

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 758**

51 Int. Cl.:

A61F 13/08

(2006.01)

A61H 23/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06706231 .5**

96 Fecha de presentación: **13.01.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1981459**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.10.2008**

54

Título: **DISPOSITIVO Y SISTEMA PARA TRATAMIENTO POR COMPRESIÓN DE UNA PARTE CORPORAL.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.01.2012

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.01.2012

73

Titular/es:
ConvaTec Technologies Inc.
3993 Howard Hughes Parkway
Las Vegas, NV 89169, US

72

Inventor/es:
TOTH, Landy

74

Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 372 758 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

Dispositivo y sistema para tratamiento por compresión de una parte corporal

Campo técnico

5 La presente divulgación se refiere a un dispositivo para tratamiento por compresión de una parte corporal. La divulgación también se refiere a un sistema para tratamiento por compresión, que comprende un dispositivo de este tipo.

La divulgación se refiere además a accionadores que se pueden usar en el dispositivo para tratamiento por compresión, pero también en otras aplicaciones en las que se tiene que apretar una correa alrededor de un objeto.

Antecedentes

10 Las terapias de compresión se pueden usar para tratamiento y/o profilaxis de diversas afecciones, incluyendo, pero sin limitación, Trombosis Venosa Profunda (TVP), trastornos vasculares, trastornos circulatorios, edemas, afecciones cardíacas (tratadas mediante contrapulsación), linfedema, quemaduras y embolias. Otras áreas de uso pueden ser terapia de estrés, terapia de masaje, control de presión arterial, ajuste de mecanismos de ajustes de prótesis y trajes para prevenir la acumulación de sangre en las partes del cuerpo de los pilotos o conductores de coches de carreras sometidos a fuerzas G.

15 El documento US 2004/0073146 A1 divulga un dispositivo portátil para potenciar el flujo sanguíneo en una extremidad con miras a reducir el riesgo de desarrollar una Trombosis Venosa Profunda. El dispositivo comprende una correa, que se enrolla alrededor de la articulación y una carcasa que comprende un motor, que se dispone tirando de la correa mediante un movimiento de vaivén, de forma que se aplica una fuerza de compresión a la extremidad.

20 El motor del documento US 2004/0073146 A1 es de tipo electromagnético, que proporciona una proporción de potencia a peso baja y por lo tanto un dispositivo muy voluminoso. Cuando se combina con la eficacia baja de los motores divulgados y los elementos de transmisión de potencia, el resultado es una vida de batería corta. Además, el dispositivo necesitaría un mecanismo de bloqueo complejo para mantener la presión durante un período más largo que el del movimiento de vaivén. También, debido a las capacidades de par de motores electromagnéticos convencionales, sería difícil satisfacer los requerimientos de fuerza para profilaxis de Trombosis Venosa Profunda usando esta tecnología y en un formato compacto. Además, como el movimiento de vaivén se produce a través de un mecanismo intermedio y la mecánica de tejidos de cada paciente es diferente, habrá poco o ningún control de la salida de fuerza real aplicada por las correas sobre el paciente.

30 El documento US 2002/0173735 A1 divulga un dispositivo para tratamiento de contrapulsación externa de una enfermedad cardíaca o un trastorno circulatorio. El dispositivo comprende un brazalete, que se debe envolver alrededor de una extremidad de un paciente. Los extremos del brazalete se unen entre sí de forma que la activación eléctrica de accionadores del brazalete provocará que el mismo se estreche. Los accionadores pueden ser accionadores solenoides, que típicamente proporcionan un movimiento de vaivén.

35 El dispositivo del documento US 2002/0173735 A1 es adecuado únicamente para aplicaciones de impulso, ya que el accionador de solenoide no se puede elaborar para que conserve una fuerza durante un período mayor que el del movimiento de vaivén, ya que se necesitaría una corriente muy elevada para proporcionar funcionamiento de baja frecuencia o estático. Este dispositivo también proporciona una proporción baja de potencia a peso, que da como resultado un dispositivo pesado. Adicionalmente, el dispositivo es únicamente capaz de proporcionar movimientos pequeños, debido a los requerimientos de ajuste apretado del brazalete.

Además, los accionadores de solenoide son únicamente capaces de proporcionar movimientos pequeños, colocando de ese modo requisitos de instalación ajustados sobre el brazalete. Las limitaciones de movimiento de los accionadores también limitarán las fuerzas reales que se pueden aplicar al paciente ya que la adaptabilidad del tejido del paciente tendrá que superarse para alcanzar niveles de fuerza significativos.

45 El documento US 6.494.852 B1 divulga un dispositivo de compresión neumático ambulante portátil, que comprende una camisa que tiene celdas inflables, que están acopladas a un conducto que suministra un fluido desde un dispositivo de control.

50 El uso del accionamiento neumático como se divulga en el documento US 6.494.852 B1 también proporciona una proporción baja de potencia a peso y por lo tanto hace que el dispositivo sea voluminoso. Además, la eficacia de los dispositivos neumáticos es baja, ya que los mismos desperdician mucha energía en sus compresores, válvulas, acumuladores, conductos y expansión de cámara de aire, además de desperdiciar energía en cada ciclo de deflación ventilando el aire comprimido hacia el entorno. Por lo tanto, un dispositivo de este tipo requiere una unidad de potencia de gran tamaño y proporcionará vidas de batería cortas. El uso de cámaras de aire neumáticas también da como resultado prendas voluminosas y no transpirables alrededor de la extremidad del paciente.

Los dispositivos de compresión que tienen correas o brazaletes que comprenden un material activo, que tienen por objeto enrollarse alrededor de una parte corporal, se ilustran en los documentos US 5.997.465, US 6.123.681, US 6.198.204 B1, EP 1 324 403 A1, US 2004/0167375 A1, WO 2004/093763 A1 y US 2005/0043657 A1. Estos dispositivos generalmente requieren grandes cantidades de material activo y por lo tanto, hasta el momento son únicamente adecuados para aplicaciones de coste elevado. Algunos de los conceptos mostrados en estos documentos también requieren materiales activos que tienen propiedades que no se pueden conseguir en producción a gran escala o que no se pueden mantener durante muchos ciclos de accionamiento con materiales conocidos.

Cada una de las configuraciones de la técnica anterior colocaría una carga indebida sobre las propiedades del material activo. Se necesita que los materiales realicen combinaciones extremas de golpe y fuerza contra los pacientes, con geometría y adaptabilidad de tejido ampliamente variables. Por lo tanto, se necesita un exceso de material o un material de muy alto rendimiento para los dispositivos, lo cual conduce tanto a dispositivos de costes elevados como a problemas de fiabilidad y seguridad aumentados en dispositivos prácticos.

Por lo tanto, existe una necesidad de un dispositivo mejorado para tratamiento por compresión de una parte corporal.

Sumario de la invención

Un objetivo de esta divulgación es proporcionar un dispositivo para tratamiento por compresión de una parte corporal, que elimine o al menos alivie algunas o todas las desventajas de la técnica anterior.

Un objetivo particular es proporcionar un dispositivo para tratamiento por compresión de una parte corporal, que tiene una proporción de potencia a peso mejorada.

Otro objetivo es proporcionar un dispositivo para el tratamiento y compresión de una parte corporal que se pueda producir a un coste razonable.

Otro objetivo es proporcionar un dispositivo adecuado para tratamientos ambulatorios con una vida de batería larga.

Otro objetivo es proporcionar un medio seguro y fácil de usar para aplicar tratamientos de compresión.

Otro objetivo es proporcionar un dispositivo para tratamiento por compresión que se pueda elaborar muy compacto y que pueda mostrar una altura baja desde la parte corporal y hacia afuera.

Los objetivos anteriores se consiguen completamente o parcialmente en un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1. Se exponen realizaciones en las reivindicaciones dependientes adjuntas, en la siguiente descripción y en los dibujos anexos.

De acuerdo con un primer aspecto, se proporciona un dispositivo para tratamiento por compresión de una parte corporal. El dispositivo comprende un miembro de compresión, adaptado para rodear al menos parcialmente la parte corporal y una unidad de accionamiento, dispuesta para apretar el miembro de compresión para proporcionar una fuerza de compresión a la parte corporal. La unidad de accionamiento comprende un accionador de material activo. "Material activo" significa un material que muestra un acoplamiento fuerte entre mecanismos de almacenamiento de energía (relacionándose fuerte con el acoplamiento observado en otros materiales comunes). En particular, con respecto a esta divulgación, el término "material activo" tiene por objeto cubrir materiales que muestran acoplamiento fuerte entre mecanismos de almacenamiento de energía eléctrica, química o térmica y mecánica (electromecánica, termo-mecánica, electrotermomecánica o electroquimomecánica).

Tales materiales se han clasificado por la comunidad de investigación. En general, tales materiales activos se clasifican en los siguientes grupos: polímeros electroactivos, cerámicas y cristales electroactivos y materiales con memoria de forma.

Los polímeros electroactivos (EAP) comprenden materiales activados por campo E, tales como ferroeléctricos, piezoeléctricos, electrostrictivos, electrets, elastómeros de cristal líquido, elastómeros activados por estrés Maxwell y compuestos de los mismos. Los polímeros electroactivos también comprenden polímeros conductores activados electroquímicamente, compuestos metálicos de polímero ionomérico (IPMC), nanotubos de carbono y geles de polímero electroactivo. Los materiales de este tipo se describen y caracterizan en Bar-Cohen Y. (editor): Electroactive Polymer (EAP) Actuators as Artificial Muscles: Reality, Potential, and Challenges, 2ª edición, SPIE Press, Bellingham, 2004.

La cerámica y cristales electroactivos comprenden piezoeléctrico, electrostrictivo y compuestos de piezocerámico-polímero, materiales magnetostrictivos y materiales de cristal único. Los materiales de este tipo se describen y caracterizan en Moulson A.J., Herbert J.M.: Electroceramics: Materials, Properties, Applications, 2ª edición, John Wiley & Sons, West Sussex, 2003.

Los materiales con memoria de forma incluyen aleaciones de memoria de forma, que se pueden activar por temperatura o activar por campo H y polímeros de memoria de forma. Los materiales de este tipo se describen y

caracterizan en Otsuka K., Wayman C.M.: Shape Memory Materials, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

Se reconoce que en este campo de evolución rápida se están descubriendo constantemente materiales nuevos o sometiendo a ingeniería. Nuevos accionadores de material activo, posiblemente con rendimiento excepcional, se podrían desarrollar a partir de tales materiales nuevos y como tal, las realizaciones en esta solicitud se podrían implementar con tales accionadores avanzados (y beneficiarse de fuerzas, densidad de potencia o velocidad de movimiento aumentados).

Mediante el uso de un accionador de material activo, es posible proporcionar un dispositivo de compresión compacto, que se puede producir a un coste bajo y que puede estar provisto de suficiente capacidad de fuerza.

La unidad de accionamiento se puede disponer para apretar gradualmente el miembro de compresión. Al apretar de forma gradual el miembro de compresión, es posible utilizar accionadores que son capaces de movimientos muy pequeños, que se repiten para proporcionar un movimiento suficiente.

En el dispositivo, se conecta un miembro de sujeción al accionador para realizar un movimiento cíclico, y el miembro de sujeción se dispone para engranar un miembro móvil, conectado al miembro de compresión. El movimiento cíclico puede ser, por ejemplo, asimétrico, elíptico, sustancialmente circular o sustancialmente de vaivén.

El miembro móvil es, durante una primera parte del movimiento cíclico móvil con el miembro de sujeción y durante una segunda parte del movimiento cíclico móvil con relación al miembro de sujeción. Por lo tanto, durante la primera parte del movimiento cíclico, puede haber un movimiento relativo muy pequeño o ninguno (deslizamiento) entre el miembro de sujeción y el miembro móvil y durante la segunda parte del movimiento cíclico, puede haber deslizamiento entre el miembro de sujeción y el miembro móvil o desconexión completa.

Durante la primera parte del movimiento cíclico, el miembro de sujeción puede estar en un engranaje de transferencia de fuerza con el miembro móvil y, durante la segunda parte del movimiento cíclico, el engranaje de transferencia de fuerza se puede eliminar o sustancialmente reducir.

El dispositivo puede comprender además medios para presionar el elemento móvil y el miembro de sujeción el uno hacia el otro. Tales medios de presión pueden aumentar la capacidad de fuerza de la unidad de accionamiento y pueden tomar la forma de, por ejemplo, muelles u otros elementos elásticos.

El miembro de sujeción puede estar provisto de un revestimiento resistente al desgaste. Tales revestimientos se conocen como tales por el experto.

El miembro de sujeción puede estar provisto de un revestimiento de potenciamiento de agarre. Tales revestimientos se conocen como tales por los expertos.

La unidad de accionamiento puede comprender además un segundo accionador y un segundo miembro de sujeción. El primer y segundo miembros de sujeción pueden estar coordinados y funcionar de forma simultánea o de una manera alterna.

El miembro de sujeción y el segundo miembro de sujeción se pueden disponer en caras opuestas del miembro móvil.

Como alternativa o como un complemento, el miembro de sujeción y el segundo miembro de sujeción se pueden disponer en la misma cara del miembro móvil.

Una frecuencia del movimiento cíclico puede estar en el intervalo de aproximadamente 1 a 200 Hz, aproximadamente 0,2 a 20 kHz o aproximadamente 20 kHz a 1 MHz.

El dispositivo puede comprender además medios de rectificación para proporcionar un movimiento en un solo sentido del miembro móvil. Tal rectificación puede aumentar la capacidad de fuerza mediante la reducción o la eliminación del deslizamiento entre el miembro de sujeción y el miembro móvil.

De acuerdo con un primer principio, el accionador puede comprender una región activa que se extiende paralela con una dirección en la cual se puede desplazar el miembro móvil, en el que el miembro móvil tiene una parte sustancialmente plana o ligeramente curva frente al accionador y en el que el miembro de sujeción se protruye desde el accionador hacia el miembro móvil.

La región activa es la parte del accionador que proporciona el movimiento.

En una primera realización, se pueden proporcionar medios de amplificación por medio de una morfología del material activo.

El accionador puede comprender al menos dos conjuntos de electrodos, cada conjunto de electrodos estando operativamente conectado con una región de material activo del accionador e individualmente controlable y en el que la región de material activo del accionador está conectada operativamente con el miembro de sujeción.

Los conjuntos de electrodos pueden ser controlables para controlar la dirección del movimiento del miembro móvil.

El primero de los conjuntos de electrodos puede ser controlable para mover el miembro móvil en una primera dirección y en el que el segundo conjunto de electrodos se puede accionar para mover el miembro móvil en una segunda dirección opuesta.

- 5 El accionador puede tener al menos una frecuencia favorable resonante o anti-resonante y en el que al menos uno de los conjuntos de electrodos se puede accionar a dicha frecuencia favorable resonante o anti-resonante.

