la superficie del cuerpo de accionador blando 14 (por ejemplo, protuberancias, fuelles, nervaduras Kevlar, otros rasgos característicos de entrelazado geométrico, etc.); y los manguitos 16 se pueden formar con refuerzo de fibra. Los manguitos 16 también pueden tener cableado eléctrico integrado 62 (como se muestra en la FIG.49), un circuito impreso 28, elementos calefactores, elementos refrigerantes, sensores de temperatura, canales de encaminamiento 50, sensores capacitivos, sensores de fuerza 26, sensores de deformación 30, etc.

En aplicaciones particulares, los manguitos 16 pueden conectar un cuerpo de accionador blando 14 a una parte del cuerpo humano (u otro animal) 63, tal como un dedo, como se muestra en la FIG. 50

(en la que el accionador 12 puede tener, por ejemplo, 3-15 cm de longitud con un espesor de, por ejemplo, 0,5 a 2 cm), o cualquier otra parte del cuerpo articulada. En otros accionadores, los manguitos 16 pueden conectar los cuerpos de accionador blando 14 a la ropa.

En accionadores adicionales, como se muestra en las FIGS. 52, 53, 55, 55 y 58-60, los accionadores blandos 12 se pueden ensamblar para producir un cuerpo manipulador 64, donde los manguitos 16 se pueden cortar a diferentes longitudes para que coincidan (por ejemplo, dentro de un 5 %) con la conformación/dimensiones de un objeto 66 que se va a sujetar. A modo de comparación, se muestran manipuladores con cuerpos de accionador blando 14 que se pueden curvar sin manguito en las FIGS. 51, 54 y 57, donde se puede ver que los accionadores blandos 12 curvados no se adaptan estrechamente a las superficies del objeto 66 que se va a manipular. En los accionadores de las FIGS. 54-56, se aplica una fuerza descendente adicional al objeto 66 por medio de un gancho 67 que se extiende desde el objeto 66. El uso del manguito 16 propuesto posibilita una coincidencia mejorada con la conformación de objetos angulares 66 y una resistencia mejorada de sujeción. En estos accionadores, la longitud del manguito se puede afinar/ajustar (por ejemplo, enrollando, deslizándolo, atornillando/desatornillando, etc.), como se muestra en las FIGS. 61-69, para hacer coincidir las longitudes de los lados del objeto 66 que se va a manipular; y los manguitos 16 se pueden construir o combinar con materiales con propiedades rígidas, flexibles y elastómeros. Por ejemplo, un manguito 16 puede unir dos componentes rígidos 54 para hacer una articulación compatible, como se muestra en las FIGS. 70 y 71.

La FIG. 70 proporciona una comparación en sección transversal de un accionador reforzado con fibra 12 con y sin un laminado reforzado con fibra, donde (a) muestra una sección transversal ilustrada y una vista lateral real de un accionador reforzado con fibra 12 no presurizado; (b) muestra la expansión de las paredes del accionador debido a la presurización con fluido (obsérvese el arqueamiento hacia afuera de la cara plana 15); (c) demuestra la colocación del laminado reforzado con fibra en un accionador reforzado con fibra 12; y (d) muestra una vista en sección transversal ilustrada del accionador 12 cuando se añade un manguito 16. La combinación del manguito 16 y el laminado reforzado con fibra endurece la cara plana 15 y elimina o reduce las indicaciones visuales de arqueamiento.

La FIG. 86 presenta una alternativa al diseño del accionador (c) en la FIG. 70, donde en lugar de integrar elementos rígidos 54 con el manguito 16 para endurecer partes del accionador, se integran bolsas de atasco por vacío 80 en el manguito 16. En este accionador, la línea de fluido 60 se conecta a una fuente de vacío. En las bolsas de atasco por vacío 80 están contenidas partículas sueltas o capas laminadas inicialmente a presión atmosférica. Sin embargo, cuando estas secciones se exponen al vacío, las paredes de la bolsa se vienen encima del contenido, restringiendo

su movimiento y provocando una transición de fase (es decir, atasco) de las bolsas 80 a un estado más rígido. Los rasgos característicos ventajosos de esta configuración incluyen la capacidad de ajustar la rigidez de una bolsa 80 ajustando la presión de vacío, y la reversibilidad, donde el estado flexible inicial de la bolsa 80 se puede recuperar liberando el vacío.

La FIG. 87 presenta una configuración de un manguito 16, donde las bolsas de atasco por vacío 80 se colocan opuestas a las aberturas 22 para controlar activamente la deformación del accionador 12 en las aberturas 22. La FIG. 88 presenta una ilustración de este concepto donde el cuerpo de accionador blando 14 está presurizado; sin embargo, una parte del cuerpo de accionador blando 14 en una abertura 22 (la más a la derecha) está restringida porque la bolsa de atasco por vacío 80' está bajo vacío haciéndola más rígida que la otra bolsa 80, que está a presión atmosférica.

El atasco por vacío también ha demostrado que proporciona un medio eficaz para agarrar un objeto, como se ha demostrado por la Universidad de Cornell y Empire Robotics, Inc. (véase, por ejemplo, la solicitud de patente publicada en EE. UU. n.º 20130106127 A1). Para recoger un objeto, un agarrador de atasco por vacío 82, como se muestra en la FIG. 89, con una presión interna atmosférica, se coloca en la parte superior del objeto y se adapta a él. Se aplica vacío para endurecer el agarrador 82, que genera fuerzas de agarre a través de fricción por pellizco, aprisionamiento y succión de vacío. Además, el objeto se puede liberar inyectando aire en el agarrador 82 para liberar el vacío. La FIG. 89 presenta un concepto en el que un agarrador de atasco por vacío 82 se puede integrar con un manguito 16 de modo que, dependiendo de la tarea en cuestión, esta capacidad de agarre se puede añadir a o retirar arbitrariamente de un accionador 12.

La FIG. 71 ilustra el intervalo de movimiento de un accionador de flexión blando 12 de durómetro 28A con laminados reforzados con fibra de 0,8 mm de espesor en la superficie plana 15 del cuerpo de accionador blando 14 y con un espaciado de (a) 0 mm, (b) 15 mm y (c) 30 mm a lo largo de las aberturas 22 en los manguitos 16. En las FIGS. 72 y 73 se muestra un accionador blando 12 con un segmento de extensión 70 que permite una extensión localizada. En este accionador, la extensión se facilita por un hueco entre las secciones de un manguito exterior 16" sustancialmente inelástico y un manguito interior 16' expansible sobre un cuerpo de accionador blando 14. Donde se retira el manguito exterior 16" (produciendo un hueco), el manguito interior 16' expuesto se puede expandir radialmente y contraer con un flujo de fluido que entra y sale del accionador blando 12. En las juntas de flexión, se pueden hacer aberturas 22 en ambos manguitos 16' y 16" sin cortar completamente los manguitos 16' y 16" para facilitar la flexión del accionador blando 12 en estos lugares. Además, para los accionadores 12 que producen más de un tipo de movimiento (tal como doblar, extender, contraer, extender-torcer y doblar-torcer, por nombrar unos pocos), el manguito 16 se puede usar como un medio para bloquear o desbloquear estos movimientos.

Como se muestra en las FIGS. 74-76, el manguito 16 incluye una parte sin cortar 69 detrás de la abertura 22 para proporcionar una longitud continua del material de manguito en cada uno de los lugares de flexión/pivote. En la FIG. 77 se muestra un cuerpo de accionador blando 14 que se extiende linealmente contenido en un manguito 16 con una pluralidad de aberturas (hendiduras) 22 configuradas para generar la flexión del accionador alrededor de una pluralidad de ejes con diferentes orientaciones; y en la FIG. 78 se muestra un cuerpo de accionador blando 14 que se extiende linealmente convertido en un accionador de flexión por un manguito 16 con una pluralidad de aberturas 22 que comparten una orientación común y un espaciado constante entre ellas.

En las FIGS. 79 y 80 se muestra un guante de agarre eléctrico 72 que incluye un accionador blando 12 que se puede curvar para cada dedo, en el que cada accionador 12 incluye un cuerpo de accionador blando 14 que se extiende linealmente contenido en un manguito 16 que tiene una pluralidad de aberturas 22 para convertir el accionamiento lineal del cuerpo de accionador blando 14 en un movimiento de flexión/curvado. La posición de las aberturas 22 se puede personalizar para alinearse con el lugar de las articulaciones del usuario. La elasticidad del cuerpo de accionador blando 14 permite que el accionador 12 se extienda en las articulaciones para, por ejemplo, mantener el contacto (sin deslizarse) con un dedo que se flexiona con el que el accionador 12 está en contacto. En otros accionadores, los accionadores 12 se pueden incorporar en otro tipo de prenda de vestir, en los que los accionadores 12 se pueden configurar a lo largo de otras articulaciones y diseñar para generar una fuerza mayor o menor, según sea necesario. También se puede incorporar un sistema electrónico en la vestimenta para controlar la bomba 18 y controlar de este modo el accionamiento de los accionadores 12.

En algunas aplicaciones, el accionador 12 puede ser desechable (por ejemplo, se descarta después de un período de uso especificado, tal como después de un mes de uso) y se puede reemplazar, mientras se conserva la bomba 18 para su reutilización a largo plazo.

En otros accionadores, los accionadores blandos 12 se pueden usar de forma independiente (por ejemplo, para crear una mano robótica) sin unir los accionadores blandos 12 a una parte del cuerpo de un ser humano u otro organismo. Por ejemplo, se puede extender una pluralidad de accionadores 12 desde un centro para formar una pinza que puede recoger y manipular objetos en un entorno que puede ser inhóspito para los seres humanos (por ejemplo, a grandes profundidades, tales como 200 metros de profundidad o más, submarinos).

En accionadores particulares, el cuerpo de accionador blando 14 se puede proporcionar en un carrete, como se muestra en la FIG. 81, y cortarse a la longitud deseada. Usando este accionador, los accionadores blandos 12 se pueden ensamblar rápidamente cortando la longitud deseada del cuerpo de accionador blando 14 de un carrete y, a continuación, tapando los extremos de los cuerpos de accionador blando 14 resultantes, como se muestra en la FIG. 82. Al menos una de las tapas de los extremos 68 ilustradas en la FIG. 82 incluye una conexión neumática o hidráulica integrada que pasa a través de ella (y a la que se conecta una bomba neumática o hidráulica 18 acoplada con una fuente de fluido) para permitir que se bombee fluido al cuerpo de accionador blando 14 para impulsar su accionamiento; y se puede adaptar un manguito 16 sobre el cuerpo de accionador blando 14 con aberturas 22 para permitir la flexión o curvado del accionador 12, según se desee.