El medio de rectificación se puede proporcionar mediante el medio de sujeción, durante una parte del movimiento cíclico en el que el miembro de sujeción es móvil con relación al miembro móvil, siendo móvil en una primera dirección una distancia, que es mayor que una distancia mediante la cual una contrafuerza proporcionada por un sistema que comprende la parte corporal y el miembro de compresión durante dicha parte del movimiento cíclico es capaz de mover el miembro móvil en una segunda dirección opuesta.

- 10

En una segunda realización, el medio de rectificación se puede proporcionar mediante la unidad de accionamiento que comprende al menos dos miembros de sujeción, siendo cada miembro de sujeción controlable para realizar un movimiento cíclico respectivo.

- 15 En esta realización, el miembro de sujeción se puede disponer para activarse con un retardo entre sus movimientos cíclicos respectivos, de forma que, en cualquier punto en el tiempo, al menos uno de los miembros de sujeción esté en engranaje de transferencia de fuerza con el miembro móvil.

De acuerdo con un segundo principio, el material activo se puede conectar con el miembro de sujeción a través de un medio de amplificación.

- 20 El medio de amplificación puede comprender un miembro de guía de onda o de formación de onda o una estructura equivalente.

El material activo y el medio de amplificación también se pueden disponer de forma que una primera frecuencia motriz aplicada al material activo proporcione una primera dirección del movimiento cíclico del miembro de sujeción y una segunda frecuencia motriz diferente aplicada al material activo proporcione una segunda dirección opuesta del movimiento cíclico del miembro de sujeción.

- 25

El medio de rectificación se puede proporcionar mediante el miembro de sujeción, durante una parte del movimiento cíclico en el que el miembro de sujeción es móvil con relación al miembro móvil, siendo móvil en una primera dirección una distancia, que es mayor que una distancia mediante la cual una contrafuerza proporcionada por un sistema que comprende la parte corporal y el miembro de compresión durante dicha parte del movimiento cíclico es capaz de mover el miembro móvil en una segunda dirección opuesta.

- 30

En una tercera realización, el medio de amplificación puede comprender un cuerno de resonancia, que se conecta al miembro de sujeción y a una carcasa o marco de la unidad de accionamiento.

El accionador se puede proporcionar en un borde exterior del cuerno de resonancia. Por ejemplo, el accionador se puede proporcionar en un nodo del cuerno de resonancia.

- 35 El cuerno de resonancia puede tener una sección transversal que se estrecha hacia el miembro de sujeción.

En una cuarta realización, el miembro de amplificación puede comprender una aleta o un brazo que se extiende desde el accionador hasta el miembro de sujeción.

Al menos dos aletas se pueden extender desde el accionador hasta un miembro de sujeción respectivo.

- 40 De acuerdo con un tercer principio, el miembro móvil puede estar provisto de medios para enclavamiento positivo con el miembro de sujeción. Tal enclavamiento positivo puede proporcionar dicho medio de rectificación.

El medio para enclavamiento positivo puede comprender una estructura de trinquete que se prolonga en una dirección paralela a la dirección de movimiento del miembro móvil.

El medio para enclavamiento positivo puede comprender al menos dos estructuras de trinquete paralelas.

- 45 En una quinta realización, la estructura de trinquete puede comprender una pluralidad de dientes dispuestos de forma secuencial, teniendo cada diente al menos una superficie de bloqueo adaptada para interacción con el miembro de sujeción.

Dos superficies de bloqueo adyacentes pueden estar separadas por una distancia que es más pequeña que el golpe máximo del accionador.

- 50 El accionador puede comprender una primera región activa dispuesta para mover el miembro de sujeción a una dirección paralela a la dirección de movimiento pretendida del miembro móvil y una segunda región activa, dispuesta

para mover el miembro de sujeción en una dirección lejos del miembro móvil.

La primera región activa se puede disponer para mover el miembro de sujeción a una dirección paralela a la dirección de movimiento pretendida del miembro móvil a una primera velocidad y un movimiento en una segunda dirección sustancialmente opuesta a una segunda velocidad más elevada.

- 5 La segunda velocidad se puede adaptar para ser suficiente para mover el miembro móvil en su dirección del movimiento pretendida, a pesar de una fuerza contraria a partir de la parte corporal sometida a la compresión.

El miembro de sujeción y el miembro móvil pueden, durante dichos primer y segundo movimientos, presionarse el uno hacia el otro.

- 10 En una sexta realización, un miembro de sujeción respectivo que comprende un gancho respectivo, se puede disponer para interactuar con la estructura de trinquete respectiva.

Los miembros de sujeción se pueden disponer para activarse con un retardo entre sus movimientos cíclicos respectivos, de forma que, en cualquier punto en el tiempo, al menos uno de los miembros de sujeción esté en engranaje de transferencia de fuerza con su estructura de trinquete asociada.

- 15 De acuerdo con un cuarto principio, el miembro móvil puede comprender un miembro guía que se extiende sustancialmente paralelo con su dirección de movimiento pretendida, mediante lo cual el miembro de sujeción comprende primer y segundo miembros de fijación separados longitudinalmente, que son controlables para acoplamiento liberable con el miembro guía, mediante lo cual el miembro de sujeción comprende además un miembro de movimiento longitudinal que se extiende entre dichos miembros de fijación, por lo cual el miembro de movimiento longitudinal se puede expandir y contraer de forma controlable en una dirección paralela a el miembro guía.

Los miembros de fijación y el miembro de movimiento longitudinal se pueden controlar de forma individual.

Los miembros de fijación y el miembro de movimiento longitudinal se pueden accionar en los siguientes estados:

- 25 a) un estado de bloqueo, mediante el cual ambos miembros de fijación están en un estado de transmisión de fuerza con relación al miembro guía,
b) un primer estado de movimiento, mediante el cual un primero de los miembros de fijación están en un estado de transmisión de fuerza con relación al miembro guía, en el que un segundo de los miembros de fijación es móvil con relación a la pared del espacio y en el que el miembro de movimiento longitudinal se expande o contrae, y
30 c) una segunda fase de movimiento, mediante la cual el segundo de los miembros de fijación está en un estado de transmisión de fuerza con relación al miembro guía, en el que el primero de los miembros de fijación es móvil con relación al miembro guía y en el que el miembro de movimiento longitudinal está expandido o contraído.

- 35 De acuerdo con quinto principio, el accionador se puede disponer para provocar que el miembro de sujeción realice un movimiento de vaivén, que tiene un componente en un plano sustancialmente paralelo con una dirección de movimiento pretendida del miembro móvil, por lo cual dicho medio de rectificación se proporciona para: proporcionar una fricción elevada entre el miembro de sujeción y el miembro móvil durante una primera parte de dicho movimiento de vaivén, en el que el miembro de sujeción se mueve en una primera dirección en dicho plano y proporcionar fricción baja entre el miembro de sujeción y el miembro móvil durante una segunda parte de dicho movimiento de vaivén, en el que el miembro de sujeción se mueve en una segunda dirección opuesta.

- 40 El miembro de rectificación se puede proporcionar entre el miembro de sujeción y el miembro móvil.

El miembro de rectificación se puede proporcionar entre el miembro móvil y un miembro de base, en el cual está montado de forma fija el accionador.

El miembro de rectificación puede comprender microfilamentos inclinados. El miembro de rectificación comprende además una estructura de trinquete dispuesta para interacción con dichos microfilamentos inclinados.

- 45 El dispositivo puede comprender opcionalmente medios para desconectar al menos parcialmente dicho medio de rectificación, de forma de permitir el movimiento relativo entre el miembro de sujeción y el miembro móvil en ambas de dichas primera y segunda direcciones.

De acuerdo con un sexto principio, la unidad de accionamiento se puede disponer para controlar una distancia radial entre la parte corporal y el miembro de compresión o un miembro de conexión conectado al miembro de compresión.

- 50 La unidad de accionamiento puede comprender una base de montaje, que se extiende entre dos partes separadas circunferencialmente del miembro de compresión o del miembro de conexión y en la que se proporciona un elemento accionador flexible de forma controlable para controlar una distancia radial entre la base de montaje y el miembro de compresión o el miembro de conexión conectado al miembro de compresión.

Se puede proporcionar un mecanismo de trinquete en la base de montaje para interacción con un borde del elemento accionador.

Bordes opuestos del elemento accionador se pueden acoplar a estructuras de trinquete respectivas y una parte central del elemento accionador se puede acoplar al miembro de compresión o miembro de conexión.

- 5 En una realización, el miembro móvil se puede integrar con el miembro de compresión.

En una realización, el miembro móvil se puede formar en una pieza con el miembro de compresión.

En una realización, el miembro móvil puede estar unido de forma fija al miembro de compresión.

En otra realización, el miembro móvil puede estar conectado al miembro de compresión por un miembro de conexión.

- 10 En otra realización, el miembro móvil puede estar unido de forma liberable al miembro de compresión.

De acuerdo con séptimo principio, el miembro móvil puede comprender una parte giratoria, que está dispuesta de forma giratoria alrededor de un eje sustancialmente central y en el que el miembro de sujeción está dispuesto para actuar sobre una superficie de dicha parte giratoria.

- 15 El miembro de sujeción se puede disponer para engranar una superficie de la parte giratoria, a una distancia del eje central, en el que un huso es giratorio alrededor de dicho eje central y está conectado a la parte giratoria y en el que el miembro de compresión o un miembro de conexión, conectado al miembro de compresión, es enrollable en el huso.

Un miembro de compresión o miembro de conexión único puede ser enrollable en el huso.

- 20 Dos o más miembros de compresión o miembros de conexión pueden ser enrollables en el huso y prolongarse en direcciones básicamente diferentes desde el eje central.

Los diámetros eficaces de la parte giratoria y el miembro de huso pueden ser diferentes.

Al menos dos partes giratorias pueden estar conectadas al huso y un accionador respectivo se puede disponer para interaccionar con dichas partes giratorias.

Las partes giratorias se pueden disponer sustancialmente en una parte extrema respectiva del huso.

- 25 Se proporciona un medio de amplificación por medio de una morfología del material activo.

El accionador puede comprender al menos dos conjuntos de electrodos, estando cada conjunto de electrodos conectado operativamente a una región de material activo del accionador e individualmente controlable y la región del material activo del accionador puede estar conectada operativamente al miembro de sujeción.

- 30 Un primer conjunto de electrodos es controlable para mover el miembro móvil en una primera dirección y el segundo conjunto de electrodos puede ser accionable para mover el miembro móvil en una segunda dirección opuesta.

El accionador puede tener al menos una frecuencia resonante o anti-resonante y al menos uno de los conjuntos de electrodos se puede accionar a dicha frecuencia favorable resonante o anti-resonante.

La unidad de accionamiento puede comprender dos accionadores, que son accionables de forma individual.

Los accionadores se pueden accionar en fases diferentes.

- 35 Al menos uno de los accionadores se puede disponer en un ángulo agudo con relación al miembro móvil.

Al menos uno de los accionadores puede tener al menos una frecuencia favorable resonante o anti-resonante y al menos uno de los conjuntos de electrodos del accionador se puede accionar a dicha frecuencia favorable resonante o anti-resonante.

- 40 De acuerdo con un octavo principio, el accionador puede comprender un motor seleccionado entre un grupo que consiste en un motor de tipo de excitación de cuerno, un motor rotativo de onda estacionaria, un motor de onda de desplazamiento y un motor ultrasónico, estando el motor conectado operativamente a un huso, en el que el miembro de compresión o un miembro de conexión, conectado al miembro de compresión, es enrollable en el huso. Un motor de este tipo puede ser un motor rotativo.

El motor se puede conectar al huso a través de un mecanismo de transmisión de potencia.

- 45 Un miembro de compresión o miembro de conexión único se puede enrollar en el huso.

Dos o más miembros de compresión o miembros de conexión pueden ser enrollables en el huso y prolongarse en direcciones básicamente diferentes desde el huso.

Una parte de salida giratoria del motor puede ser coaxial con el huso.

El miembro de compresión principalmente puede estar formado a partir de uno o más materiales pasivos.

- 5 Tales materiales pasivos pueden, sin embargo, ser por ejemplo elástico, compresible, rígido o flexible.

Al menos una unidad de accionamiento puede estar dispuesta en una dirección paralela a la parte corporal y el miembro de compresión se puede extender en una dirección sustancialmente perpendicular desde dicha al menos una unidad de accionamiento.

- 10 La unidad de accionamiento se puede disponer para apretar dos miembros de compresión que se extienden en direcciones diferentes o dos extremos de un miembro de compresión único que rodea al menos parcialmente la parte corporal.

Al menos dos unidades de accionamiento se pueden disponer en paralelo, estando cada unidad de accionamiento dispuesta para apretar al menos un miembro de compresión.

- 15 Las unidades de accionamiento se pueden disponer para apretar los miembros de compresión tirando de ellos en direcciones opuestas.

El dispositivo puede tener un tamaño y estar adaptado para formar una camisa alrededor de la parte corporal.

El dispositivo se puede formar como una lámina que tiene partes de borde opuestas provistas de miembros de conexión para conectar dichas partes de borde entre sí para formar dicha camisa.

- 20 La unidad de accionamiento y el miembro de compresión, si existen, pueden formar una capa activa, el dispositivo puede comprender al menos uno de: una capa sensora, dispuesta entre la capa activa y la parte corporal; una capa interior, dispuesta entre la capa sensora o la capa activa y la parte corporal; y una capa exterior, dispuesta fuera de la capa activa.

La capa interior y la capa sensora se pueden integrar para formar una capa desechable.

- 25 Una capa desechable de este tipo puede comprender medios para conectar mecánicamente o eléctricamente con la capa activa.

Una capa desechable de este tipo puede comprender medios para transferir una señal desde la capa desechable hasta la capa activa o hasta una unidad de control, que es externa al dispositivo.

- 30 De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un sistema que comprende un dispositivo como se ha descrito anteriormente y una unidad de control, conectada al dispositivo y dispuesta para proporcionar una señal de control al dispositivo.

En el sistema, el dispositivo puede comprender una capa sensora que incluye al menos un elemento sensor, en el que la unidad de control está dispuesta para recibir una señal de retroalimentación desde el sensor. La unidad de control puede estar integrada al menos parcialmente con el dispositivo.

Breve descripción de los dibujos

- 35 Las Figuras 1a-1d ilustran esquemáticamente una parte corporal, provista de un dispositivo de compresión. La Figura 2 es una vista ampliada en perspectiva esquemática de algunos constituyentes de un dispositivo de compresión de acuerdo con una realización. La Figura 3 es una vista en corte esquemática de una unidad de accionamiento de acuerdo con una primera realización.
- 40 La Figura 4 es una vista en corte transversal esquemática de una parte corporal provista de un dispositivo de compresión. Las Figuras 5a-5c ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento de acuerdo con una segunda realización. Las Figuras 6a y 6b ilustran esquemáticamente parte de una unidad de accionamiento de acuerdo con una tercera realización.
- 45 Las Figuras 7a-7c ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento de acuerdo con una cuarta realización. Las Figuras 8a-8b ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento de acuerdo con una quinta realización.
- 50 La Figura 9 ilustra esquemáticamente parte de un dispositivo de accionamiento de acuerdo con una sexta realización. Las Figuras 10a-10d ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento de acuerdo con una séptima

realización.

La Figura 11 ilustra esquemáticamente una unidad de accionamiento de acuerdo con una octava realización.

La Figura 12 ilustra esquemáticamente señales de activación para la unidad de accionamiento de la Figura 11.

Las Figuras 13a-13c ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento de acuerdo con una novena realización.

Las Figuras 14a-14g ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento de acuerdo con una décima realización.

Las Figuras 15a-15b ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento de acuerdo con una undécima realización.

La Figura 16 ilustra esquemáticamente una unidad de accionamiento de acuerdo con una duodécima realización.

La Figura 17 ilustra esquemáticamente una unidad de accionamiento de acuerdo con una decimotercera realización.

La Figura 18 ilustra esquemáticamente una unidad de accionamiento de acuerdo con una decimocuarta realización.

Las Figuras 19a-19b ilustran esquemáticamente partes de una unidad de accionamiento de acuerdo con una versión de la decimocuarta realización.

Las Figuras 20a-20b ilustran esquemáticamente partes de una unidad de accionamiento de acuerdo con otra versión de la decimocuarta realización.

La Figura 21 es un diagrama de bloques, que ilustra esquemáticamente componentes del dispositivo de compresión.

La Figura 22 es un diagrama de bloques, que ilustra esquemáticamente componentes del dispositivo de compresión de acuerdo con otra realización.

La Figura 23 es un diagrama de bloques, que ilustra esquemáticamente componentes del dispositivo de compresión de acuerdo con otra realización.

Las Figuras 24a-24b ilustran esquemáticamente diseños de miembros de sujeción de acuerdo con una primera realización.

Las Figuras 25a-25b ilustran esquemáticamente diseños de miembros de sujeción de acuerdo con una segunda realización.

Las Figuras 26a-26e ilustran esquemáticamente diseños de miembros de sujeción y/o miembros móviles de acuerdo con una tercera realización.

Las Figuras 27a-27l ilustran esquemáticamente diseños adicionales de miembros de sujeción y/o miembros móviles.

Las Figuras 28a-28f ilustran esquemáticamente diseños adicionales de miembros de sujeción y/o miembros móviles.

Descripción de realizaciones

Las Figuras 1a-1d, ilustran esquemáticamente dispositivos de compresión 1 dispuestos alrededor de una parte corporal respectiva 2. La parte corporal ilustrada es únicamente ilustrativa. Se comprende que un dispositivo de compresión se podría formar para ajustarse a cualquier parte corporal deseada, tal como un pie, una pierna, un muslo, un antebrazo, un brazo, torso, abdomen etc. Cada dispositivo de compresión 1 comprende una unidad de accionamiento 10 que puede tener un conector 12 para conexión a por ejemplo una fuente de alimentación externa (no mostrada), dispositivo controlador (no mostrado) o de supervisión (no mostrado). También se indica una tela exterior 13 del dispositivo de compresión 1. Además, el dispositivo de compresión 1 puede tener la forma de una lámina, que se ha de envolver alrededor de la parte corporal, por lo cual partes del borde de la misma se conectan entre sí mediante una disposición de unión 11, que puede tener la forma de un dispositivo de gancho y bucle (tal como Velcro®), una cremallera, botones, cordones, cinta adhesiva etc. Como otra opción, el dispositivo de compresión podría formar una camisa elástica, es decir una camisa que no tiene una disposición de unión.

En las realizaciones ilustradas en la Figuras 1a-1b se proporciona una unidad de accionamiento única 10, mientras que, en las realizaciones ilustradas en Las Figuras 1c-1d, se proporcionan dos unidades de accionamiento 10, en paralelo, con una sección de electrónica 17, que se puede disponer entre las unidades de accionamiento 10.

La Figura 2 es una vista ampliada en perspectiva esquemática de algunos constituyentes de un dispositivo de compresión de acuerdo con una realización. En la realización ilustrada en la Figura 2, el dispositivo de compresión comprende una capa exterior 13 y una capa interior 16. Por claridad, no se ilustran la electrónica, batería, cables, unidad de recarga, etc. en la Figura 2.

Entre las capas exterior e interior 13, 16, puede existir dispuesta una capa de accionador 14, que comprende una o más unidades de accionamiento 10 y, según pueda ser el caso, uno o más miembros de compresión 20.

La unidad de accionamiento y los miembros de compresión se pueden diseñar de acuerdo con cualquiera de las realizaciones descritas más adelante. Las combinaciones de tales realizaciones también se pueden proporcionar.

En la realización ilustrada en la Figura 2, se disponen tres unidades de accionamiento 10 en una base flexible opcional 21, que se prolonga en paralelo con la parte corporal 2 (Figura 1). Los miembros de compresión 20a, 20b

se prolongan desde los accionadores 10, de forma de rodear al menos parcialmente la parte corporal 12 (Figura 1) cuando el miembro de compresión se está usando.

- 5 Además, se puede proporcionar una capa sensora opcional 15 entre la capa accionadora 14 y la parte corporal 2. La capa sensora puede comprender uno o más sensores o serie de sensores 30, que se pueden usar para medir por ejemplo la presión (por ejemplo, presión superficial o presión sanguínea), temperatura, flujo (por ejemplo, flujo sanguíneo), según sea necesario en el tratamiento.

El sensor o los sensores de la capa sensora se pueden conectar a una unidad de control para proporcionar retroalimentación durante el uso del dispositivo de compresión.

- 10 La capa exterior 13 se puede seleccionar de forma de proporcionar un exterior atractivo al dispositivo de compresión 2 y de proteger el dispositivo de compresión frente al entorno externo, por ejemplo, fluidos, polvo, caspa etc.

La capa exterior también puede estar provista de una interfaz de usuario, por ejemplo, que comprende uno o más dispositivos de entrada, tales como botones etc. y uno o más dispositivos de salida, tales como una pantalla, lámparas de indicación, etc.

- 15 La capa interior 16 se puede seleccionar de forma de proporcionar una transición suave entre la capa accionadora y la parte corporal 2. La capa interior 16 también se puede seleccionar de forma de proteger el dispositivo de compresión frente a fluidos, polvo, caspa, etc. La capa interior también se puede seleccionar de forma absorber exudados. Es posible proporcionar la capa interior como, por ejemplo, un material de almacenamiento o absorbente desechable.

- 20 Se reconoce que la capa interior puede comprender varias capas, cada una realizando una función diferente y algunas de las cuales son desechables y/o reemplazables.

- 25 También, una o más capas se pueden integrar entre sí. Por ejemplo, una capa interior se podría integrar con la capa sensora, una capa exterior se podría integrar con la capa accionadora y los sensores se podrían integrar en, por ejemplo, el interior de los miembros de compresión, es decir, integrados con la capa accionadora. Como otra alternativa, la capa accionadora y la capa interior, y opcionalmente la capa sensora se pueden integrar. Como otra alternativa, todas las capas pueden estar integradas, opcionalmente, con la unidad de accionamiento formando una parte desmontable y reutilizable.

- 30 La unidad de accionamiento 10 comprende una accionador de material activo, como se ha definido anteriormente. Los ejemplos de materiales activos incluyen materiales tales como piezocerámica, cerámicas electrostrictivas, magnetostrictores, aleaciones de memoria activados por campo H y polímeros ferroeléctricos (por ejemplo, piezoeléctrico, electrostrictivo, estrés de Maxwell y compuestos).

Los ejemplos adicionales de materiales activos incluyen polímeros conductores, nanotubos de carbono, IPMC y aleaciones de memoria activadas por temperatura.

Ejemplos adicionales de materiales activos incluyen geles, polímeros de memoria (activados por temperatura o pH).

- 35 La unidad de accionamiento se puede disponer para apretar de forma gradual el miembro de compresión, de forma que se produce un golpe de compresión mediante el accionador realizando al menos dos, preferentemente un número mayor de ciclos o etapas de movimiento.

Por ejemplo, los piezocerámicos, cerámicas electrostrictivas y magnetostrictores pueden usar decenas a cientos de miles de ciclos o etapas para la producción de un golpe de compresión deseado.

- 40 Las aleaciones de memoria, polímeros conductores, IPMC y algunos polímeros ferroeléctricos pueden usar cientos a miles de ciclos o etapas para producir un golpe de compresión deseado.

Algunos polímeros ferroeléctricos y algunos polímeros conductores pueden usar decenas a cientos de ciclos o etapas para producir un golpe de compresión deseado.

En general, puede ser deseable un número grande de etapas para simplificar cualquier mecanismo de retroalimentación existente, ya que la diferencia de presión entre dos ciclos o etapas puede ser insignificante.

- 45 Además, en vista del comportamiento cíclico del accionador, con el fin de proporcionar un movimiento para apretar el miembro de compresión 20 alrededor de la parte corporal, se pueden necesitar medios de rectificación o de otra manera el miembro de compresión podría simplemente moverse hacia adelante y hacia atrás con una frecuencia correspondiente a la frecuencia de funcionamiento del accionador y con una amplitud muy baja, prácticamente ineficaz, para comprimir la parte corporal subyacente.

- 50 En algunas realizaciones, el medio de rectificación se puede proporcionar por medio del accionador que realiza un movimiento asimétrico o elíptico. Por ejemplo, un movimiento asimétrico se puede proporcionar por la morfología del accionador y se puede proporcionar por curvadores, pilas, platos, accionadores multi-DOF. Opcionalmente, dos o

más accionadores pueden funcionar en paralelo con una fase de latencia para producir el movimiento, en cuyo caso los accionadores también pueden ser simétricos.

También se pueden proporcionar medios de rectificación activando el material activo en un modo de vibración resonante o anti-resonante, por ejemplo, usando electrodos múltiples, accionadores de forma asimétrica, módulos acoplados, ondas de desplazamiento o incluso accionadores múltiples.

Se puede proporcionar un mecanismo de interfaz entre el accionador y un miembro de sujeción, que realiza el movimiento asimétrico o elíptico. Se puede hacer uso de los modos resonante o anti-resonante del mecanismo de interfaz, por ejemplo, dándole una forma adecuada. El mecanismo de interfaz también se puede usar para proporcionar amplificación del movimiento.

También es posible usar accionadores múltiples que funcionen en paralelo con una latencia de fase.

Otra alternativa es proporcionar trinquetes de micro o meso escala en el miembro de sujeción o en el miembro móvil. También es posible proporcionar un accionador principal para el movimiento de avance o retroceso y un accionador secundario para controlar la interacción entre el miembro de sujeción y el miembro móvil.

Se reconoce además que el uso de un accionador “de salto” puede requerir que la frecuencia de salto sea más elevada que las características dinámicas del cuerpo y el miembro de compresión, de forma que el miembro de compresión no se moverá (deslizará) por inadvertencia con respecto a la unidad de accionamiento durante la parte del ciclo del accionador en el que existe muy poca o ninguna fuerza que se esté transfiriendo.

También, si se desea un funcionamiento silencioso, la frecuencia de salto debe ser más de 20 kHz.

El salto de frecuencia más baja se puede combinar con una disposición de bloqueo de inercia para evitar el deslizamiento.

Se puede proporcionar “doble fijación” mediante el funcionamiento coordinado de dos o más accionadores, en el que al menos un accionador sujeta el miembro móvil en cualquier momento dado.

Todas las realizaciones divulgadas en el presente documento proporcionan auto bloqueo de apagado, mediante acoplamiento por fricción o mediante acoplamiento positivo, es decir, las mismas se mueven cuando se aplica potencia y retienen el miembro móvil cuando no se aplica potencia. Por lo tanto, los accionadores consumen potencia únicamente durante los períodos de movimiento.

El miembro de compresión puede ser un arnés o correa generalmente delgado y opcionalmente transpirable que es lo suficientemente flexible y/o curvable para adaptarse a la forma de la parte corporal. Opcionalmente, el miembro de compresión puede ser flexible.

El miembro de compresión 20 puede, en particular cuando existe únicamente una unidad de accionamiento en un lado de la parte corporal, comprender dos capas, una que se mueve debido a la acción de la unidad de accionamiento y una que es sustancialmente estacionaria con respecto a la parte corporal. Preferentemente, la fricción entre las capas debe ser baja, de forma de no transferir fuerzas de rotura a la parte corporal. Como alternativa, el miembro de compresión puede mostrar fricción baja con respecto a la capa interior 16.

Opcionalmente, el miembro de compresión puede tener una forma de manera de coincidir con un contorno de la parte corporal.

La disposición de la unión 11 se puede proporcionar en o conectado a, el miembro de compresión 20.

El miembro de compresión 20 se puede proporcionar en diferentes tamaños o longitudes y puede ser intercambiable, para ajustarse a partes del cuerpo de tamaño diferente.

También, la rigidez del miembro de compresión 20 se puede seleccionar para ajustarse a la aplicación pretendida: más rígido para profilaxis de TVP y otros tratamientos de compresión de tipo de velocidad alta o de impulso y menos rígido para tratamientos de compresión más pseudo-estáticos, tales como VLU o linfedema.

El miembro de compresión 20, junto con las capas interior y/o exterior 13, 16 y opcionalmente la capa sensora 15 se pueden elaborar a partir de materiales de bajo coste y se pueden incorporar en un envase desechable por razones de esterilización o por compromisos en el tiempo de vida/rendimiento.

La descripción ahora se referirá a diferentes realizaciones de la unidad de accionamiento 10.

La mayoría de las siguientes realizaciones se dirigen a materiales activados por campo E (es decir, ferroeléctricos), pero se pueden proporcionar usando otros tipos de materiales activos. Por ejemplo, una versión de polímero activado electroquímicamente necesitaría un electrolito y un contra-electrodo para asegurar el funcionamiento fiable a lo largo de varios ciclos. Un material con memoria activada por temperatura necesitaría una fuente de calor (un sistema de suministro de resistencia o fluido/aire) y un medio de enfriamiento, tal como un disipador de calor, un

dispositivo fluido/suministro o de Peltier.

Los dispositivos pueden tener ligeras diferencias debido a las características de expansión/contracción de los materiales. Por ejemplo, los polímeros y cerámica, cuando se excitan, con frecuencia se expanden a lo largo de un eje principal, mientras que se contraen a lo largo de otro eje, mientras que las aleaciones de memoria se puede hacer que se contraigan. Las señales de activación podrían ser diferentes con respecto al voltaje, corriente, frecuencia de funcionamiento y forma de onda. Algunos materiales, por ejemplo, aleaciones de memoria, pueden necesitar un muelle de presión para regresarlos a su configuración original. Un muelle de este tipo se podría implementar directamente en el accionador o doble como un muelle de presión, como se ha indicado en los ejemplos.