En accionadores adicionales, el manguito 16 se puede formar de un material que sea anisotrópico para proporcionar al accionador 12 diferentes propiedades (por ejemplo, diferentes características de deformación) a lo largo de diferentes ejes. Adicionalmente, el manguito 16 se puede formar de un material tejido que a continuación se puede hacer rígido revistiéndolo con una epoxi o poliuretano. Todavía además, los manguitos 16 se pueden aplicar a cuerpos de accionador blando 14 monolíticos que contienen una pluralidad de cámaras de aire. Todavía en más accionadores, el manguito 16 puede incluir un sensor electrónico [por ejemplo, electromiografía (EMG)] configurado para detectar señales (por ejemplo, señales eléctricas, actividad muscular) que acompañan al esfuerzo de un ser humano para activar los músculos para generar movimiento, que, a continuación, se puede ayudar mecánicamente por el accionador blando 12 de la presente divulgación.

Al describir los accionadores, se usa terminología específica en aras de la claridad. Para los propósitos de la descripción, se pretende que los términos específicos incluyan al menos equivalentes técnicos y funcionales que funcionen de manera similar para obtener un resultado similar. Adicionalmente, en algunos casos donde un accionador particular o procedimiento relacionado incluye una pluralidad de elementos de sistema o etapas de procedimiento, los elementos o etapas se pueden reemplazar por un elemento o etapa individual; asimismo, un elemento o etapa individual se puede reemplazar por una pluralidad de elementos o etapas que sirvan al mismo propósito. Además, cuando se especifican los parámetros para diversas propiedades u otros valores, en el presente documento, para accionadores o procedimientos relacionados, los parámetros o valores se pueden ajustar hacia arriba o hacia abajo por 1/100, 1/50, 1/20, 1/10, 1/5, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 9/10, 19/20, 49/50, 99/100, etc., (o hacia arriba por un factor de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 50, 100, etc.), o por aproximaciones redondeadas de los mismos, a menos que se especifique de otro modo. Además, aunque la presente invención, que se define por las reivindicaciones adjuntas, se ha mostrado y descrito con referencias a accionadores particulares, los expertos en la técnica entenderán que se pueden realizar en la misma diversas sustituciones y alteraciones en la forma y los detalles sin apartarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas. Todavía además, otros aspectos, funciones y ventajas también están dentro del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas; y no es necesario que todos los modos de realización de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas logren todas las ventajas o posean todas las características descritas anteriormente. Adicionalmente, las etapas, elementos y rasgos característicos analizados en el presente documento en relación con un accionador se pueden usar asimismo junto con otros accionadores dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por el presente documento se hace referencia en su totalidad al contenido de las referencias, incluyendo los textos de referencia, artículos de revistas, patentes, solicitudes de patente, etc., citadas a lo largo del texto; y los componentes, etapas y caracterizaciones apropiados de estas referencias pueden o no estar incluidos en los modos de realización de la presente invención, que está definida por las reivindicaciones adjuntas. Todavía además, los componentes y etapas identificados en la sección de Antecedentes son parte integral de la presente divulgación y se pueden usar junto con o sustituirse por componentes y etapas descritos en otra parte de la divulgación dentro del alcance de la invención, como se define por las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones de procedimiento, donde las etapas se enumeran en un orden particular, con o sin caracteres precedentes secuenciados añadidos para facilitar la referencia, las etapas no se han de interpretar como limitadas temporalmente al orden en el que se enumeran a menos que se especifique o implique de otro modo por los términos y la redacción.

REIVINDICACIONES

1. Un accionador programado mecánicamente (12), que comprende:
 - al menos un cuerpo de accionador blando (14) configurado para flexionarse, extenderse linealmente, contraerse, torcerse o combinaciones de los mismos cuando se acciona sin restricciones, en el que el cuerpo de accionador blando (14) incluye una capa limitadora de deformación (54) a lo largo de un lado del cuerpo de accionador blando (14), y en el que la capa limitadora de deformación (54) está configurada para producir la flexión del cuerpo de accionador blando (14) restringiendo la expansión de ese lado del cuerpo de accionador blando (14);
 - un mecanismo de activación (18) configurado para accionar el cuerpo de accionador blando (14); y
 - al menos un manguito (16) envuelto alrededor de al menos una parte del cuerpo de accionador blando (14) y configurado para restringir el cuerpo de accionador blando (14) dentro del manguito (16) cuando se acciona y para posibilitar que el cuerpo de accionador blando (14) se deforme donde el cuerpo de accionador blando (14) no está cubierto por el manguito (16), en el que el al menos un manguito (16) está configurado para tener una longitud ajustable para alterar la cantidad del cuerpo de accionador blando (14) contenido por el al menos un manguito (16).
2. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, en el que el cuerpo de accionador blando (14) define una cámara interna (20), y en el que el mecanismo de activación (18) incluye una bomba configurada para bombear fluido a la cámara interna (20) para deformar el cuerpo de accionador blando (14).
3. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 2, en el que el cuerpo de accionador blando (14) comprende al menos un material que es al menos uno de flexible y elastómero y que se selecciona de silicona hiperelástica, uretano termoplástico, elastómero termoplástico, caucho, nailon, materiales tejidos, materiales no tejidos, poliuretano elástico y polietileno.
4. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, donde una pluralidad de manguitos (16) se envuelven alrededor de partes respectivas del cuerpo de accionador blando (14), preferentemente en el que al menos uno de los manguitos (16) (a) tiene una composición distinta de la de otro de los manguitos (16) y (b) tiene propiedades mecánicas anisotrópicas distintas de la de otro de los manguitos (16).
5. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 4, en el que se proporciona un hueco entre al menos dos de los manguitos (16), provocando que el cuerpo de accionador blando (14) se deforme en el hueco entre los manguitos (16).
6. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, en el que el al menos un manguito (16) incluye una pluralidad de aberturas (22), provocando que el cuerpo de accionador blando (14) se deforme en las aberturas (22).
7. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 6, en el que las aberturas (22) están definidas en diferentes posiciones longitudinales y radiales en el al menos un manguito (16).
8. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, en el que el al menos un manguito (16) incluye una interfaz seleccionada de un sistema electrónico (28), sensores (26, 30), imanes (38), encaminamiento (50) y mecanismos de acoplamiento (32).
9. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, en el que el al menos un manguito (16) sirve como acoplador entre una pluralidad de cuerpos de accionador blando (14).
10. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, en el que una pluralidad de manguitos (16) están acoplados entre sí y contienen partes de los cuerpos de accionador blando (14) respectivos.
11. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, en el que al menos una parte del al menos un manguito (16) se hace rígida con un material o agente endurecedor.
12. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, en el que el al menos un manguito (16) asegura partes rígidas al cuerpo de accionador blando (14).
13. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, en el que el al menos un manguito (16) es extraíble.
14. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, en el que al menos un elemento que tiene una rigidez mayor que el cuerpo de accionador blando (14) se coloca sobre o dentro del al menos un manguito (16) para controlar además la deformación del cuerpo de accionador blando (14).

15. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, en el que el accionador (12) incluye manguitos interior y exterior (16', 16'') envueltos concéntricamente alrededor del cuerpo de accionador blando (14), en el que se proporcionan huecos o aberturas (22) en el manguito exterior (16''), exponiendo una parte del manguito interior (16').
16. El accionador programado mecánicamente (12) de la reivindicación 1, en el que el al menos un manguito (16) comprende una pieza de material individual que define al menos una abertura (22) donde el cuerpo de accionador blando (14) está descubierto, y en el que la pieza de material individual se extiende continuamente a lo largo del cuerpo de accionador blando (14) opuesto a la abertura (22).
17. Un procedimiento de accionamiento mecánico, que comprende:
usar un accionador programado mecánicamente (12) que incluye al menos un cuerpo de accionador blando (14) que define una cámara (20) y al menos un manguito (16) envuelto alrededor de al menos una parte del cuerpo de accionador blando (14), en el que el cuerpo de accionador blando (14) incluye una capa limitadora de deformación (54) a lo largo de un lado del cuerpo de accionador blando (14), y en el que el al menos un manguito (16) está configurado para tener una longitud ajustable para alterar la cantidad del cuerpo de accionador blando (14) contenido por el al menos un manguito (16); y
bombear fluido a la cámara definida por el cuerpo de accionador blando (14), provocando que el cuerpo de accionador blando (14) se deforme donde el cuerpo de accionador blando (14) no está contenido por el al menos un manguito (16), mientras que el al menos un manguito (16) limita que el cuerpo de accionador blando (14) se deforme donde el al menos un manguito (16) contiene el cuerpo de accionador blando (14), y produciendo la capa limitadora de deformación (54) la flexión del cuerpo de accionador blando (14) al restringir ese lado del cuerpo de accionador blando (14).
18. El procedimiento de la reivindicación 17, en el que el accionador (12) incluye al menos dos cuerpos de accionador blando (14), cada uno con al menos un manguito (16) envuelto alrededor de parte de cada cuerpo de accionador blando (14).
19. El procedimiento de la reivindicación 18, que comprende además accionar los cuerpos de accionador blando (14) para hacer contacto con un objeto (66), preferentemente en el que los cuerpos de accionador blando (14) sujetan un objeto (66) entre los cuerpos de accionador blando (14) cuando se acciona.
20. El procedimiento de la reivindicación 17, en el que el al menos un manguito (16) comprende una pieza de material individual que define al menos una abertura (22) donde el cuerpo de accionador blando (14) está descubierto, y en el que la pieza de material individual se extiende continuamente a lo largo del cuerpo de accionador blando (14) opuesto a la abertura (22).