En algunas de las realizaciones divulgadas, el accionador puede tirar directamente del miembro de compresión. Sin embargo, esto no es necesario y algunas veces ni siquiera es deseable. En lugar de ello se puede proporcionar un miembro de conexión, que puede estar unido o que se puede unir al miembro de compresión, mientras que otra parte del mismo interactúa con el accionador. Esto puede ser deseable para evitar que los exudados entren en la región del contacto del accionador. También, puede ser deseable usar el miembro de conexión para transformar la energía entre el accionador y el miembro de conexión para ajustarse mejor a la dinámica del cuerpo y el accionador, para mejorar el tiempo de vida o para posibilitar la reutilización del accionador y sus miembros de conexión, mientras que el miembro de compresión puede ser desechable.

En todas las realizaciones, se puede proporcionar un "fusible" mecánico para proteger al usuario y/o el accionador frente a fuerzas excesivas. Los ejemplos de tales fusibles pueden ser un sujetador de tipo de gancho y bucle, una tela con un diseño en resistencia a la rotura, sujetadores usados comúnmente tales como botones o broches de liberación rápida o una tela/material súper elástico/plástico con una meseta en su comportamiento de tensión deformación. Tales telas y materiales se conocen por los expertos en el campo de la compresión médica.

Como alternativa, se puede proporcionar un fusible mecánico diseñando el miembro de sujeción y el miembro móvil de forma de deslizarse cuando la fuerza ejercida por el miembro de compresión sobre el miembro móvil exceda la fuerza de fricción entre el miembro de sujeción y el miembro móvil.

La Fig. 3 es una vista en corte esquemática de una unidad de accionamiento 100 de acuerdo con una primera realización, que se puede disponer como se indica en las Figs. 1a-1d, 2 y 4. Como un ejemplo no limitante, esta realización se puede proporcionar usando un curvador con electrodos múltiples de material activo resonante. En un dispositivo de este tipo, la rectificación se puede conseguir mediante una interfaz de fricción. La unidad de accionamiento 100 se puede prolongar en una dirección perpendicular al corte, a lo largo de todo o parte del dispositivo de compresión 1.

La unidad de accionamiento 100 comprende una carcasa 107a, 107b, en la que una primera parte 107a de la carcasa sostiene un sustrato flexible 102, sobre el cual está dispuesto un accionador 101. El accionador tiene un miembro de sujeción 106 que protruye desde el accionador y hacia la segunda parte 107b de la carcasa. La segunda parte de la carcasa sostiene un muelle de presión 103.

Un miembro móvil 120, que puede estar integrado con o conectado al miembro de compresión, se sujeta entre el muelle de presión 103 y el miembro de sujeción 106. El sustrato flexible 102 se puede disponer para proporcionar presión adicional del miembro de sujeción 106 hacia el miembro móvil 120.

El accionador 101 se puede proporcionar como un material activo resonante, que tiene amplificación incorporada, en lugar de un mecanismo de amplificación separado. Mediante el uso de dos conjuntos de electrodos 104, 105, se puede proporcionar al accionador 101 y por lo tanto también al miembro de sujeción 106, en una manera conocida *per se*, un movimiento bidimensional, como se indica por los números de referencia R1 y R2. La fase entre los electrodos se puede usar para controlar la dirección (R1 o R2) y la velocidad del movimiento del miembro de sujeción. También, la densidad de la potencia será más elevada si ambos conjuntos de electrodos 104, 105 se activan que si los mismos se excitan individualmente.

Los detalles acerca de cómo proporcionar el accionador se pueden encontrar en los documentos US 6.765.335 B2, US 2002/0074901 A1 y US 6.870.304.

La capacidad de fuerza de esta realización se determina en gran parte mediante el muelle de presión, la amplitud posible del movimiento del curvador fuera de plano y la elasticidad equivalente del miembro móvil 120 y el accionador 101. También, la provisión de un sustrato flexible de fuerza elevada 102 aumenta la capacidad de fuerza proporcionando soporte para el material activo, mejor calidad acústica y mayor resistencia a la fatiga, permitiendo una fuerza de presión más grande entre el miembro de sujeción y el miembro móvil, sin dañar el material activo. Esto también permite dar forma a las ondas de vibración para el funcionamiento resonante.

Por lo tanto, la dirección del movimiento (D1 o D2) del miembro móvil 120 se controla mediante el movimiento (R1 o R2) del miembro de sujeción 106.

La Fig. 4 es una vista en corte transversal esquemática de una parte corporal 2 provista de un dispositivo de

compresión. Con fines de ilustración, este dispositivo de compresión comprende cuatro unidades de accionamiento 100a, 100b, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1300, 200', 900, 1100 y 1200, que se pueden seleccionar de forma arbitraria entre aquellas descritas en la presente divulgación.

5 Una primera disposición de unidad de accionamiento se proporciona en la parte superior de la Fig. 4, comprendiendo esta disposición dos unidades de accionamiento de dirección única, 100a, 100b, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1300, que se disponen en una base flexible 21 y están conectadas a un miembro móvil respectivo, que se puede integrar con o conectarse al miembro de compresión 20. Las unidades de accionamiento 100a, 100b cada una tira de un miembro de compresión respectivo 20 en la dirección D1 para apretar el miembro de compresión.

10 Se proporciona una segunda disposición de unidad de accionamiento en la parte izquierda inferior de la Fig. 4, comprendiendo esta disposición una unidad de accionamiento de dos direcciones 200', 900, 1100, es decir una unidad de accionamiento dispuesta para tirar simultáneamente de dos miembros de compresión 20. Esta unidad de accionamiento también se puede montar en una base flexible 21.

15 Una tercera disposición de unidad de accionamiento se proporciona en la parte derecha inferior de la Fig. 4, comprendiendo esta disposición una unidad de accionamiento que se expande radialmente 1200, que tira expandiéndose en una dirección radial DR y puede tirar de uno o dos miembros de compresión 20.

Esta unidad de accionamiento también se puede montar en una base flexible 1221.

20 Además, en la Fig. 4, se indica una disposición de unión 11, que se puede usar para conectar dos bordes del dispositivo de compresión de manera de formar una camisa y también ajustar el tamaño del dispositivo de compresión.

Se reconoce que una o más de las disposiciones de la unidad de accionamiento se pueden proporcionar, según sea necesario, en el dispositivo de compresión.

25 Las Figs. 5a-5c ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento 200 de acuerdo con una segunda realización, en la que se proporciona un mecanismo de transmisión de potencia 208 entre un miembro de sujeción 206 y un husillo 209, sobre el cual está enrollado un miembro de compresión 220 o un miembro de conexión, conectado al miembro de compresión 220. El accionador de las Figs. 5a-5c puede usar un material activo resonante, tal como piezocerámica, por ejemplo, en forma de una pila con electrodos múltiples o material a granel activado a una frecuencia resonante o anti-resonante adecuada. La Fig. 5a ilustra una mitad de la unidad de accionamiento 200, que puede ser simétrica alrededor de la línea de simetría L. El accionador 201 con los conjuntos de electrodos 30 204, 205 y muelles de presión 203 se pueden proporcionar en una carcasa 207, similar a la realización de la Fig. 3.

35 Sin embargo, en lugar de que el miembro de sujeción 206 actúe directamente sobre el miembro de compresión 220, el miembro de sujeción 206 actúa sobre una superficie de contacto 210 de una rueda 208 o estructura con forma de disco. Por lo tanto, la rueda 208 forma un miembro móvil. La superficie de contacto 210 se puede proporcionar en un diámetro exterior de la rueda, mediante el cual el husillo 209, que tiene un diámetro más pequeño, se puede conectar de forma fija a y girar con la rueda 208, alrededor de un eje común. Por lo tanto, la proporción entre la superficie de contacto 210 y el huso constituirá una relación de engranaje del mecanismo de transmisión de potencia.

La Fig. 5b ilustra una unidad de accionamiento de dirección única 200, mientras que la Fig. 5c ilustra una unidad de accionamiento de dos direcciones 200' que tira de dos miembros de compresión 220a, 220b.

40 La rueda 208, o al menos la superficie de contacto 210 puede estar hecha a partir de un material resistente al desgaste, tal como una cerámica o un metal.

La unidad de accionamiento 200, 200' puede estar provista de un accionador único o accionadores dobles, funcionando en ruedas colocadas en extremos diferentes del huso 209. La fase entre los conjuntos de electrodos se puede usar para determinar la dirección del movimiento y la velocidad.

45 Se pueden usar otros mecanismos de transmisión diferentes a un husillo.

El accionador de las Figs. 5a-5c puede, como un ejemplo, también diseñarse de forma similar al de la Fig. 3, haciendo referencia a los documentos US 6.765.335 B2, US 2002/0074901 A1 o US 6.870.304.

50 Las Figs. 6a y 6b ilustran esquemáticamente parte de una unidad de accionamiento 300 de acuerdo con una tercera realización, cuyo accionador se puede proporcionar mediante un mecanismo de amplificación del movimiento resonante que utiliza múltiples modos de vibración o modos de vibración acoplada de un cuerno de resonancia o accionador.

En las Figs. 6a y 6b, la carcasa se ha dejado fuera para claridad. Se ha dispuesto un par de accionadores 301a, 301b, con un punto de sujeción respectivo 311 a una carcasa o marco de la unidad de accionamiento 300 y conectados a una estructura de amplificación 312, que puede ser, por ejemplo, un cuerno micro-moldeado de metal

o polímero de baja pérdida acústica. El cuerno puede tener uno o más puntos de sujeción adicionales con la carcasa o marco de la unidad de accionamiento 300.

Además, la estructura de amplificación 312 puede estar provista de un miembro de sujeción 306, que ha de interaccionar con un miembro móvil 320, que puede ser el miembro de compresión o un miembro de conexión conectado al mismo. Un muelle de presión 303 se puede disponer entre un punto de unión 313 y el miembro móvil 320, de forma de proporcionar una fuerza de fricción entre el miembro de sujeción 306 y el miembro móvil 320.

El miembro de sujeción 306 y/o el miembro móvil 320 pueden estar provistos de un revestimiento resistente al desgaste, tal como cromo, cerámica o un revestimiento de polímero generado por ingeniería. El miembro de sujeción 306 y/o el miembro móvil 320 también pueden estar provistos de un revestimiento de potenciación de la fricción o una estructura de superficie. Los accionadores 301a, 301b se pueden activar a frecuencias predeterminadas para provocar que la estructura de amplificación 312 proporcione un movimiento de avance o de retirada (R1, R2) del miembro de sujeción 306 y un movimiento correspondiente de avance (apriete) R1 o retirada (liberación) D2 del miembro móvil 320.

Para posibilitar que se consiga una fuerza elevada, el accionador se debe colocar en nodos laterales del cuerno de resonancia 312 como se ilustra en la Fig. 6a. También, la asimetría en el movimiento del miembro de sujeción potencia la capacidad de fuerza proporcionando un vector de fuerza del miembro de sujeción hacia el miembro móvil, que está inclinado con relación al miembro móvil y que tiene componentes tanto paralelos como perpendiculares a la dirección pretendida de movimiento D1.

La capacidad de fuerza adicional se puede proporcionar mediante accionadores dobles, uno en cada cara del miembro móvil 320.

También es posible disponer la estructura de amplificación 312 de forma que el miembro de sujeción 306 actuará sobre un mecanismo de transmisión, como se ha descrito con respecto a las Figs. 5a-5c, Fig. 9 y Fig. 17. Un mecanismo de transmisión de este tipo puede aumentar adicionalmente la capacidad de fuerza.

Las frecuencias de excitación apropiadas para esta configuración dependen enormemente de la forma de la estructura de cuerno de resonancia. Los movimientos lateral y transversal del miembro de sujeción se pueden determinar como funciones de frecuencia. Esas funciones pueden, a su vez, determinarse mediante la forma, puntos de unión, entradas de accionador y propiedades mecánicas del cuerno de resonancia. En particular, la forma del cuerno puede tener un efecto principal sobre el nivel de amplificación que se puede conseguir. A medida que la forma del cuerno se rebaja hasta el miembro de sujeción, la amplitud de la vibración dentro del material aumentará en correspondencia con el rebaje. Por lo tanto, la amplitud de vibración máxima se puede conseguir en el miembro de sujeción y se puede maximizar la producción de fuerza resultante. Generalmente se requiere simulación computarizada para optimizar los parámetros para un diseño particular.

El cuerno ilustrado en las Figs. 6a-6b no es una realización lista para la producción y, por lo tanto, puede necesitar optimización en términos de la curvatura de la inclinación hacia el miembro de sujeción, los ángulos de cada pierna del cuerno, el posicionamiento del accionador y del punto de unión, la selección del material en el punto de unión (procedimiento de unión), el tamaño del miembro de sujeción necesario y las ecuaciones generales del contorno del molde para maximizar la canalización de onda y teniendo debidamente en cuenta las tolerancias de fabricación.

Los accionadores preferidos para las realizaciones de las Figs. 6a-6b incluyen materiales de polímero activados por campo E, materiales de cerámica/cristal, materiales magnetostrictivos o material con memoria activado por campo H.

La dirección ilustrada DA de movimiento del accionador es simplemente una opción y también puede necesitar optimización como se ha descrito anteriormente.

Las Figs. 7a-7c ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento 400 de acuerdo con una cuarta realización, que se puede proporcionar como un accionador similar al descrito con respecto a las Figs. 6a y 6b.

En esta realización, el dispositivo de accionamiento 400 comprende una carcasa 407 y uno o más accionadores 401, que se extienden en un plano que es sustancialmente paralelo con un plano en el que se tiene que mover el miembro móvil 406. A partir de una superficie del accionador enfrentada al miembro móvil 420, protruyen una pluralidad de miembros de sujeción 406, mediante lo cual se proporciona una estructura de amplificación respectiva 412 entre cada miembro de sujeción 406 y el accionador. Los accionadores se pueden disponer en uno o ambos lados de los miembros móviles 420, como se ilustra en las Figs. 4b y 4c.

Los accionadores se pueden presionar mediante muelles de presión 403 hacia el miembro móvil 420 y se pueden proporcionar electrodos 404, 405 y 414 similar a lo que se ha divulgado en las Figs. 3 y 5a-5c.

Con referencia a la Fig. 7c, la estructura de amplificación 412 se puede diseñar para dotar al miembro de sujeción 406 de un primer componente de movimiento B1, por ejemplo, mediante un movimiento de flexión de la estructura de amplificación. Además, la estructura de amplificación 412 se puede diseñar para proporcionar al miembro de

sujeción un segundo componente de movimiento E1, por ejemplo, mediante un movimiento de extensión de la estructura de amplificación 412.

Mediante el control de las frecuencias de activación y/o la fase aplicada a los electrodos 404, 405, se puede proporcionar movimiento de avance (R1, D1) o retirada (R2, D2) del miembro móvil 420 combinando los movimientos fuera de fase B1 y vibratorio D1, donde el cambio de fase entre B1 y E1 y las magnitudes de B1 y E1 son funciones de la frecuencia. Esas funciones se pueden determinar mediante la forma, puntos de unión y propiedades mecánicas del cuerno de resonancia.

Para conseguir una fuerza elevada con la realización de las Figs. 7a-7c, el número de miembros de sujeción 406 se debe maximizar. En realidad, las tolerancias de fabricación pueden limitar el número de miembros de sujeción que se pueden proporcionar a un coste comercialmente viable.

Las configuraciones ilustradas en las Figs. 6a-6b y 7a-7c posibilitan que se proporcione un accionador muy delgado, a la vez que se mantiene una elevada capacidad de fuerza, ya que las mismas permiten que tanto material activo como sea posible se disponga en un diseño de perfil bajo. Por ejemplo, los accionadores ilustrados en la Fig. 6a-6b y 7a-7c se pueden elaborar tan delgados como 3-6 mm, mientras que tienen 30-40 mm de largo, en la dirección paralela a la parte corporal. La configuración del accionador en, por ejemplo, el documento US 6.870.304 no puede conseguir esto, ya que la fuente de vibración en el mismo siempre está configurada en una manera transversa al mecanismo de empuje. Por lo tanto, los accionadores del documento US 6.870.304 necesitan un mecanismo de transmisión, por ejemplo, como se ha descrito en el presente documento con respecto a las Figs. 5a-5c.

Las Figs. 8a-8b ilustran esquemáticamente una unidad accionamiento 500 de acuerdo con una quinta realización. En esta realización, la unidad de accionamiento 500 comprende una carcasa 507, en la que está dispuesto un motor rotativo de onda de desplazamiento resonante, un motor rotativo de onda estacionaria, un motor de onda de desplazamiento desplazada, un motor ultrasónico rotativo general o un motor similar 501. Tales motores se conocen por los expertos. Un eje de salida (no mostrado) del motor 501 se conecta a través de un mecanismo de transmisión 518 a un huso 509, dispuesto entre soportes del huso 515a, 515b. El huso se puede disponer de forma análoga a las Figs. 5a-5c.

El mecanismo de transmisión de las Figs. 8a y 8b comprende una primera rueda dentada en contacto con el eje de salida del motor y una segunda rueda dentada, que está en contacto angular con la primera rueda dentada y conectada al huso 509. Mientras que las ruedas dentadas son una opción, las ruedas de fricción pueden ser otra opción para el mecanismo de transmisión.

Dependiendo de la dirección de rotación del motor 501 (R1 o R2), el miembro de compresión 520 se puede enrollar en (D1) o desenrollar (D2) del huso. La dirección y velocidad de rotación del motor se puede controlar mediante una fase entre secciones del rotor excitadas, es decir, velocidad de onda de desplazamiento.

Los motores a los que se hace referencia con respecto a las Figs. 8a-8b también se pueden montar directamente en el eje del huso, con la condición de que se proporcione un par suficientemente elevado.

Para una descripción adicional de motores ultrasónicos, se hace referencia a Toshiiku, S., Kenjo T.: An Introduction to Ultrasonic Motors, Clarendon Press, Oxford, 1993.

La Fig. 9 ilustra esquemáticamente parte de una unidad de accionamiento 600 de acuerdo con una sexta realización. En esta realización, que es similar a la descrita con referencia a las Figs. 5a-5c, se disponen un par de accionadores separados 601a, 601b en un ángulo inclinado, preferentemente agudo, a una rueda 608, un accionador para cada dirección. La rueda 608, en su giro, se conecta a un huso 609, sobre el cual el miembro de compresión 620 o un miembro de conexión conectado al mismo, se puede enrollar. Por tanto, mediante la activación de un primer accionador 601a, el miembro de sujeción 606 se moverá en la dirección indicada por el número de referencia R1, mediante lo cual el miembro de compresión 620 se moverá en la dirección indicada por el número de referencia D1. De forma opuesta, mediante la activación del segundo accionador 601b, el miembro de sujeción 606 se moverá en la dirección opuesta R2 y el miembro de compresión 620 se moverá en la dirección opuesta de D2. Como alternativa, los accionadores se pueden activar juntos con una diferencia de fase para proporcionar efectos similares. Los accionadores, que cada uno puede estar provisto de una configuración de pila o como accionadores a granel, se pueden activar en su primera frecuencia de resonancia o anti-resonancia longitudinal respectiva.

Los accionadores 601a, 601b se pueden montar con relación a la carcasa 607 usando soportes elásticos 603.

Los accionadores también pueden comprender múltiples conjuntos de electrodos, de forma que se puede establecer una combinación de flexión y vibración longitudinal en cada accionador. Esto permite que se produzca un movimiento elíptico más controlado por el miembro de sujeción.

Las Figs. 10a-10b ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento 700 de acuerdo con una séptima realización. En esta realización, la unidad de accionamiento 700 comprende una carcasa 707a, 707b, a través o dentro de la cual se puede deslizar un miembro de compresión 720 o un miembro de conexión conectado al mismo. El miembro de compresión 720 puede estar provisto de una estructura de trinquete 722, que comprende al menos

dos, preferentemente una pluralidad de, superficies de bloqueo 722a y un número sustancialmente correspondiente de superficies de rampa 722b. Las superficies de bloqueo 722a pueden todas tener la misma dirección, típicamente la dirección D2 en la que se tiene que conseguir el efecto de bloqueo.

5 Un accionador, que puede comprender primera y segunda secciones de accionador 701a, 701b, se puede disponer en una o ambas caras del miembro de compresión 720. Una primera sección de accionador 701a, puede tener una sección transversal alargada que forma un ángulo agudo con relación al miembro de compresión 720 y puede ser extensible tras la activación, de forma de engranar con la superficie de bloqueo 722, empujando de ese modo al miembro de compresión 720 en la dirección indicada por el número de referencia D1. La parte más externa del accionador puede formar un miembro de sujeción 706 adaptado para interacción con la estructura de trinquete 722.

10 El accionador 701a, 701b y el miembro de compresión 720 se pueden presionar el uno hacia el otro mediante muelle de presión 703a, 703b.

La segunda sección de accionador 701b, que es opcional se puede disponer para flexionar el accionador, de forma que el miembro de sujeción 706 se mueve lejos del engranaje con la estructura de trinquete 722.

15 Las Figs. 10b-10d ilustran una secuencia de movimiento de la unidad de accionamiento 700 ilustrada en la Fig. 10a. En una primera fase, ilustrada en la Fig. 10b, la primera sección de accionador 701a se extiende, preferentemente lentamente, mientras está en contacto con una superficie de bloqueo en la estructura de trinquete 722, de forma de mover la estructura de trinquete 722 y el miembro de compresión 720 en la dirección de DA1.

20 En una segunda fase, ilustrada en la Fig. 10c, la primera sección de accionador 701a se contrae a una velocidad más elevada que la velocidad de extensión en la primera fase, de forma de engranar la superficie de bloqueo a la derecha de la superficie de bloqueo engranada en la primera fase. Por lo tanto, el miembro de sujeción se moverá como se indica por la flecha DA2. Típicamente, la velocidad de esta fase tiene que ser más elevada que el primer modo natural del sistema creado por la parte corporal y el miembro de compresión.

25 Típicamente, el tiempo de etapa máximo para esta segunda fase tiene que ser menor que el tiempo de respuesta asociado del sistema creado por el miembro de compresión en la parte corporal. Para aplicaciones en las que el miembro de compresión es razonablemente rígido en comparación con la parte corporal, la recuperación elástica de la parte corporal determinará el tiempo de etapa más lento permisible. En aplicaciones en las que el miembro de compresión es razonablemente suave en comparación con la parte corporal, la recuperación elástica del miembro de compresión determinará el tiempo de etapa más lento permisible.

30 Preferentemente el tiempo de etapa para esta fase puede ser el 5% o menos que el tiempo de recuperación para el sistema creado por el miembro de compresión y la parte corporal para asegurar la dinámica de compresión y la eficacia global adecuada.

Las primera y segunda fases se repiten para avanzar macroscópicamente el miembro de compresión 720 en la dirección D1.

35 En una tercera fase, ilustrada en la Fig. 10d, se activa el segundo accionador 701b, de forma de provocar que el miembro de sujeción se mueva lejos de la estructura de trinquete 722, permitiendo de ese modo un movimiento libre del miembro de compresión también en la dirección D2. El miembro de sujeción de ese modo se moverá en la dirección indicada por la flecha DA3. Las primera y segunda secciones de accionador se pueden disponer como una estructura bicapa, mediante la cual se puede conseguir un movimiento de flexión mediante el accionamiento de la segunda sección del accionador 701b. Los movimientos de las primera y segunda secciones de accionador se pueden coordinar para reducir los estreses sobre las secciones y reforzar el rendimiento. Tal movimiento coordinado de las secciones de accionador 701a y 701b también puede suavizar el funcionamiento del dispositivo extendiendo de ese modo el tiempo de vida del componente, reduciendo la transmisión de vibración de etapa a la carcasa o reduciendo el ruido audible.

45 La retroalimentación rápida de la segunda fase se puede proporcionar de diferentes maneras dependiendo del tipo de accionador usado. Los materiales activados por campo E se pueden someter a cortocircuito. Los polímeros conductores se pueden someter a voltaje inverso rápido y las aleaciones de memoria activadas por temperatura se pueden calentar rápidamente.

50 La estructura de trinquete 722 puede ser nano o meso escala y moldeada directamente en el miembro de compresión o en el miembro de conexión. La estructura de trinquete proporciona la rectificación y una capacidad de fuerza elevada.

55 Los accionadores descritos con respecto a las Figs. 10a-10d pueden tomar pasos más largos que los descritos previamente, típicamente desde aproximadamente 100 micrómetros hasta aproximadamente 1 mm o más. Estos también necesitan más material activo o materiales con una densidad de energía mayor. Aunque tales realizaciones pueden necesitar más material activo o materiales con densidad de energía mayor, que los ejemplos previos para conseguir potencia de salida similar, los mismos tienen algunas ventajas significativas con respecto a los enfoques de activación resonante, tal como vida más larga del miembro de sujeción y el miembro de conexión, estreses de

funcionamiento más bajos en el miembro de sujeción (que permiten la selección de material de fricción más elevada tales como polímeros y elastómeros), funcionamiento más silencioso (se pueden activar a menos de 20 kHz), requerimiento de tolerancia de fabricación más bajos, más control del movimiento del miembro de sujeción y potencialmente una fuerza de sujeción más elevada debido a la capacidad de usar superficies de enclavamiento fuertes entre el miembro de sujeción y el miembro de conexión.

Un par de unidades de accionamiento coordinadas tales como las descritas en las Figs. 10a-10d se pueden disponer para proporcionar un engranaje de avance coordinado.

La Fig. 11 ilustra esquemáticamente una unidad de accionamiento 800 de acuerdo con una octava realización. La Fig. 12 ilustra esquemáticamente señales de activación para las unidades de accionamiento de la Fig. 11. Esta realización es similar a la descrita con respecto a la Fig. 3 para aplicaciones que requieren fuerza de tracción más elevada. La unidad de accionamiento 800 comprende un sustrato flexible 802 que está dispuesto en una carcasa superior 807a y porta dos o más accionadores 801a, 801b que se pueden accionar individualmente. Los miembros de sujeción 806a, 806b protruyen desde el accionador respectivo hacia el miembro móvil 820, que puede ser un miembro de compresión o una parte de conexión conectada al mismo.

Se pueden proporcionar muelles de presión 803a, 803b en una carcasa inferior 807b para presionar el miembro móvil 820 hacia los miembros de sujeción 806a, 806b. Se puede proporcionar presión adicional mediante el sustrato flexible 802.

En una disposición alternativa, los muelles de presión 803a, 803b se pueden reemplazar con otro grupo de accionadores. El funcionamiento es similar al caso con muelles de presión, excepto que se pueden conseguir fuerzas más elevadas. En una situación de este tipo, accionadores opuestos, colocados opuestos al miembro de compresión 820, se activarían en fase los unos con los otros de forma que cada par de accionadores opuestos o miembros de sujeción opuestos, actuará para sujetar y liberar el miembro de compresión 820. Adicionalmente, en una realización alternativa de este tipo, el miembro de compresión 820 puede estar provisto de una textura similar a trinquete en ambas de sus superficies frente al accionador.

En esta realización, los accionadores 801a, 801b se pueden activar con una latencia de fase o retardo P, por ejemplo como se indica por la Fig. 12 que indica las señales S_{804a}, S_{805a}, S_{804b}, S_{805b} con el conjunto de electrodos respectivo 804a, 805a, 805a, 805b del accionador respectivo 801a, 801b.

Mediante la activación del primer conjunto de electrodos 804a, 804b del accionador respectivo 801a, 801b, se puede proporcionar un movimiento del miembro de sujeción correspondiente al número de referencia R1, dando como resultado un movimiento de apriete D1 del miembro móvil 820.

Mediante la activación del segundo conjunto de electrodos 805a, 805b del accionador respectivo 801a, 801b, se puede proporcionar un movimiento del miembro de sujeción correspondiente al número de referencia R2, que da como resultado un movimiento de liberación D2 del miembro móvil 820.

Por lo tanto, los accionadores se pueden controlar de forma que en cualquier punto en el tiempo, al menos uno de los miembros de sujeción 806a, 806b esté en contacto de transferencia de fuerza con el miembro móvil 820. Por tanto, los miembros de sujeción 806a, 806b pueden "caminar" sobre el miembro móvil 820.

Los miembros de sujeción 806a, 806b pueden ser asimétricos, micronervados o en forma de V, como se indica en las Figs. 25a-25b, 26a-26e, 27a-27l y/o 28a-28f. También, el miembro móvil 820 puede estar provisto de una estructura micronervada para interacción con la estructura de sujeción 806a, 806b. Como alternativa, se puede confiar en la fricción estática para generar una fuerza de sujeción estática.

Las propias unidades de accionamiento se pueden construir de una manera asimétrica de forma que la fuerza de tracción y la fuerza de retroalimentación se adapten a los requerimientos de la aplicación de compresión. Las aplicaciones de compresión en general no requieren una fuerza de retroalimentación elevada, de forma que mediante la utilización de la mayoría del material activo en la fase de tracción de la compresión, se puede maximizar la fuerza de tracción mientras que se minimiza la cantidad de material activo y se mantiene el movimiento razonable para el golpe de retroalimentación (a niveles de fuerza bajos).

La capacidad de fuerza elevada se obtiene mediante el movimiento de avance coordinado, mediante lo cual un miembro de sujeción siempre contacta el miembro móvil. También, la provisión de un sustrato flexible de fuerza elevada 102 aumenta la capacidad de fuerza proporcionando soporte para el material activo, mejor calidad acústica y resistencia a la fatiga más elevada, permitiendo una fuerza de presión más grande entre el miembro de sujeción y el miembro móvil, sin dañar el material activo. Esto también permite dar forma a las ondas de vibración para funcionamiento resonante.