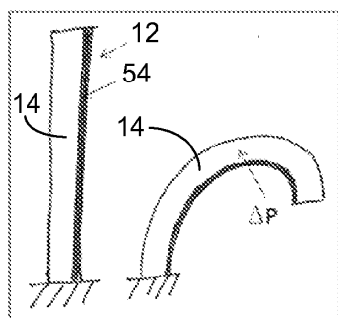
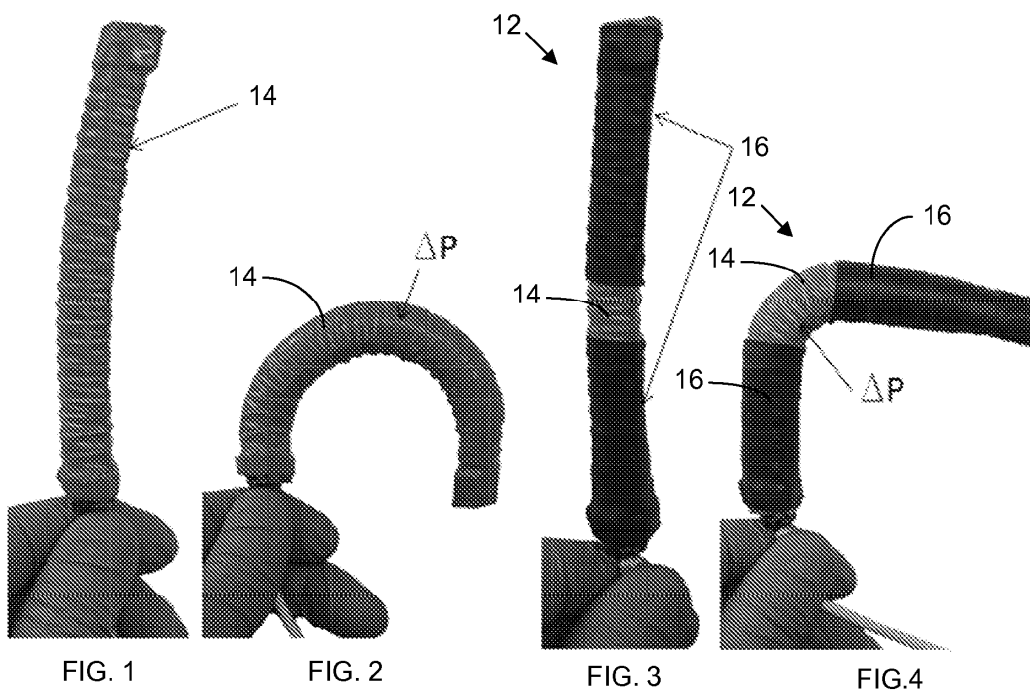


FIG. 5

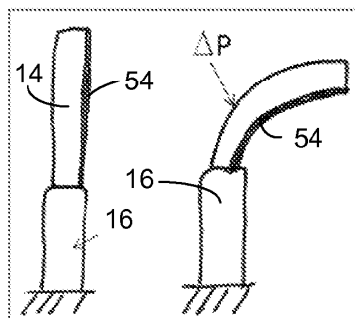


FIG. 6

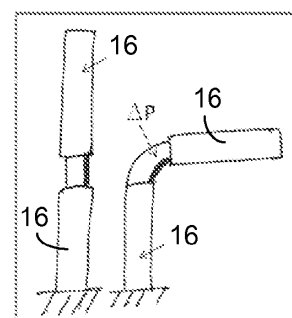


FIG. 7

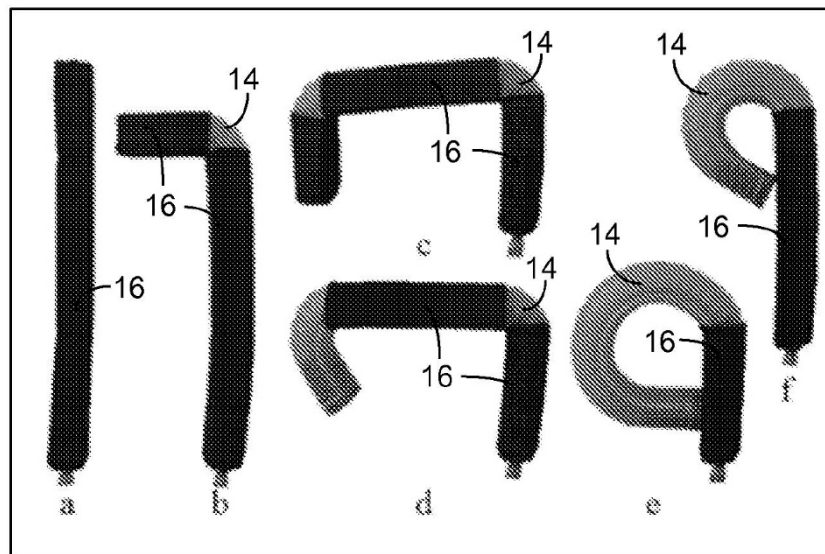
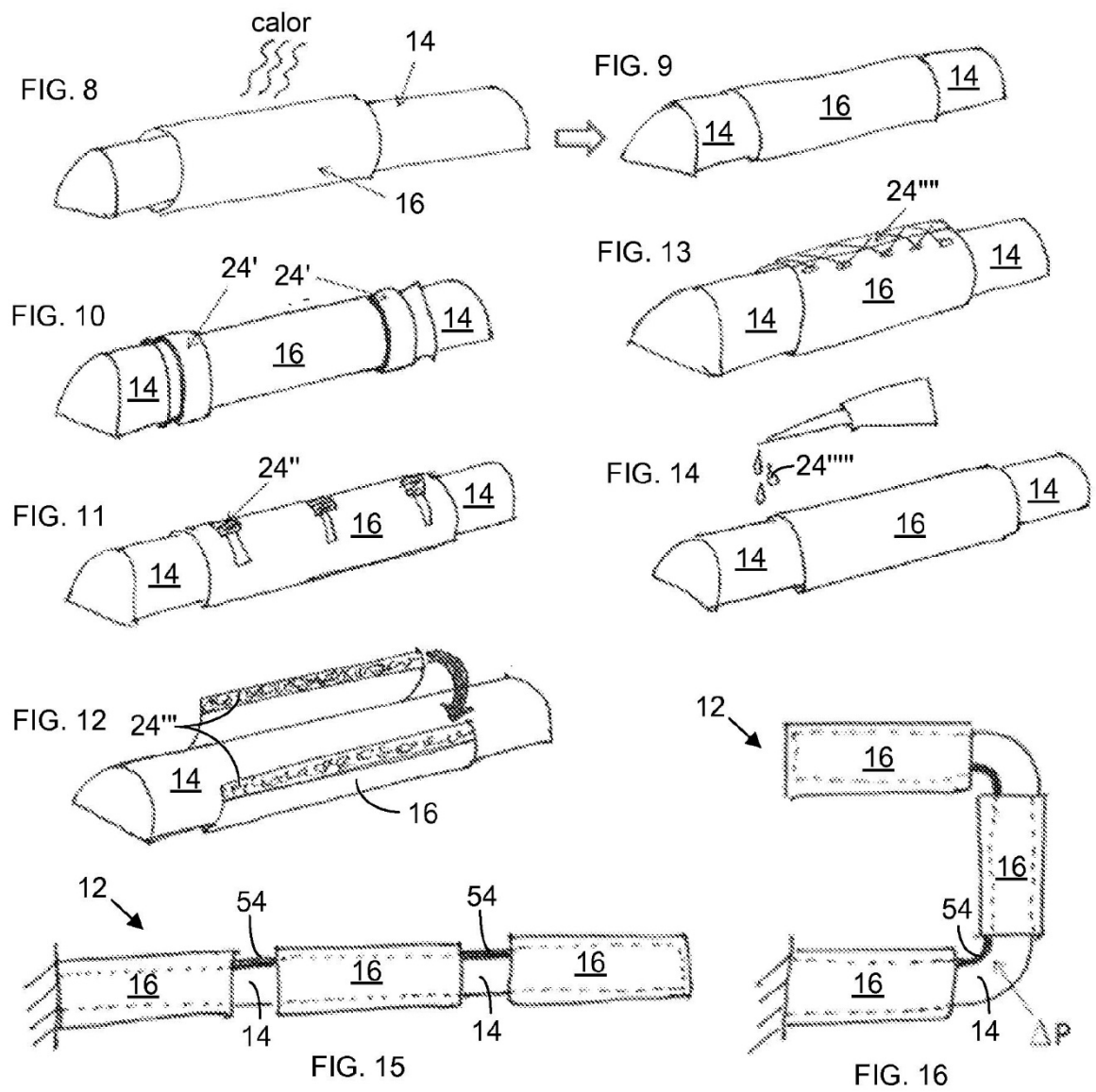


FIG. 17

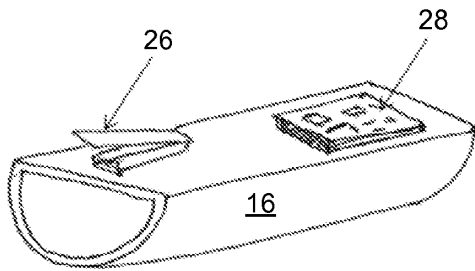


FIG. 18

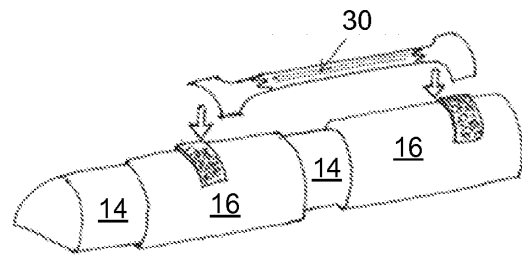


FIG. 19

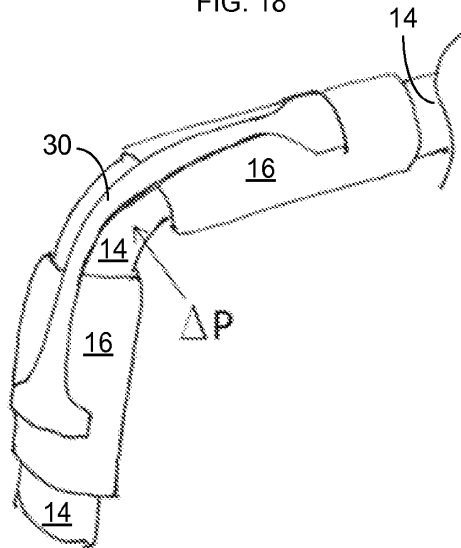


FIG. 20

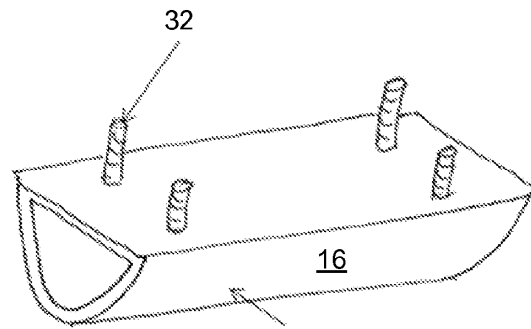


FIG. 21

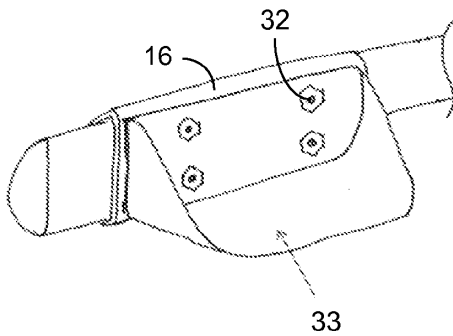


FIG. 22

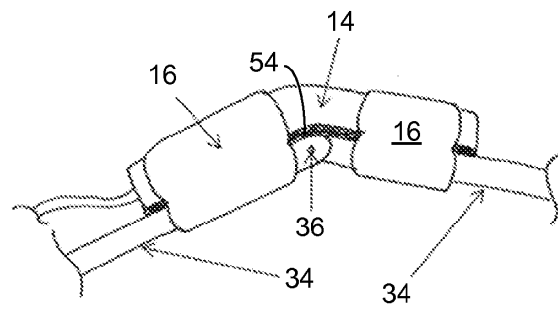


FIG. 23

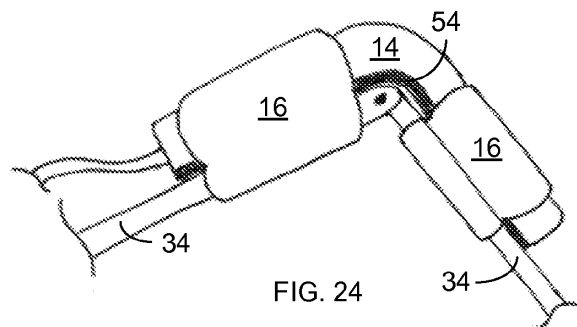


FIG. 24

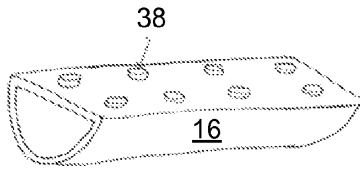


FIG. 25

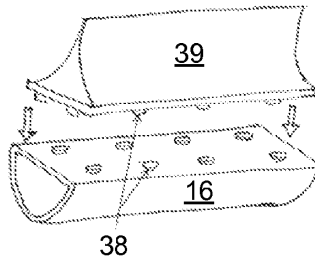


FIG. 26

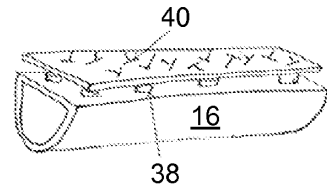


FIG. 27

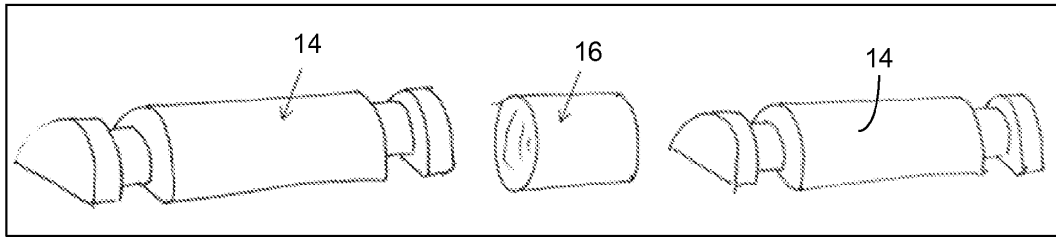


FIG. 28

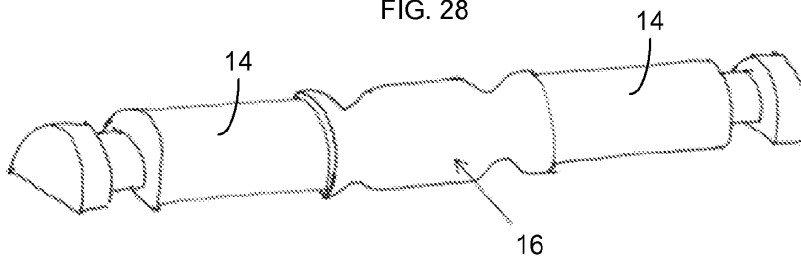


FIG. 29

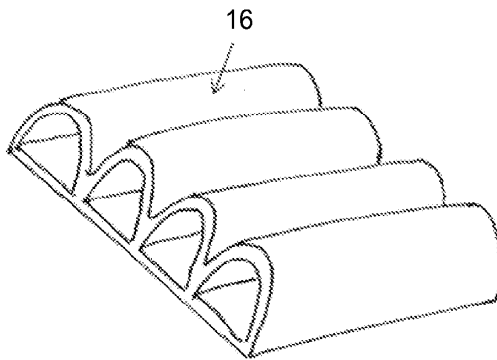


FIG. 30

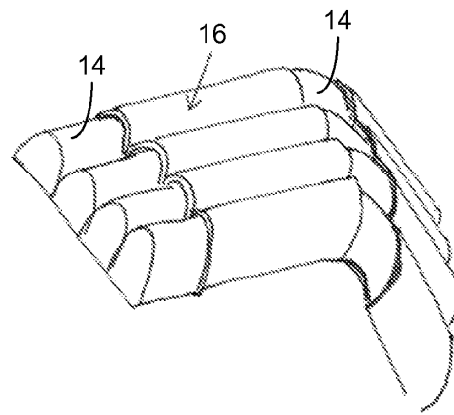


FIG. 31

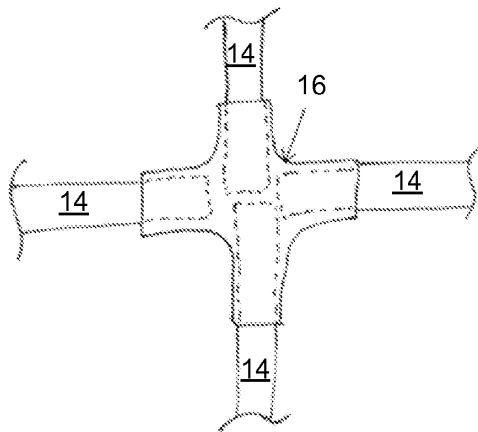