La combinación de las propiedades de fricción estática de la interfaz y la fuerza de presión también se puede usar como un fusible mecánico configurable. Si la fuerza externa excede la fuerza máxima sostenible en la interfaz entre el miembro de sujeción y el miembro de compresión, el mismo comenzará a deslizarse. Este fusible mecánico se produce para proporcionar un nivel extra de seguridad mecánica para el usuario y/o como un medio para proteger

los componentes internos de las unidades de accionamiento.

Las Figs. 13a-13c ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento 900 de acuerdo con una novena realización. En esta realización, el miembro móvil, es decir los miembros de compresión 920a, 920b o los miembros de conexión conectados a los mismos, están provistos de una estructura de trinquete o una serie de perforaciones 922.

El miembro de sujeción 906 puede tomar la forma de un gancho que se extiende desde un accesorio de base 921, siendo el gancho flexible y expandible/contraíble mediante accionadores respectivos 901a, 901b. Por lo tanto, los accionadores comprenden accionadores de flexión para controlar el miembro de sujeción entre una posición de sujeción y una posición de no sujeción (o reposicionamiento); y accionadores de extensión para proporcionar el movimiento de tracción o movimiento de reposicionamiento. En la parte exterior del miembro de sujeción, se forma un gancho u otro tipo de dispositivo de enclavamiento positivo para interacción con la estructura de trinquete o perforaciones 922.

La estructura de trinquete se puede extender en una dirección paralela a la dirección de movimiento del miembro móvil y puede comprender al menos dos, posiblemente tres o más estructuras de trinquete paralelas.

Los miembros de sujeción se pueden disponer para activarse con un retardo entre sus respectivos movimientos cíclicos, de forma que, en cualquier punto en el tiempo, al menos uno de los miembros de sujeción esté en engranaje de transferencia de fuerza con su estructura de trinquete asociada. Por ejemplo, los accionadores que controlan la extensión de los miembros de sujeción se pueden activar a un retardo de fase de 180 grados, mientras que los accionadores que controlan la flexión de los miembros de sujeción se pueden activar a un retardo de fase de 90 grados. Preferentemente, se usan formas de onda con forma (es decir, no sinusoidales). Por lo tanto, siempre existe una fijación positiva del miembro móvil. Por tanto, con referencia a la Fig. 13c, un par de miembros de sujeción 906 que engranan a un miembro móvil 920a en un lado de la unidad de accionamiento 900 pueden realizar los movimientos indicados por R1 y R1' donde R1 y R1' se pueden retardar 180 grados, es decir la mitad de un periodo. De forma similar, los miembros de sujeción 906 en el otro lado de la unidad de accionamiento 900 pueden realizar movimientos similares. En la Fig. 13c, un movimiento de retirada se indica por R2 y R2', donde R2 y R2' se pueden retardar 180 grados, es decir la mitad de un periodo.

Los miembros de sujeción 906 se pueden disponer dentro de un espacio interior de una carcasa 907a, 907b. Un electrolito para accionadores de polímero activados electroquímicamente se puede disponer en el espacio. Adicionalmente, se puede imprimir un contraelectrodo a lo largo de las paredes interiores del miembro guía 907a, 907b.

Se reconoce que se puede proporcionar la unidad de accionamiento de las Figs. 13a-13c como de doble cara o de una sola cara, es decir, que funciona en uno o dos miembros móviles 920a, 920b.

La sujeción positiva proporcionada por la unidad de accionamiento 900 potencia la capacidad de fuerza.

Una alternativa en este caso es que el miembro de sujeción 906 es simplemente una parte pasiva que se forma en o fuera de la punta más exterior del accionador 901. En este sentido, el mismo puede ser una estructura similar a gancho que está unida al accionador pero también podría ser una parte que esté perforada o presionada hacia afuera desde un material pasivo en el extremo del accionador. El miembro de sujeción también puede ser el sustrato flexible sobre el cual se fabrican los accionadores y la punta podría ser un miembro moldeado de ese sustrato, o depositado por separado en el sustrato durante la fabricación.

La unidad de accionamiento de las Figs. 13a-13c es más modificable a los materiales activos de tipo de polímero y aleación de memoria ya que la carencia de pre-compresión y el requisito de fuerzas de tracción niegan el uso de materiales activos de tipo cerámica, que pueden agrietarse cuando se someten a fuerzas de tracción. El mecanismo de trinquete del miembro de compresión acomoda la fluencia natural de los accionadores a través de su número y el espaciado.

Las Figs. 14a-14g ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento 1000 de acuerdo con una décima realización. Esta unidad de accionamiento comprende un miembro móvil 1020, conectado a un primer miembro de compresión y un miembro guía 1023 conectado a otro miembro de compresión 20, que se puede extender en una dirección opuesta al primer miembro de conexión. El miembro guía puede comprender un canal u otra estructura tubular, que tiene una disección transversal arbitraria y que se extiende sustancialmente paralelo con una dirección de movimiento pretendida del miembro móvil, mediante lo cual el miembro de sujeción es móvil dentro del canal o estructura tubular.

Un miembro de sujeción, conectado al miembro móvil 1020, comprende un primer y segundo miembros de fijación separados longitudinalmente 1006a, 1006b, que son controlables para engranaje liberable con el miembro guía 1023.

En la realización ilustrada en las Figs. 14a-14g los miembros de fijación 1006a, 1006b pueden ser expandibles o contraíbles de forma controlable individualmente en una dirección transversa de la dirección de movimiento, de

forma que los miembros de fijación 1006a, 1006b pueden engranar el miembro guía, por ejemplo las paredes interiores de un canal, para bloquear el miembro de sujeción con relación al miembro móvil.

El miembro de sujeción puede comprender además un miembro de movimiento longitudinal 1006c que se extiende entre los miembros de fijación. El miembro de movimiento longitudinal 1006c puede ser expandible y contraíble de forma controlable en una dirección paralela a la dirección de movimiento.

En la estructura se pueden incluir cables 1024 para controlar los miembros de fijación 1006a, 1006b y el miembro de movimiento longitudinal 1006c.

Como alternativa, el miembro guía puede comprender una pista o carril guía, en el que los miembros de fijación rodean completamente o parcialmente la pista o carril guía.

La unidad de accionamiento 1000 de la Fig. 14a puede proporcionar capacidad de fuerza elevada mediante la provisión de una superficie texturada sobre los miembros de fijación y sobre el miembro guía. Tal textura se puede implementar fácilmente como una etapa final en la fabricación de unidades de accionamiento monolítico. El texturado también se puede aplicar a las superficies enfrentadas al miembro de fijación del miembro guía. La capacidad de fuerza se mejora mediante el hecho de que siempre hay un miembro de fijación que mantiene el contacto con el miembro guía.

La unidad de accionamiento 1000 se puede hacer funcionar de la manera siguiente:

Con referencia a la Fig. 14b, un primer miembro de fijación 1006a se puede desconectar, mientras que el segundo miembro de fijación 1006b está engranado. Con referencia a la Fig. 14c, el miembro de movimiento longitudinal 1006c es alargado. El segundo miembro de fijación 1006b permanece engranado. Con referencia a la Fig. 14d, el primer miembro de fijación 1006a está engranado. El segundo miembro de fijación 1006b permanece engranado. Con referencia a la Fig. 14e, el segundo miembro de fijación 1006b está desengranado, mientras que el primer miembro de fijación 1006a está engranado. Con referencia a la Fig. 14f, el miembro de movimiento longitudinal 1006c se contrae. El primer miembro de fijación 1006a permanece engranado. Con referencia a la Fig. 14g, ambos miembros de fijación 1006a, 1006b están engranados, mientras que el accionador se ha movido una distancia D como se indica en la figura.

Usando los principios descritos con respecto a la Fig. 14a-14g es posible proporcionar bloqueo tras la eliminación de potencia. La fricción estática entre el miembro guía y los miembros de fijación se puede usar o, como alternativa, las estructuras de trinquete se pueden proporcionar en el miembro guía y/o los miembros de fijación. También es posible proporcionar esta disposición relativamente silente, usando accionadores de polímero o cerámica.

En el caso de que el miembro longitudinal sea de un tipo constrictor (se contrae durante la activación en lugar de expandirse como se representa en las Figs. 14b-g), entonces la secuencia de funcionamiento de los miembros de fijación es inversa a la mostrada en las Figs. 14b-g.

Es preferible que el accionador 1006a, 1006b, 100c se construya como un bloque monolítico. De esa manera, los conjuntos de electrodos para el miembro del movimiento longitudinal 1006c y el primer y segundo miembros de fijación 1006a, 1006b se pueden imprimir automáticamente durante el procedimiento de formación de capas del accionador. Un bloque monolítico también necesita menos refuerzos en los puntos de unión 1012 ya que tales conexiones se realizan automáticamente como un resultado del procedimiento de fabricación.

La realización de las Figs. 14a-14g no está muy adecuada a accionadores longitudinales de tipo cerámico sin alteraciones a los miembros de fijación. La razón de esto es que generalmente, los accionadores de tipo cerámico que funcionan en modo longitudinal no pueden proporcionar suficiente golpe para desconectar el miembro guía sin tolerancias de fabricación estrictas. En el caso de un accionador de tipo cerámico, los miembros de fijación podrían ser de naturaleza bimorfa para generar suficiente longitud de golpe de forma de desconectar el miembro guía durante el funcionamiento.

Como una alternativa a los accionadores de tipo cerámica, los accionadores de cristal único pueden conseguir suficiente golpe en un módulo longitudinal de forma que los miembros de fijación se pueden engranar y desconectar del miembro guía.

El enfoque de las Figs. 14a-14g es bastante modificable a accionadores de polímero en general. En el caso de accionadores de polímero activados electroquímicamente, el espacio alrededor del accionador 1006 estaría relleno de un electrolito adecuado. Se puede imprimir un contraelectrodo en la superficie interior del miembro guía y se podrían formar perforaciones o zanjais longitudinales en el miembro longitudinal de forma de facilitar el ingreso y egreso de iones desde el electrolito en el polímero y viceversa durante el funcionamiento. El diseño detallado de tales zanjais se facilita mejor mediante simulación por ordenador y validación experimental para determinar las velocidades, estreses y capacidades de tracción del funcionamiento últimas de un diseño particular.

Las superficies de los accionadores de fijación 1006a y/o 1006b o el canal con el cual estos forman interfaz se pueden modelar de forma de tener crestas microformadas como en las Figs. 24-28 de forma de aumentar la fuerza

de sujeción que ellos pueden aplicar al carril de la carcasa. Por lo tanto la fuerza de sujeción del accionador se puede aumentar más allá de la disponible de las superficies de carril y fijación lisas sencillas. La separación de un patrón de trinquete de este tipo tiene que ser menor que la longitud de golpe máxima de la sección de accionador primario 1006c.

- 5 Las Figs. 15a-15b ilustran esquemáticamente una unidad de accionamiento 1100 de acuerdo con una decimoprimerá realización. En esta realización, el accionador 1101, unido a un arnés de montaje 1126, se puede disponer para provocar que el miembro de sujeción 1106 realice un movimiento de vaivén, que tiene un componente en un plano sustancialmente paralelo con una dirección de movimiento pretendida D1 del miembro móvil 1120a, 1120b. El miembro móvil 1120a, 1120b se puede fijar entre dos accionadores 1101 o entre un accionador 1101 y una base de montaje 1121, como se ilustra en las Figs. 15a-15b.

Entre el miembro de sujeción 1106 y el miembro móvil 1120a, 1120b se puede proporcionar un dispositivo de rectificación 1125a, 1125b que proporciona una fricción elevada entre el miembro de sujeción 1106 y el miembro móvil 1120a, 1120b durante una primera parte del movimiento de vaivén, en el que el miembro de sujeción se mueve en una primera dirección (DP) en el plano y que proporciona fricción baja entre el miembro de 1106 y el miembro móvil 1120a, 1120b durante una segunda parte (DS) de dicho movimiento de vaivén, en el que el miembro de sujeción se mueve en una segunda dirección opuesta. Por tanto, durante la primera parte (DP) de un golpe, el dispositivo de rectificación provocará que el miembro móvil 1120a, 1120b siga el movimiento del miembro de sujeción 1106, mientras que durante la segunda parte del golpe, el dispositivo de rectificación permitirá que el miembro móvil 1120a, 1120b se deslice con relación al miembro de sujeción 1106. La base de montaje y los accionadores se pueden presionar ligeramente los unos hacia los otros.

Tales dispositivos de rectificación se pueden disponer también entre la base de montaje 1121 y el miembro móvil.

Como un ejemplo de un dispositivo de rectificación, se pueden mencionar microfilamentos inclinados o asimétricos o inclinados. Los ejemplos no limitantes incluyen filamentos de aguja plástica o metálica. También se pueden proporcionar labios o crestas inclinados. El accionador necesita moverse más que la distancia de engranaje/desconexión del dispositivo de rectificación, para asegurar un movimiento neto positivo.

Los materiales de accionador particularmente adecuados comprenden polímeros electroactivos de clasificación de polímero ferroeléctrico o conductor, aleaciones de memoria de forma o cristales piezoeléctricos o cerámicas. Las versiones piezoeléctricas pueden necesitar que se proporcionen muelles de presión como se ilustra en, por ejemplo, la Fig. 3. Las versiones de polímero podrían incluir accionadores enrollados o series de accionador o accionadores multicapa, siendo las capas paralelas al miembro móvil.

El accionador podría ser un accionador único montado en el arnés de montaje. Como alternativa, el arnés de montaje, la base de montaje y el accionador se pueden moldear o construir de otra forma en conjunto.

La fuerza de presión F, que fija el miembro móvil 1120a, 1120b entre el miembro de sujeción y la base de montaje 1121 se puede aplicar de una manera conocida *per se*.

- 35 La unidad de accionamiento 1100 ilustrada en la Fig. 15a puede ser un dispositivo de una vía, sin capacidad de proporcionar una liberación controlada de los miembros móviles 1120a, 1120b.

Como se ilustra en la Fig. 15b, la unidad de accionamiento 1100 de la Fig. 15a se puede modificar en una unidad de accionamiento 1100', que es capaz de liberación controlada de los miembros móviles 1120a, 1120b. Esto se puede conseguir proporcionando un dispositivo 1127, 1128, por ejemplo un mecanismo de pinza, que tras el accionamiento provoca que el dispositivo de rectificación 1125a, 1125b se desacople al menos parcialmente de los miembros móviles 1120a, 1120b, permitiendo de esa manera el movimiento en cualquier dirección, incluyendo un movimiento de liberación. Un mecanismo de pinza de este tipo puede aliviar la fuerza de presión F y/o actuar de forma de separar el accionador 1101 de la base de montaje 1121.

Otra opción para permitir la desconexión podría ser permitir que el miembro de sujeción se mueva lejos del miembro móvil, por ejemplo mediante un mecanismo de plegado.

Como alternativa, el dispositivo de rectificación se podría proporcionar en el miembro móvil 1120a, 1120b, en lugar de en el miembro de sujeción y en la base de montaje 1121.