FIG. 32

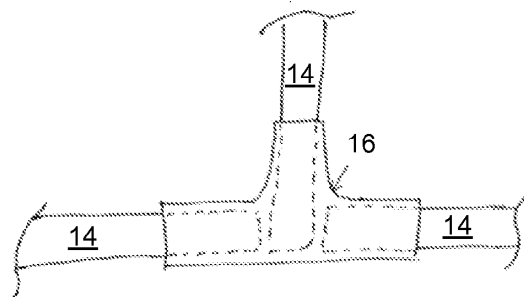


FIG. 33

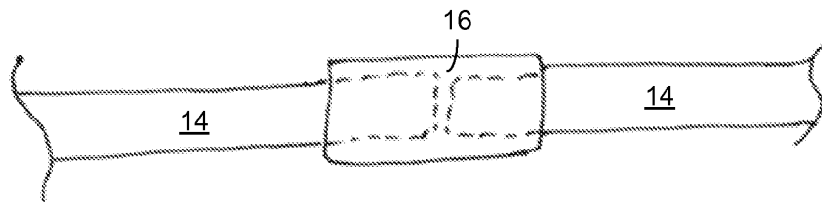


FIG. 34

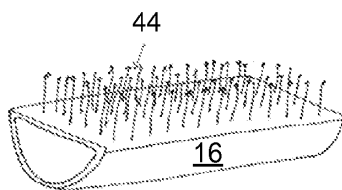


FIG. 35

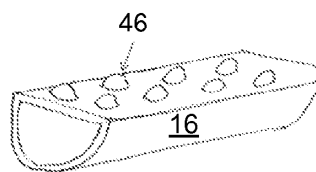


FIG. 36

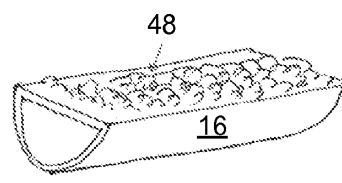


FIG. 37

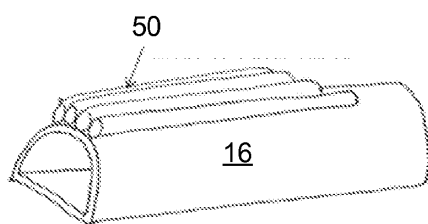


FIG. 38

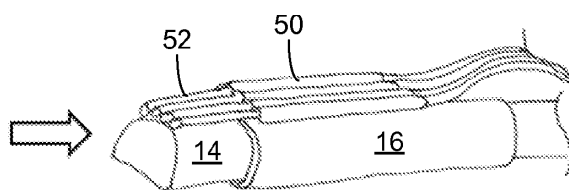


FIG. 39

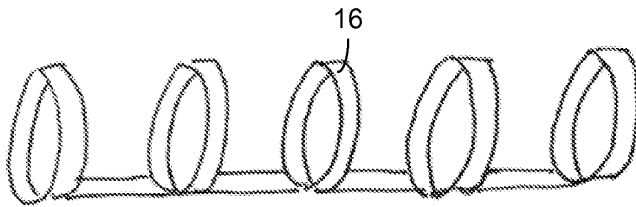


FIG. 40

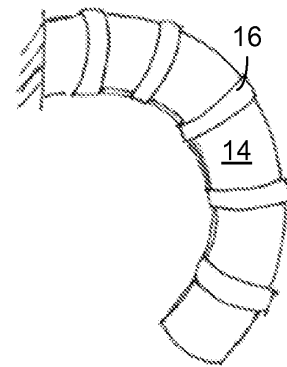


FIG. 41

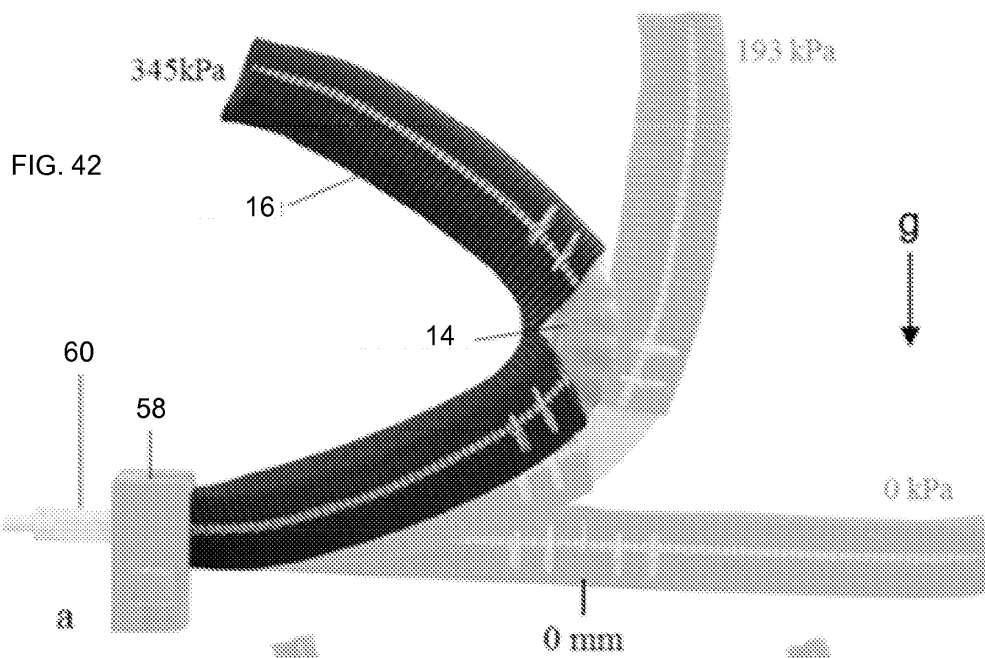


FIG. 42

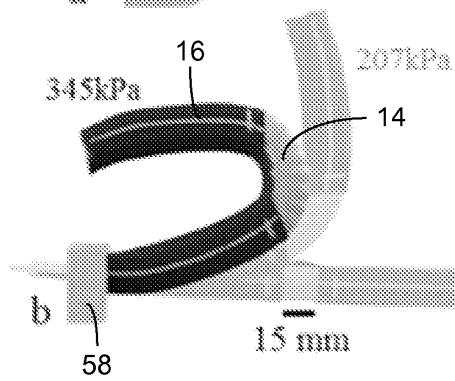


FIG. 43

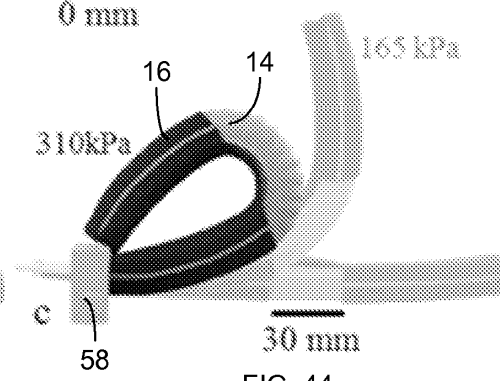


FIG. 44

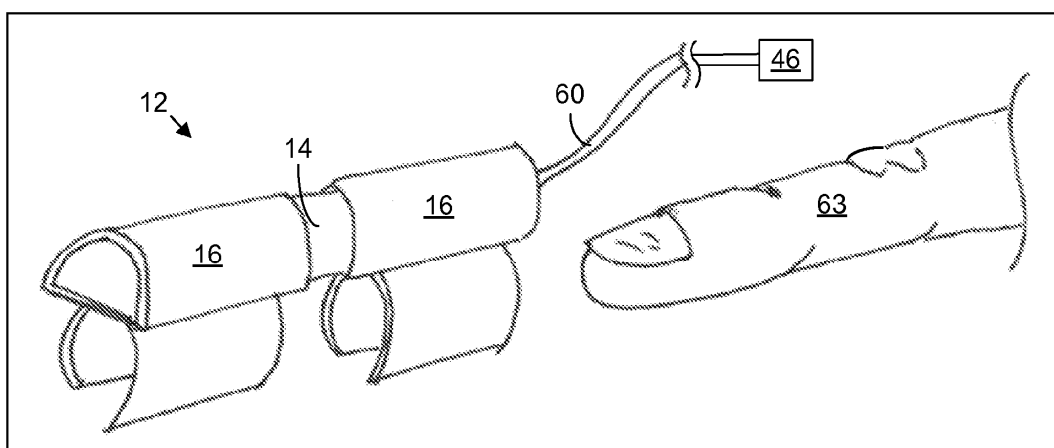
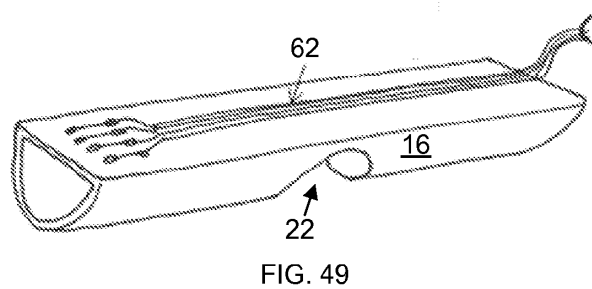
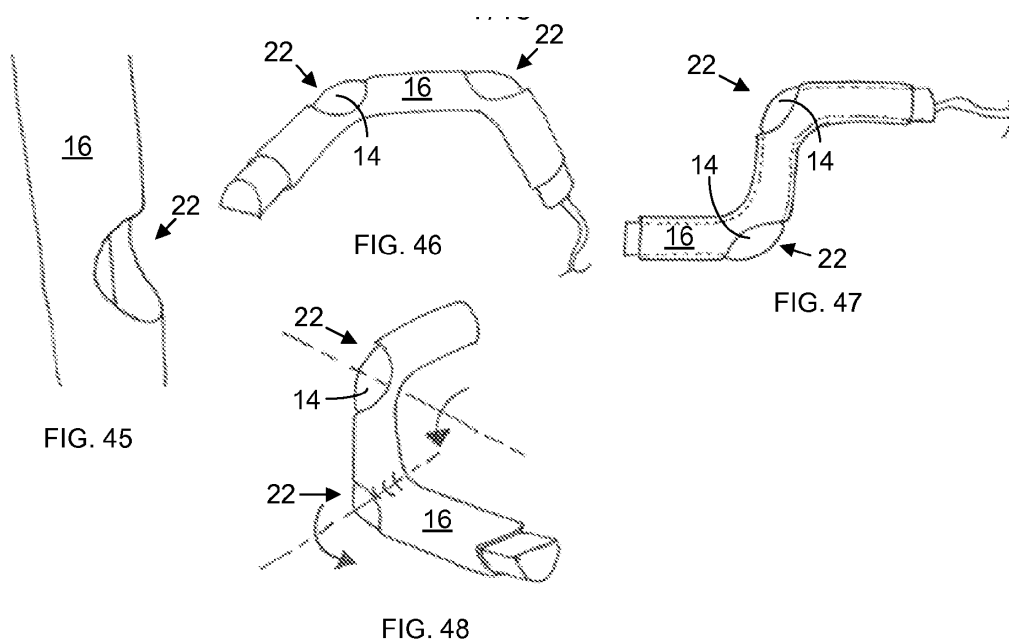


FIG. 50

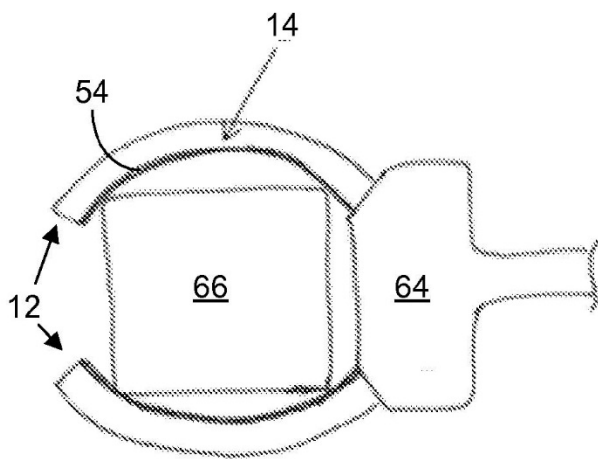


FIG. 51

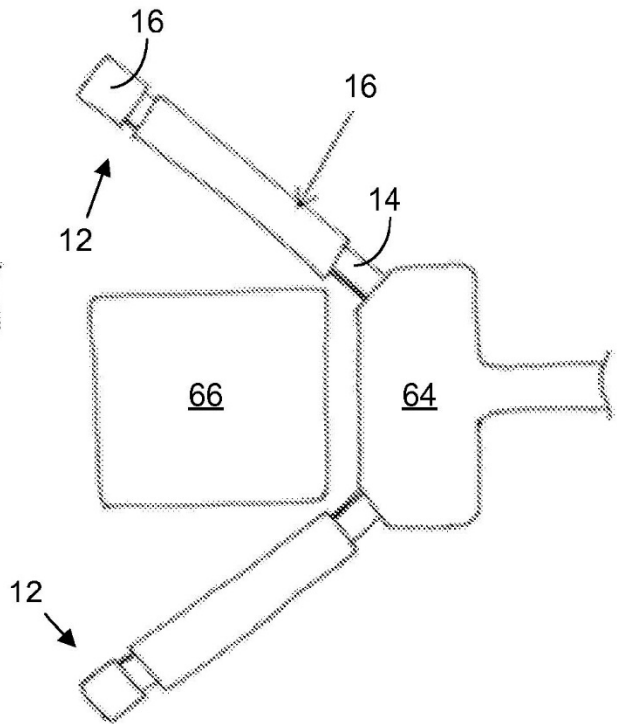


FIG. 52

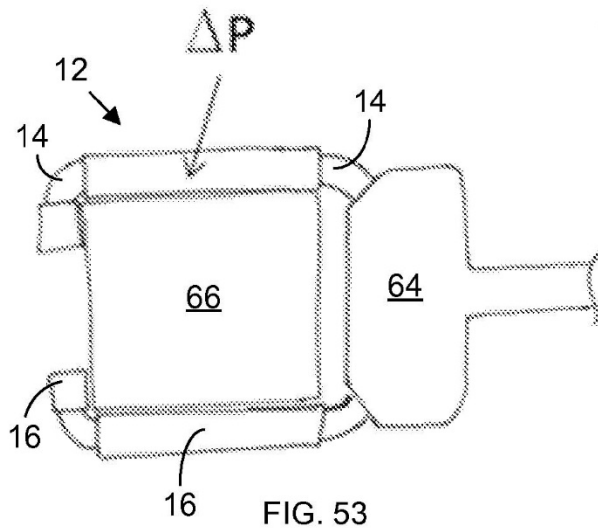


FIG. 53

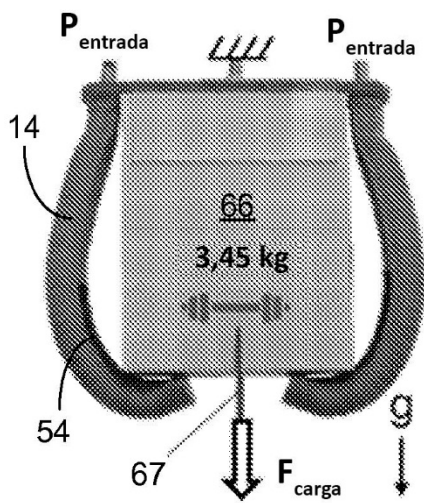


FIG. 54

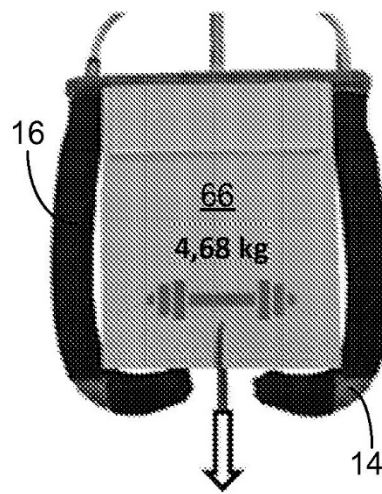


FIG. 55

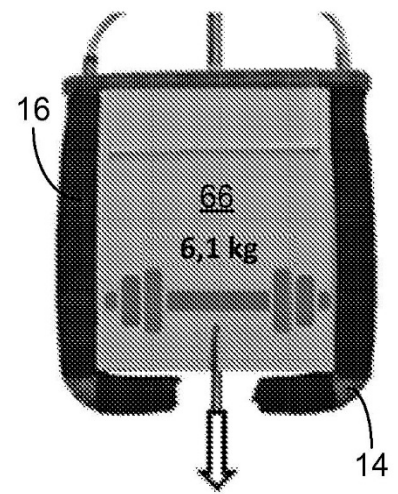


FIG. 56

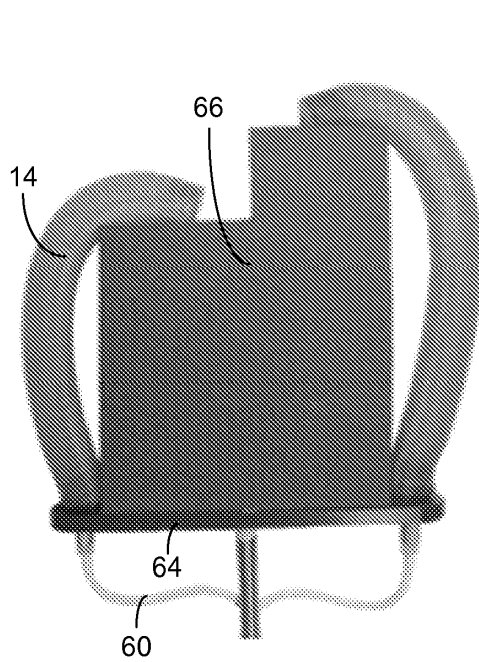


FIG. 57

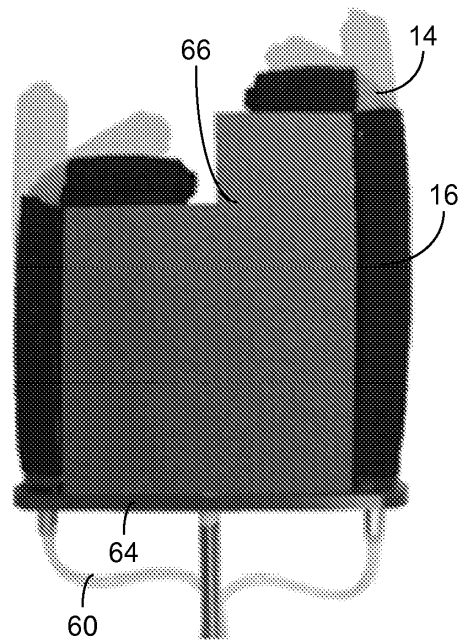


FIG. 58

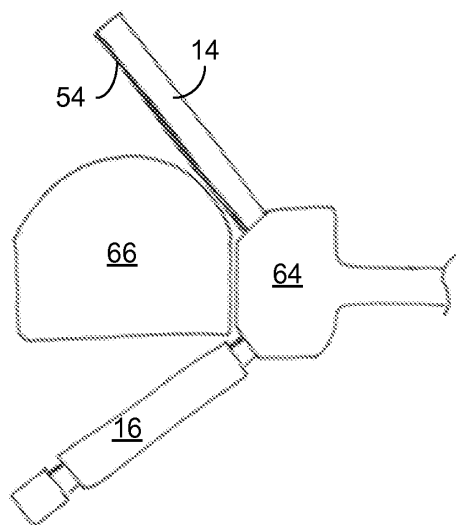


FIG. 59

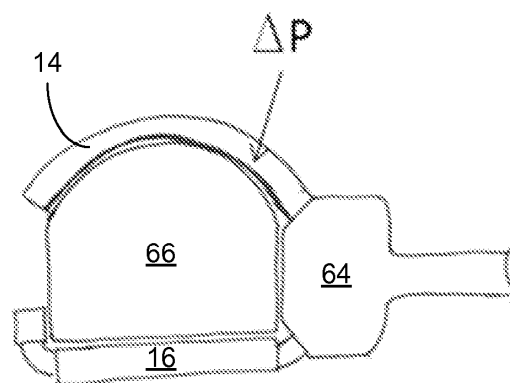


FIG. 60

FIG. 61

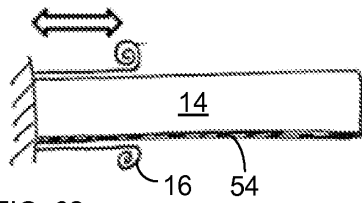


FIG. 65

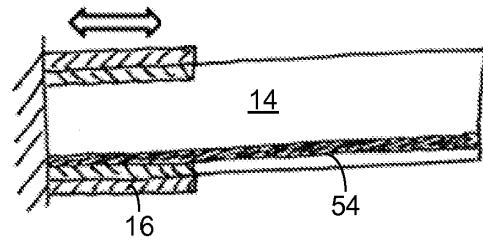


FIG. 62

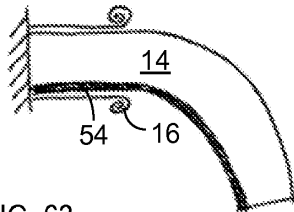


FIG. 66

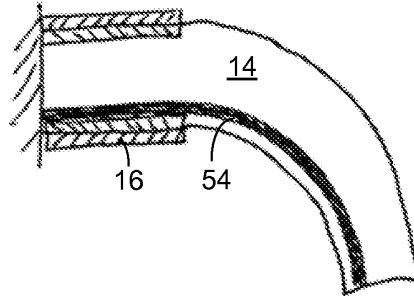


FIG. 63

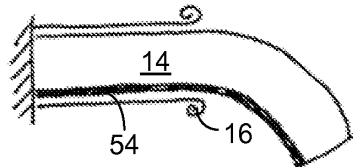


FIG. 64

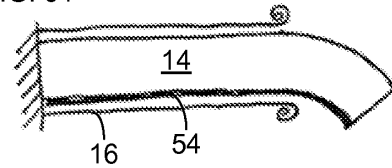


FIG. 67

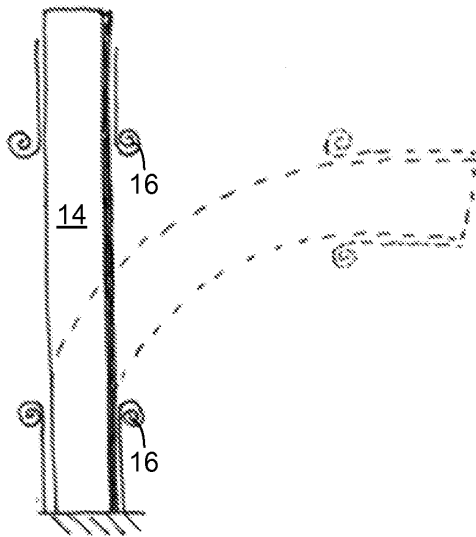
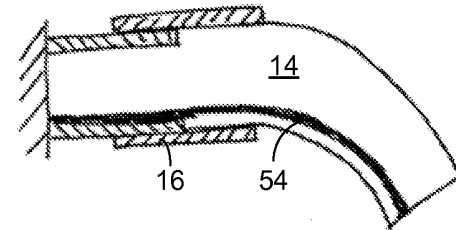