En otra opción, los microfilamentos del dispositivo de rectificación 1125a, 1125b se podrían construir a partir de accionadores de flexión del material activo. Tras la activación, los mismos se pueden retraer en el miembro de sujeción 1106 y la base flexible 1121 desconectar de ese modo del accionador 1101 de los miembros móviles 1120a, 1120b. El movimiento de los microfilamentos de material activo y los accionadores se podría coordinar en el caso de que se desee una retirada controlada del miembro móvil.

Las capacidades de fuerza de este diseño se determinan por la proporción de distancia engranaje/desconexión del mecanismo de rectificación y la longitud de golpe de los accionadores y las capacidades de fuerza de los accionadores. Ya que no existe necesidad de un mecanismo de presión directo, se puede conseguir un engranaje

adecuado con una presión ligera, la eficacia de este mecanismo de accionamiento puede ser muy elevada.

Además el medio de rectificación puede comprender una estructura de trinquete dispuesta para interacción con dichos microfilamentos inclinados. Una estructura de trinquete de este tipo se puede disponer sobre la superficie o superficies que están frente a los microfilamentos para proporcionar enclavamiento positivo mediante interacción con los microfilamentos.

La Fig. 16 ilustra esquemáticamente una unidad de accionamiento 1200 de acuerdo con una decimosegunda realización, en la que la unidad de accionamiento 1200 está dispuesta para controlar una distancia radial entre DR (Fig. 4) entre la parte corporal 2 y el miembro móvil (miembro de compresión 1220 o un miembro de conexión conectado al miembro de conexión). En esta realización, el miembro de compresión rodea la parte corporal y la unidad de accionamiento está dispuesta entre la parte corporal y el miembro de compresión. Cuando se activa, la unidad de accionamiento empuja localmente el miembro de compresión lejos de la parte corporal, apretando eficazmente de ese modo el miembro de compresión.

La unidad de accionamiento puede comprender una base de montaje 1221 que se prolonga entre dos partes separadas circunferencialmente del miembro móvil 1220. Se puede proporcionar un elemento accionador flexible de manera controlable 1201 para controlar una distancia radial DR a lo largo de la línea L de simetría entre la base del montaje 1221 y el miembro móvil 1220. Una parte central del elemento accionador 1201 puede apoyar contra un interior del miembro móvil 1220, mientras que los bordes o puntas del elemento accionador 1201 pueden interaccionar con una estructura de trinquete 1222 dispuesta en o integrada con la base de montaje. El accionador 1201 se puede complementar con un muelle 1230, que se puede presionar de forma adecuada hacia la posición apretada (P2) o hacia la posición liberada (P1). También se puede proporcionar un elemento de muelle 1231 en el borde más externo de la base de montaje 1221, estando este elemento de muelle más externo dispuesto para proporcionar una fuerza que tiene un componente radial hacia el miembro móvil 1220. Un elemento de muelle de este tipo puede mejorar la proporción de transmisión de fuerza a deformación para mejorar adicionalmente el rendimiento.

La unidad de accionamiento 1200 de la Fig. 16 puede funcionar de la manera siguiente. En la posición suelta P1 mostrada en la parte superior de la Fig. 16, el borde del elemento accionador 1201 está en engranaje con una parte más exterior de la estructura de trinquete 1222. Mediante la activación del elemento accionador 1221, el mismo se dobla, junto con el muelle 1230, provocando de ese modo que su parte central se mueva lejos de la base de montaje 1221 en una dirección radial, a lo largo de la línea de simetría L. Mientras se dobla, el borde del elemento accionador se desplaza a lo largo de la estructura de trinquete 1222, que puede evitar que el mismo se mueva hacia atrás.

Pasando a la parte inferior de la Fig. 16 que muestra la unidad de accionamiento 1200 en su posición apretada P2, se observa que se consigue un efecto de apriete neto ΔP .

La realización de la Fig. 16 puede funcionar como un accionador de salto o dos accionadores 1201 se pueden disponer en paralelo y ser controlables de forma individual. Este procedimiento también se puede invertir para liberar el miembro de compresión.

Como alternativa, para liberar la unidad de accionamiento 1200 de la Fig. 16, se puede usar un movimiento de salto invertido, o se puede proporcionar un mecanismo de desconexión separado.

Por ejemplo, la retirada controlada de la unidad de accionamiento se puede conseguir mediante el uso de un accionador con múltiples conjuntos de electrodos configurados. La activación coordinada de ambos conjuntos de electrodos puede crear movimiento elíptico en el punto de contacto entre el accionador 1201 y la estructura de trinquete 1222 que tiene un sentido de dirección en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario al de las agujas del reloj. El movimiento de esta realización, en general, sería similar al descrito en la Fig. 10b-d para una configuración inercial (de salto).

Este enfoque puede ser muy útil para materiales activos que requieren pre-compresión, tales como cerámica. También puede ser útil para algunos accionadores de polímeros unirlos al sustrato flexible en un estado estirado de forma de mantener las mejoras de la propiedad que se consiguen a través de tal estiramiento. Un ejemplo son los polímeros ferroeléctricos, en los que la fuerza de ruptura dieléctrica se aumenta significativamente a medida que las cadenas del polímero se alinean durante tal pre-estiramiento.

La Fig. 17 ilustra esquemáticamente una unidad de accionamiento 1300 de acuerdo con una decimotercera realización, que es una posible aplicación práctica de las realizaciones divulgadas en la Fig. 5a-5c o 9. La unidad de accionamiento 1300 de la Fig. 17 comprende una carcasa 1307 que tiene una o dos aberturas para un miembro móvil 1320. Únicamente un miembro móvil se muestra en la Fig. 17, pero se reconoce que se pueden proporcionar dos o más miembros móviles. Se indican las disposiciones de accionador que comprenden accionadores respectivos 1301, muelles de presión 1303, conjunto de electrodos 1304, 1305 y miembros de sujeción 1306. El accionador 1301 se puede montar mediante puntos de montaje 1311 en un soporte de montaje 1340. Se proporciona un huso 1309 en una parte central de la unidad de accionamiento 1300 que se extiende entre ruedas respectivas 1308 que tienen superficies de contacto respectivas 1310 para interacción con el miembro de sujeción respectivo 1306. Por lo

tanto, las ruedas 1308 forman un mecanismo de transmisión 1318 para el miembro de sujeción 1306 al huso 1309.

En la realización de la Fig. 17, se puede proporcionar una capacidad de fuerza elevada mediante la parte de material activo del accionador que se fija con relación al soporte de montaje 1340 únicamente en sus nodos (puntos o líneas de vibración mínima), es decir, los puntos de montaje 1311 coinciden con los nodos de la parte del material activo citado. Esto proporciona velocidad de vibración máxima y alivia las tolerancias de fabricación en la carcasa. También, el soporte de montaje 1340 puede ser un arnés flexible, que se puede presionar hacia la rueda 1308.

La Fig. 18 ilustra esquemáticamente una unidad de accionamiento 1400 de acuerdo con una decimocuarta realización. Es esta realización, cada unidad de accionamiento primaria 1401 rodea al menos parcialmente la parte corporal 2. La unidad de accionamiento primaria 1401 está dispuesta para proporcionar una fuerza de compresión gradual a la parte corporal 2, mediante interacción entre una estructura de trinquete 1422 y un miembro de fijación 1406 conectado al accionador primario 1401a. La realización ilustrada en la Fig. 18 puede funcionar de una manera similar a lo que se ha descrito con respecto a las Figs. 11 y 13a-13c, es decir que tiene miembros de sujeción coordinados que funcionan en paralelo, de forma que existe siempre un miembro de sujeción que engrana la estructura de trinquete, mientras que el otro miembro de sujeción se mueve con relación con la estructura de trinquete.

El hecho de que siempre existe un miembro de sujeción que engrana la estructura de trinquete, proporciona capacidad de fuerza elevada.

También, disponiendo el dispositivo de las Figs. 18-20 para que ejerza tracción únicamente en su estado pasivo y se expanda en su estado activo, el dispositivo se auto-bloqueará cuando no se aplique potencia al mismo, reduciendo de ese modo el consumo de potencia.

El accionador primario 1401 puede ser expandible y contraíble en una dirección circunferencial, es decir es variable en longitud y envuelto alrededor de la parte corporal. En un primer extremo o borde, el accionador primario 1401 se puede unir a una carcasa 1407, que puede contener electrónica y conectores etc. En un segundo extremo o borde, el accionador primario 1401a engrana a la estructura de trinquete 1422.

Entre el accionador primario respectivo 1401a y la parte corporal, puede existir una capa interior 1445, que en un extremo o borde está unida a la carcasa 1407 y en un segundo extremo o borde está provista de un dispositivo de unión 1411 para unión a la otra capa interior. La estructura de trinquete 1422 está dispuesta cerca del segundo extremo o borde en la capa interior 1445. La estructura de trinquete 1422 puede tener superficie de bloqueo de espaldas al accionador primario 1401a.

En el segundo extremo del accionador primario 1401a, se puede disponer un miembro de sujeción 1406 que tiene un accionador secundario 1401b, que tiene que interaccionar con la estructura de trinquete 1422. El miembro de sujeción 1406 se puede unir en el segundo borde del accionador primario 1401 y extender hacia el primer borde del accionador primario 1401a. Además, el miembro de sujeción se puede flexionar lejos del accionador primario 1401a hacia la estructura de trinquete, de manera de formar un eje que se protruye, que puede engranar una superficie de bloqueo de la estructura de trinquete para bloquear el accionador primario 1401a con relación a la estructura de trinquete 1422. La flexión del miembro de sujeción 1406 se puede proporcionar mediante un accionador secundario 1401b que junto con el miembro de sujeción 1406 puede formar una estructura bicapa.

Fuera del miembro de sujeción y conectando el exterior del accionador primario 1401 y la capa interior 1445 puede haber una estructura de cubierta 1442, que también puede servir como miembro de presión para presionar el miembro de sujeción hacia la estructura de trinquete 1422.

Las Figs. 19a-19b ilustran un primer diseño del miembro de sujeción 1406, en el que se dispone un muelle de punta 1443 para abarcar el borde del accionador primario 1401, posiblemente con una estructura de refuerzo 1441 proporcionada entre el borde y el muelle de punta 1443. El accionador secundario 1401b se puede disponer en la parte interior del miembro de sujeción de forma de proporcionar una estructura bicapa flexible.

Las Figs. 20a-20b ilustran un segundo diseño del miembro de sujeción 1406, en el que el accionador secundario se proporciona al menos parcialmente en una depresión en el accionador primario 1401a. El accionador secundario 1401b se hace flexible, con un extremo del mismo unido a un extremo de la depresión y el otro extremo del mismo provisto de un miembro de sujeción 1406.

En la configuración de las Figs. 20a-20b el accionador secundario 1401b y accionador primario 1401a pueden ambos construirse a partir de una pieza monolítica de material activo. Esta unidad monolítica puede tener múltiples patrones de electrodos para tanto el accionador primario como el accionador secundario. Es posible enviar los cables de señal al accionador secundario a lo largo de capas internas del accionador primario de nuevo a la base dentro de la carcasa 1407. El miembro de sujeción 1406 puede comprender un componente extra que está unido al material activo y puede incluir un revestimiento resistente al desgaste o el mismo puede ser una extensión del propio material activo, pero sin electrodos y por lo tanto inactivo. Adicionalmente, la región de refuerzo 1441 puede sencillamente en su mayoría ser material activo que no tiene electrodos, es decir, inactivo. Se puede usar una barra conductora sencilla 1444 para conectar los electrodos internos de las capas del accionador secundario a las huellas

de la señal para el accionador secundario que puede correr a través o a lo largo del accionador primario. De esta manera, la estructura completa se puede fabricar de una manera automatizada reduciendo los requerimientos de ensamblaje. Adicionalmente, en esta configuración, todas las conexiones eléctricas del accionador se pueden realizar en la carcasa y todas las huellas eléctricas se pueden sellar del entorno.

- 5 En una configuración con accionadores primarios que se pueden contraer en lugar de expandir, la estructura de cubierta 1442 regresará al accionador a su forma original tras la desactivación. En este sentido, el miembro de sujeción avanza a lo largo del miembro de compresión durante la fase de apagado del ciclo de accionamiento y el nivel de compresión está aumentado durante fase de activación del ciclo de accionamiento. Un ciclo de accionamiento de este tipo se puede observar en una implementación de aleación de memoria de la realización.
- 10 Esta realización es adecuada para materiales de polímero y de memoria de forma. En particular es muy adecuada para materiales con memoria de forma. La razón de esto es que los materiales con memoria de forma son muy resistentes y pueden soportar el desgaste del entorno circundante, ya que los mismos no requieren electrolitos que se puedan filtrar o que tengan capas dieléctricas sensibles delgadas que se puedan perforar. También la realización permite la compresión rápida con el material con memoria de forma durante el ciclo de calentamiento con un reinicio más lento durante el ciclo de enfriamiento. Se puede tomar ventaja del calentamiento de impulso para el material con memoria, consiguiendo de esta manera velocidades de inicio de presión extremadamente rápidas (lo cual es adecuado para aplicaciones de ECP o DVP de impulso) y se puede conseguir un golpe máximo por ciclo de accionamiento, dada la longitud larga de los accionadores primarios. Finalmente, la configuración puede emplear mantenimiento de presión en apagado de forma que la potencia únicamente se tiene que proporcionar al material activo durante los movimientos. De esta manera, la eficacia del dispositivo en aplicaciones que requieren ciclos de trabajo de presión elevada significativa se puede mantener a un nivel relativamente elevado, incluso con materiales con memoria activados por temperatura o materiales de polímero más ineficaces.
- 15
- 20

La unidad de accionamiento 1400 de las Figs. 18-20b puede funcionar de la manera siguiente.

- 25 En primer lugar, el dispositivo de compresión se dispone alrededor de la parte corporal y los segundos bordes de la capa interior 1445 se unen mediante los sujetadores 1411, de forma que el dispositivo de compresión se ajusta de forma arropada alrededor de la parte corporal.

Como una segunda etapa opcional, el miembro de sujeción 1406 se engrana a una parte de la estructura de trinquete 1422, que está en la parte de la estructura de trinquete que está más cerca de la carcasa 1407.

- 30 En tercer lugar, el accionador primario 1401a se activa de forma de expandirse, provocando de ese modo que el miembro de sujeción 1406 se desplace hacia el extremo de la estructura de trinquete 1422, que está más lejos de la carcasa 1407.

- 35 A medida que se expande el accionador primario 1401a, el miembro de sujeción 1406 se puede empujar sobre una superficie de rampa y en engranaje con la siguiente superficie de bloqueo de la estructura de trinquete 1422. Como alternativa, el accionador secundario 1401b se puede usar para desconectar el miembro de sujeción de su engranaje con la estructura de trinquete y después volverse a engranar con la siguiente superficie de bloqueo.