FIG. 68

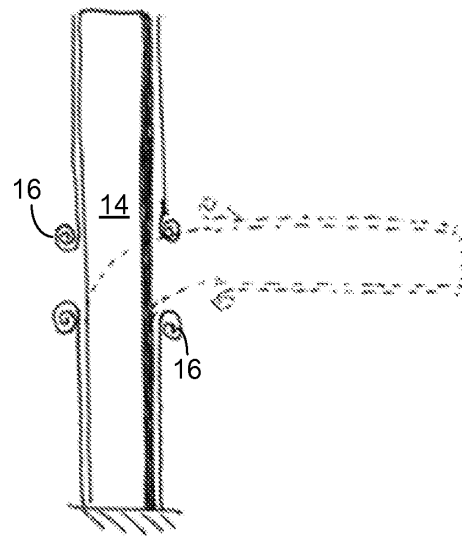


FIG. 69

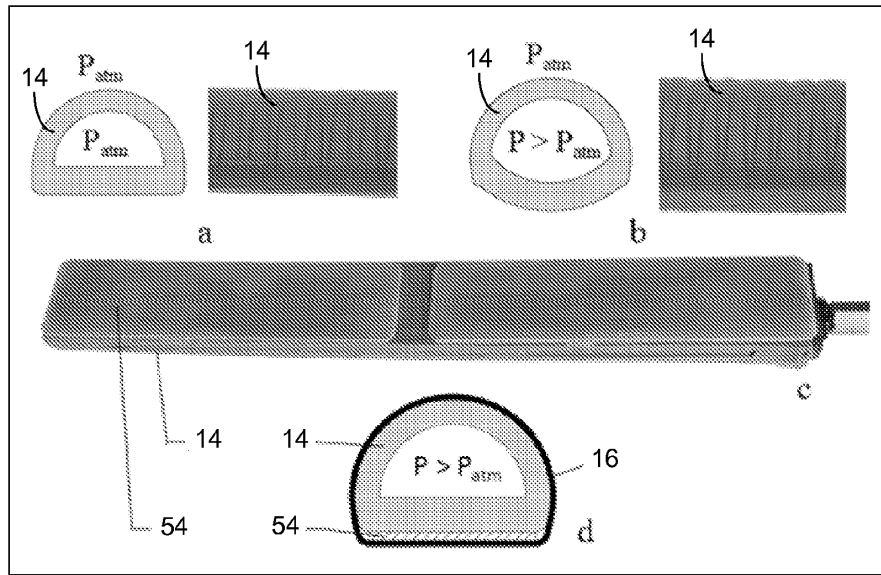


FIG. 70

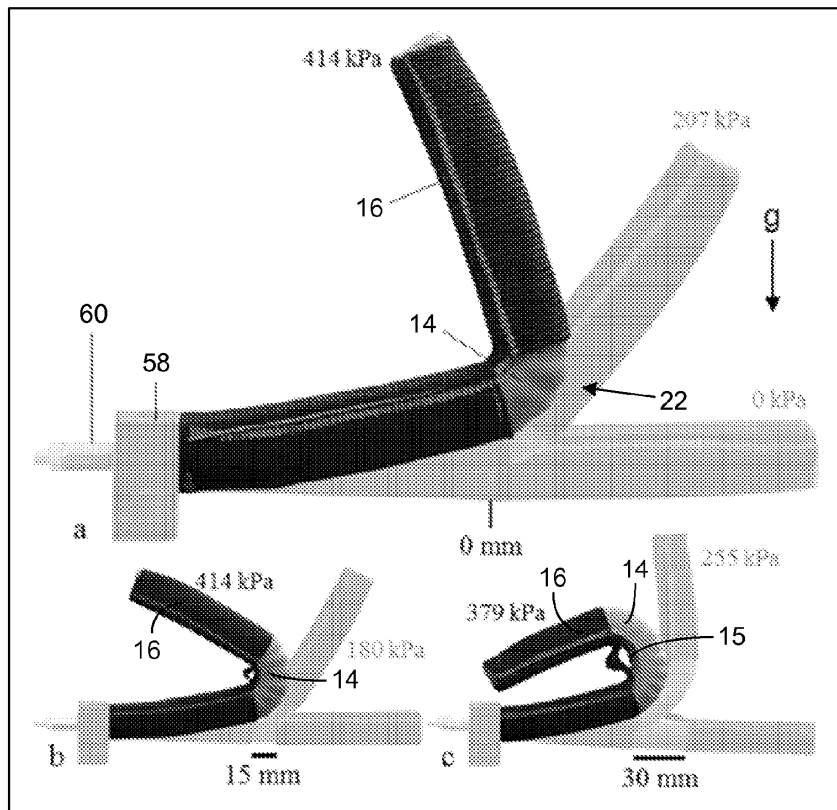


FIG. 71

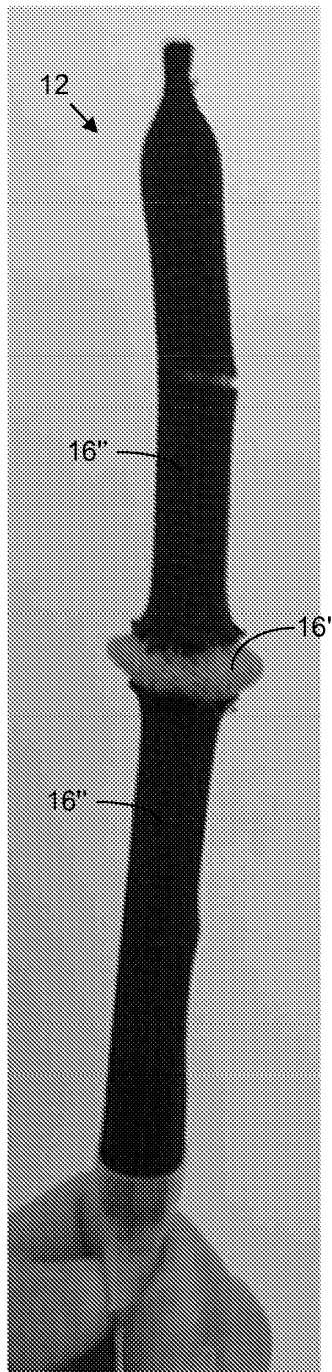


FIG. 72

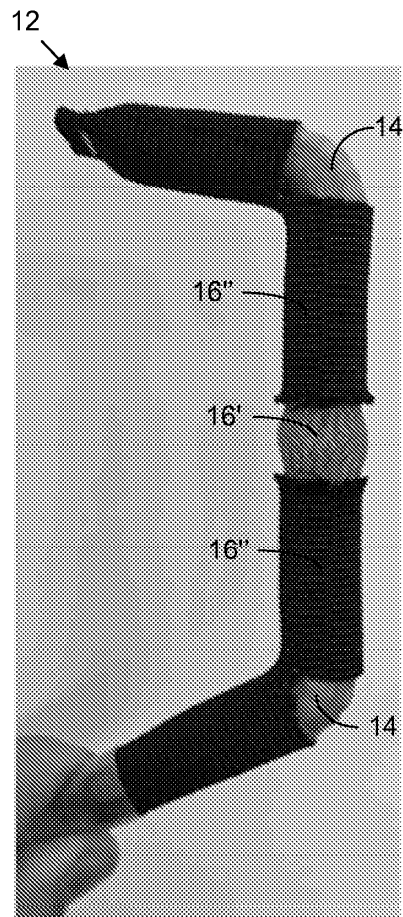


FIG. 73

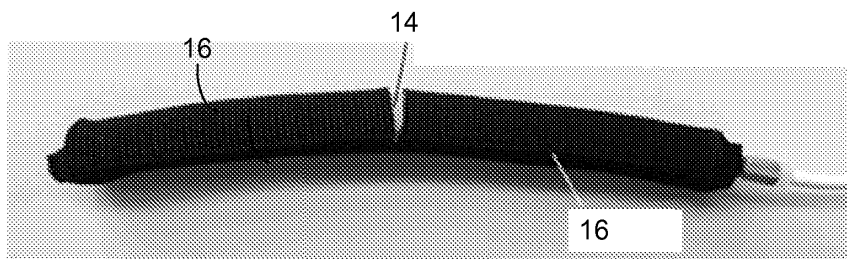


FIG. 74

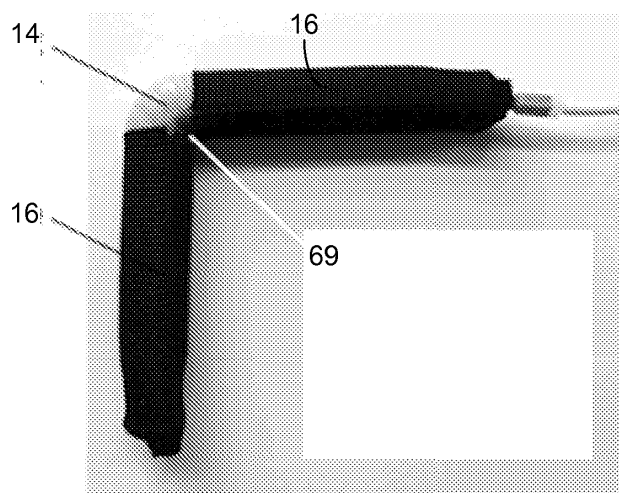


FIG. 75

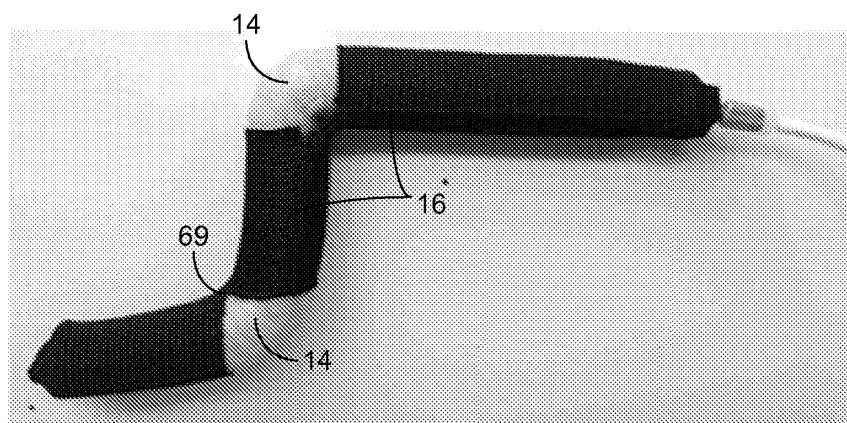


FIG. 76

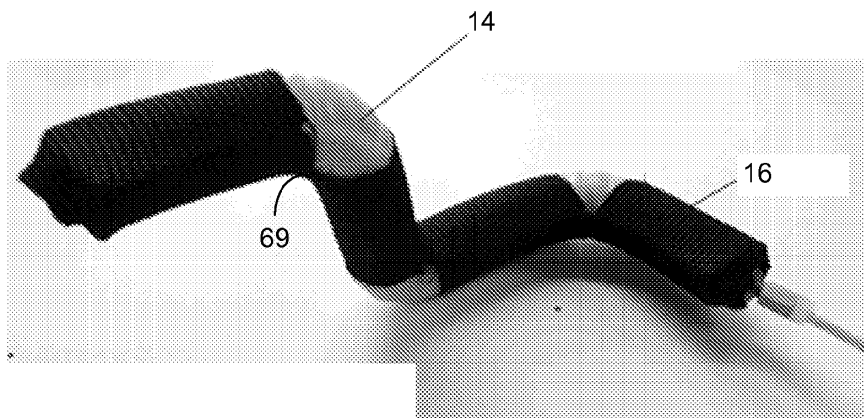


FIG. 77

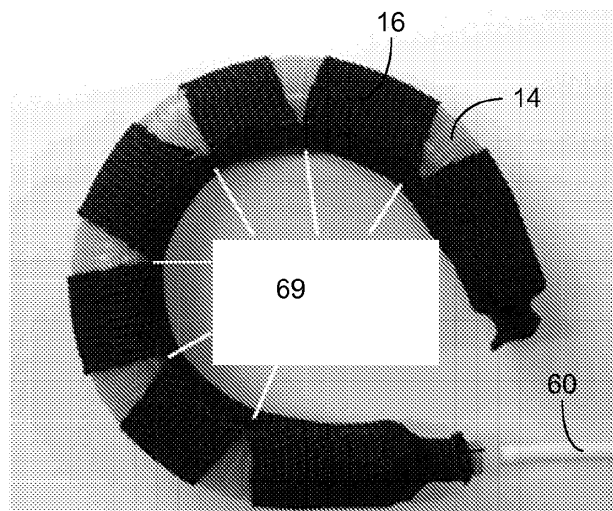


FIG. 78

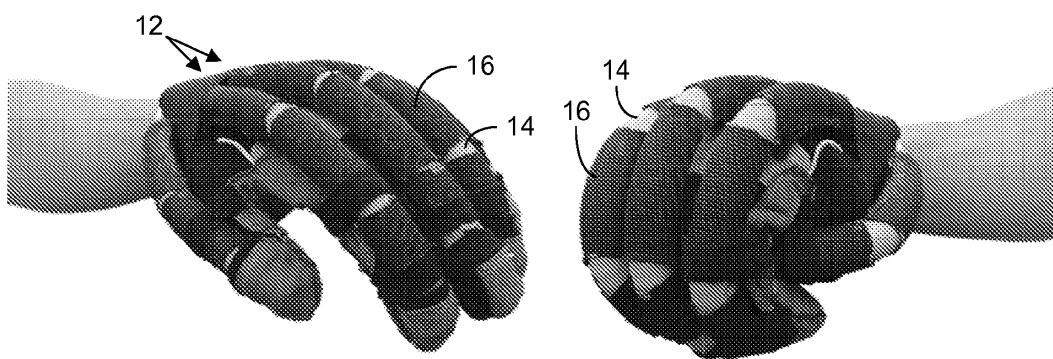


FIG. 79

FIG. 80

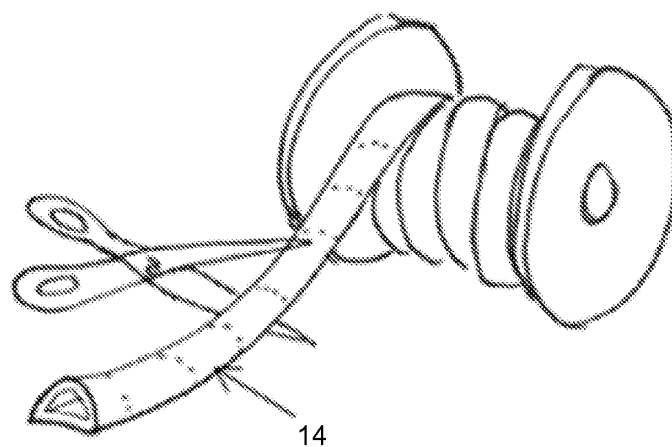


FIG. 81

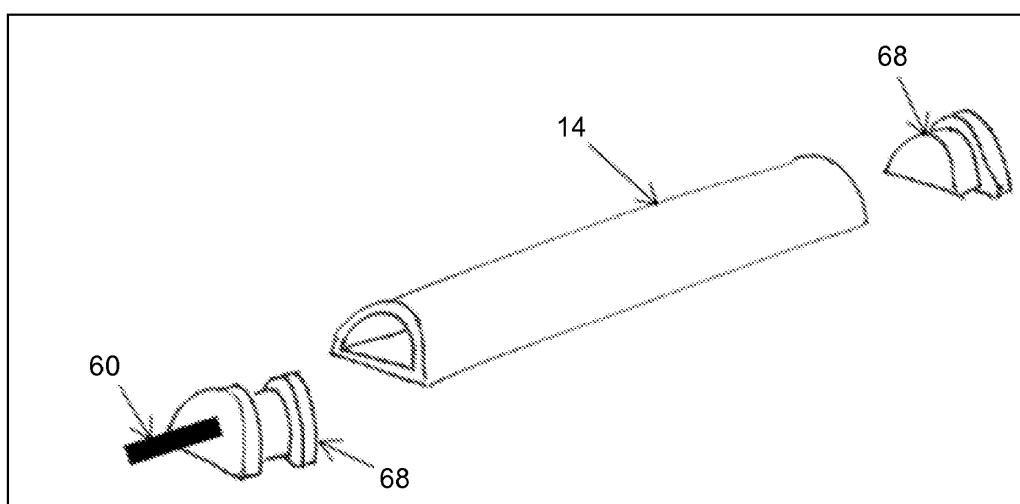


FIG. 82

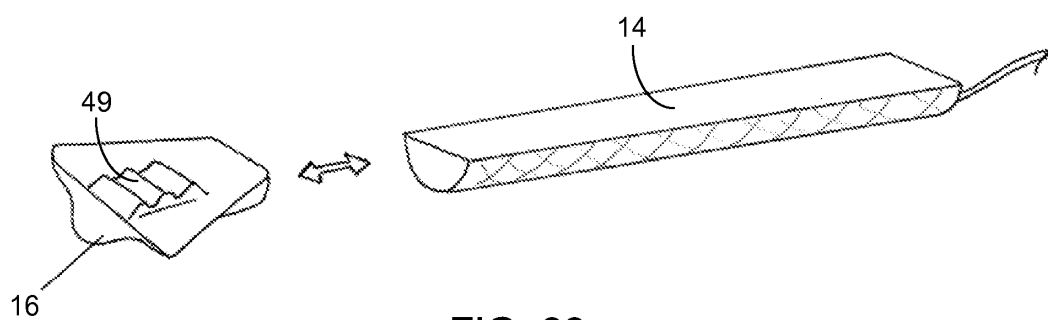


FIG. 83

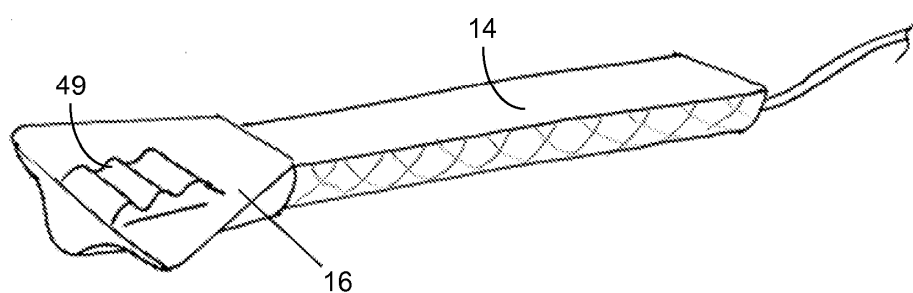


FIG. 84

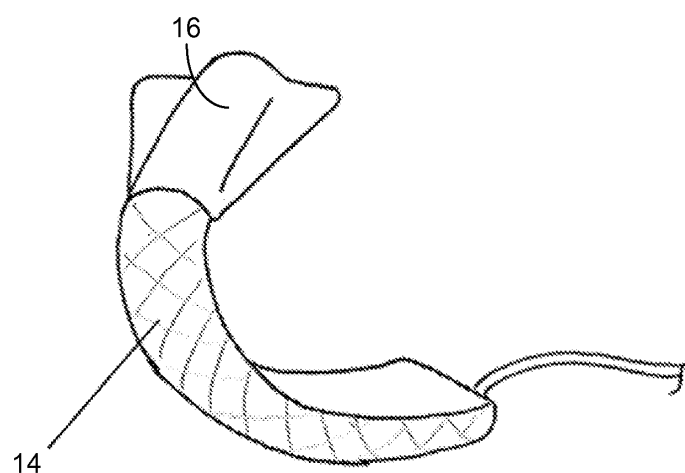


FIG. 85

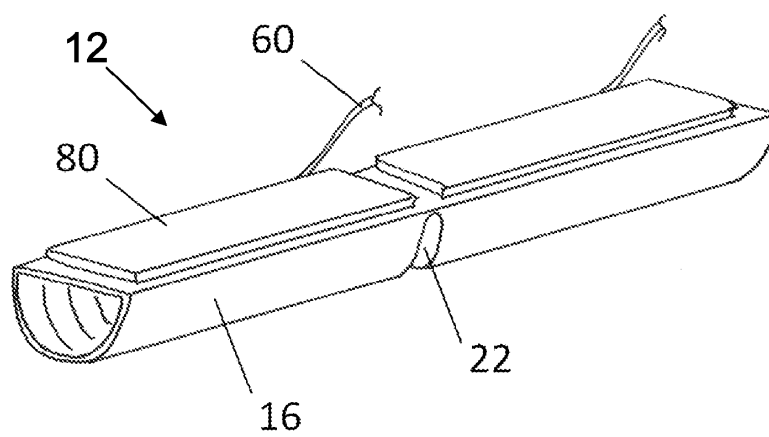


FIG. 86

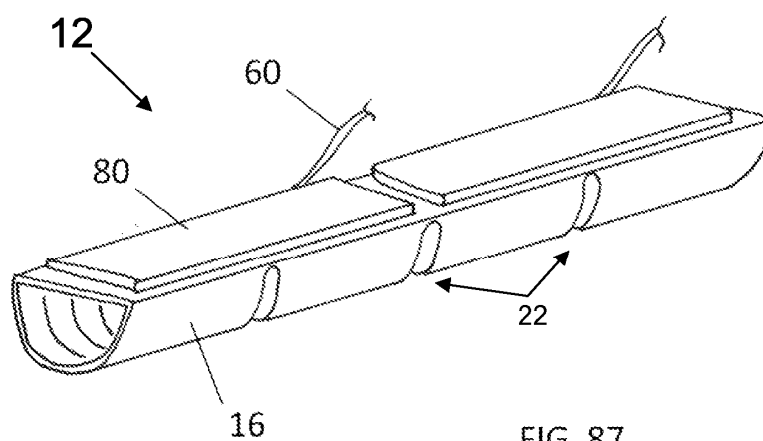


FIG. 87

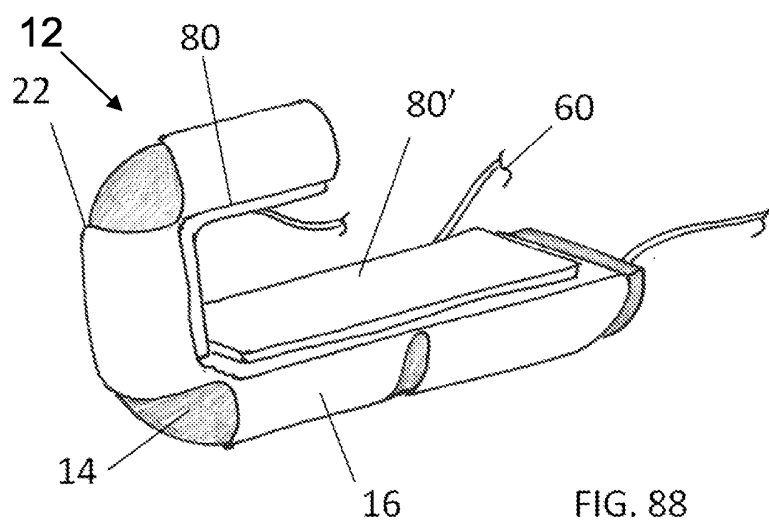


FIG. 88

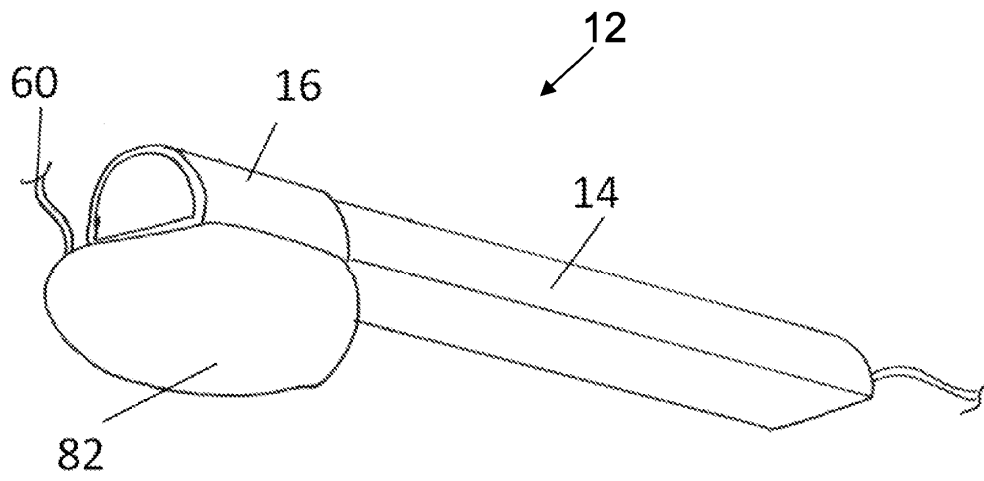


FIG. 89