- 40 La Fig. 21 es un diagrama de bloques, que ilustra esquemáticamente los componentes de los dispositivos de compresión. De acuerdo con la estrategia de diseño ilustrada en la Fig. 21, un accionador de material activo 1502, controlado por un controlador 1501 se puede disponer para interaccionar con un miembro de compresión 1507 a través de un dispositivo de rectificación de movimiento 1505. Opcionalmente, un mecanismo de amplificación de movimiento 1504 se puede proporcionar entre el accionador de material activo 1503 y el dispositivo de rectificación de movimiento 1505. También opcionalmente, se puede proporcionar un mecanismo de transmisión 1506, como en las Figs. 5a-5c, 8a-8b y 9, entre el dispositivo de rectificación de movimiento 1505 y el miembro de compresión 1507. También, opcionalmente, se puede proporcionar un elemento de presión 1503 para presionar el accionador de material activo 1502 hacia el mecanismo de amplificación de movimiento 1504, si existe alguno, o hacia el dispositivo de rectificación de movimiento 1505.
- 45

- 50 La Fig. 22 es un diagrama de bloques, que ilustra esquemáticamente los componentes del dispositivo de compresión de acuerdo con otra realización. De acuerdo con la estrategia de diseño ilustrada en la Fig. 22, se puede disponer un accionador primario 1602, controlado por un controlador 1601 para interaccionar con un miembro de compresión 1607 a través de un dispositivo de rectificación de movimiento 1605. Opcionalmente, se puede proporcionar un accionador de engranaje/desconexión 1608 para controlar el engranaje del accionador primario 1602 con el dispositivo de rectificación de movimiento 1605. El accionador de engranaje/desconexión 1608 también se puede controlar por el controlador 1601. Opcionalmente, se puede proporcionar un elemento de presión 1603 para presionar el accionador de material activo 1602 hacia el dispositivo de rectificación 1605.

- 55 La Fig. 23 es un diagrama de bloques, que ilustra esquemáticamente los componentes del dispositivo de compresión de acuerdo con otra realización. En esta estrategia de diseño, un controlador 1701 controla dos conjuntos de accionadores 1702a, 1702b que funcionan en paralelo y que pueden estar provistos de un elemento de presión respectivo 1703a, 1703b. Los conjuntos de accionador 1702a, 1702b pueden engranar un miembro de compresión 1707 a través de un dispositivo de rectificación de movimiento 1705.

Las Figs. 24a-24b ilustran esquemáticamente diseños de miembro de sujeción de acuerdo con una primera realización, en la que el miembro de sujeción 1806 se estrecha desde la cara lateral del accionador 1850 hacia la cara lateral del miembro móvil 1851.

5 Las Figs. 25a-25b ilustran esquemáticamente diseños de miembro de sujeción de acuerdo con una segunda realización, en la que el miembro de sujeción se estrecha, al igual que en las Figs. 24a-24b, pero en el que el miembro de sujeción tiene forma de flecha. Una punta de este tipo se puede orientar de forma de que ningún borde pueda atrapar el miembro móvil y también ayuda a mantener las fuerzas deseables sobre el miembro móvil de forma que el mismo se mantenga recto durante el apriete.

10 Las Figs. 26a-26e ilustran esquemáticamente diseños de miembro de sujeción de acuerdo con una tercera realización, en la que el miembro de sujeción 2006 se estrecha desde una cara lateral del accionador 2050 hacia la cara lateral del miembro móvil 2051 y en la que el último lado está micronervado de acuerdo con uno cualquiera de los patrones proporcionados en las Figs. 26b-26e. De las Figs. 26b-26e, se reconoce que los diseños de miembro de sujeción indicados en las Figs. 24a-24b y 25a-25b se pueden combinar con micronervaduras, proporcionando una estructura de trinquete en el miembro de sujeción. Mediante la provisión de dientes asimétricos en la estructura de trinquete, se puede potenciar adicionalmente el agarre en el miembro móvil. La forma en V puede facilitar la retirada de partículas (polvo, caspa) de la estructura de trinquete y también puede proporcionar aislamiento acústico.

15 Las Figs. 27a-27l ilustran esquemáticamente diseños de miembro de sujeción adicionales, los cuales tienen por objeto mover un miembro móvil en una dirección principal de derecha a izquierda. El miembro de sujeción puede estar provisto de un canal de alineación 2760 que se prolonga en la dirección principal, como se ilustra en las Figs. 27a, 27b, 27d, 27f, 27 g y 27l. Tales canales de alineación 2760 se pueden usar para controlar la dirección del movimiento del miembro móvil, para evitar presiones y pueden estar provistos en el miembro de sujeción y/o en el miembro móvil. Básicamente, cualquier estructura de alineación de interacción se puede proporcionar en el miembro de sujeción y en el miembro móvil (bien sea una rueda o una correa) para asegurar que el movimiento relativo entre el miembro de sujeción y el miembro móvil siga una dirección pretendida.

20 Los canales de alineación 2760 se pueden usar junto con estructuras coincidentes en el miembro de compresión o la superficie del miembro móvil para mantener la alineación durante el ciclo de compresión. Alternativamente tales diseños se pueden imprimir sobre la superficie del miembro de compresión o del miembro móvil de forma de interaccionar en una forma provechosa con la superficie del miembro de sujeción. Los patrones coincidentes tanto en el miembro de sujeción como en el miembro de compresión se pueden usar para potenciar capacidades de fuerza de la interfaz (a través de bloqueo positivo de las dos superficies), mantener la alineación durante cada golpe, mantener el miembro con compresión centrado con respecto a la unidad de accionamiento, etc.

Se pueden usar miembros de alineación estampados 2761 junto con estructuras coincidentes en la superficie del miembro de sujeción para mantener la alineación durante el ciclo de compresión.

Las Figs. 28a-28f ilustran esquemáticamente diseños de miembro de sujeción alternativos adicionales.

35 Mientras que se han descrito accionadores para su uso con un miembro de compresión en un dispositivo de tratamiento por compresión, tales accionadores pueden tener áreas adicionales de aplicación, tales como para apriete de cinturón de seguridad, unidades de cable de fuerza elevada, mecanismos de enrollado de cable, equipo de procesamiento de lámina continuo, sistemas de apriete de correa ajustable, limitadores de flujo ajustables, bombas peristálticas, etc.

40 Se hace notar que en las realizaciones en las que aparecen las superficies de bloqueo (Figs. 10a-10d, 13a-13c, 16, 18, 19a-19b, 20a-20b), la separación entre dos superficies de bloqueo adyacentes puede ser menor que la longitud de golpe disponible máxima del accionador. En algunas realizaciones, la separación de las superficies de bloqueo se puede ajustar a una fracción de la longitud de golpe disponible del accionador, de forma que en condiciones de fuerza baja (poca compresión) el accionador puede pasar por encima de una pluralidad de superficies de bloqueo con cada golpe, pero a medida que el miembro de compresión se aprieta alrededor de la parte corporal (niveles de compresión aumentados) y los pasos del accionador se hacen más pequeños (debido a la fuerza aumentada desde el miembro de compresión), la separación resultante de las superficies de bloqueo es aún suficiente que al menos se pueden realizar pasos únicos con cada golpe de accionador completo. Por lo tanto, un medio para limitar la capacidad de fuerza de esta configuración es mediante el diseño de la proporción entre la separación de la superficie de bloqueo y la longitud de golpe del accionador disponible. Cuando el requerimiento de fuerza excede la capacidad del accionador de tomar al menos un paso único, la rectificación se perderá y el miembro de compresión no será ya capaz de avanzar adicionalmente.

55 Se reconoce que los accionadores divulgados en el presente documento se pueden usar en cualquier aplicación en la que se tiene que apretar una correa alrededor de un objeto o para ejercer tracción sobre una correa. Por lo tanto, la divulgación en el presente documento no está limitada a dispositivos para tratamientos de compresión de partes corporales, sino a cualquier dispositivo para apretar o ejercer tracción sobre una correa.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (1) para el tratamiento por compresión de una parte corporal (2), comprendiendo el dispositivo
5 un miembro de compresión (20), adaptado para rodear al menos parcialmente la parte corporal, y una unidad de accionamiento (100) dispuesta para apretar el miembro de compresión (20) y proporcionar una fuerza de compresión a la parte corporal (2),
comprendiendo la unidad de accionamiento (100) un accionador de material activo,
caracterizado porque
10 un miembro móvil (120) se conecta al miembro de compresión (20) móvil con relación a la unidad de accionamiento (100)
un miembro de sujeción (106) se conecta al accionador para realizar un movimiento cíclico, y el miembro de sujeción (106) se dispone para engranar un miembro móvil (120), de forma que el miembro móvil (120), durante una primera parte del movimiento cíclico, es móvil con el miembro de sujeción y durante una segunda parte del movimiento cíclico es móvil con respecto al miembro de sujeción.
- 15 2. El dispositivo como se reivindica en la reivindicación 1, en el que la unidad de accionamiento (100) está dispuesta para apretar gradualmente el miembro de compresión (120).
3. El dispositivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que durante la primera parte del movimiento cíclico, el miembro de sujeción (106) está en un engranaje de transferencia de fuerza con el miembro móvil (120) y en el que, durante la segunda parte del movimiento cíclico, el engranaje de
20 transferencia de fuerza se elimina o se reduce sustancialmente.
4. El dispositivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que una frecuencia del movimiento cíclico está en el intervalo de aproximadamente 1 a 200 Hz, aproximadamente 0,2 a 20 kHz o aproximadamente 20 kHz a 1 MHz.
5. El dispositivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, medios de rectificación
25 adicionales (1125a, 1125b) para proporcionar un movimiento de una vía del miembro móvil (120).
6. El dispositivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el miembro móvil comprende una parte giratoria (208), que está dispuesta de forma giratoria alrededor de un eje sustancialmente central (209) y en el que el miembro de sujeción (206) está dispuesto para actuar sobre una superficie de dicha parte giratoria (208).
- 30 7. El dispositivo como se reivindica en la reivindicación 6, en el que el miembro de sujeción (206) se dispone para engranar una superficie de la parte giratoria (208), a una distancia del eje central (209), en el que un husillo es giratorio alrededor de dicho eje central y está conectado a la parte giratoria, y en el que el miembro de compresión (220) o un miembro de conexión, conectado al miembro de compresión, es enrollable en el husillo.
- 35 8. El dispositivo como se reivindica en la reivindicación 7, en el que los diámetros eficaces de la parte giratoria y el miembro del huso son diferentes.
9. El dispositivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de accionamiento comprende dos accionadores (601a, 601b), que se pueden activar individualmente.
10. El dispositivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo
40 (1) tiene un tamaño y está adaptado para formar una camisa alrededor de la parte corporal.
11. El dispositivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de accionamiento (100) y el miembro de compresión (120), si existen, forman una capa activa (14) y en el que el dispositivo comprende al menos uno de:
45 una capa sensora (15), dispuesta entre la capa activa y la parte corporal;
una capa interior (13), dispuesta entre la capa sensora o la capa activa, y la parte corporal; y
una capa exterior (16) dispuesta fuera de la capa activa.
12. El dispositivo como se reivindica en la reivindicación 11, en el que la capa interior (13) y la capa sensora (15) se integran para formar una capa desechable.
13. Un sistema que comprende un dispositivo como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones
50 precedentes y una unidad de control, conectada al dispositivo y dispuesta para proporcionar una señal de control al dispositivo.

14. El sistema como se reivindica en la reivindicación 13, que comprende una capa sensora (15) que incluye al menos un elemento sensor (30) y en el que la unidad de control está dispuesta para recibir una señal de retroalimentación del sensor.

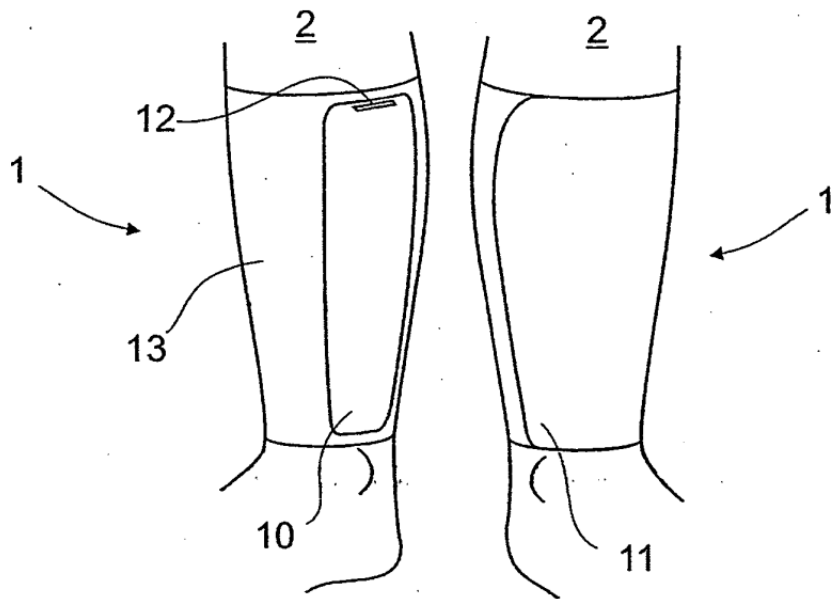


Fig 1a

Fig 1b

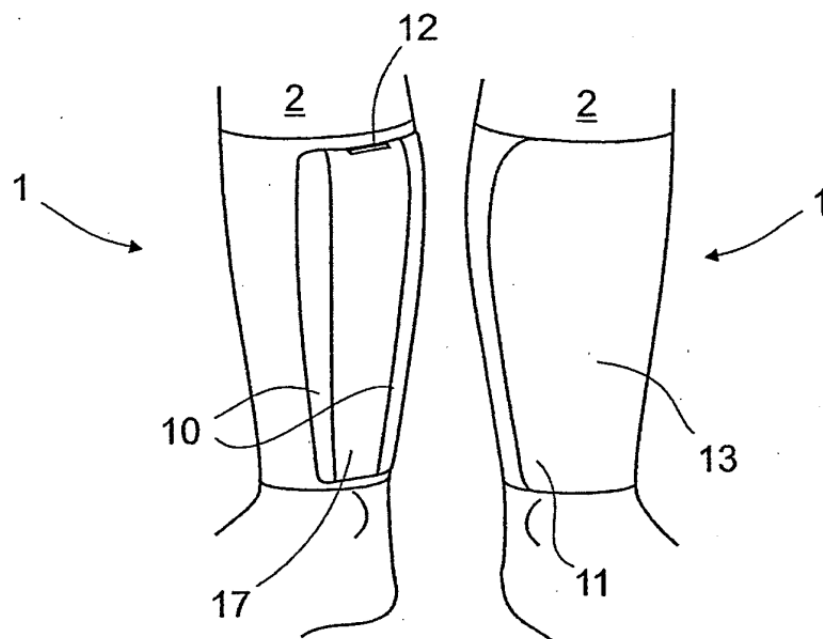
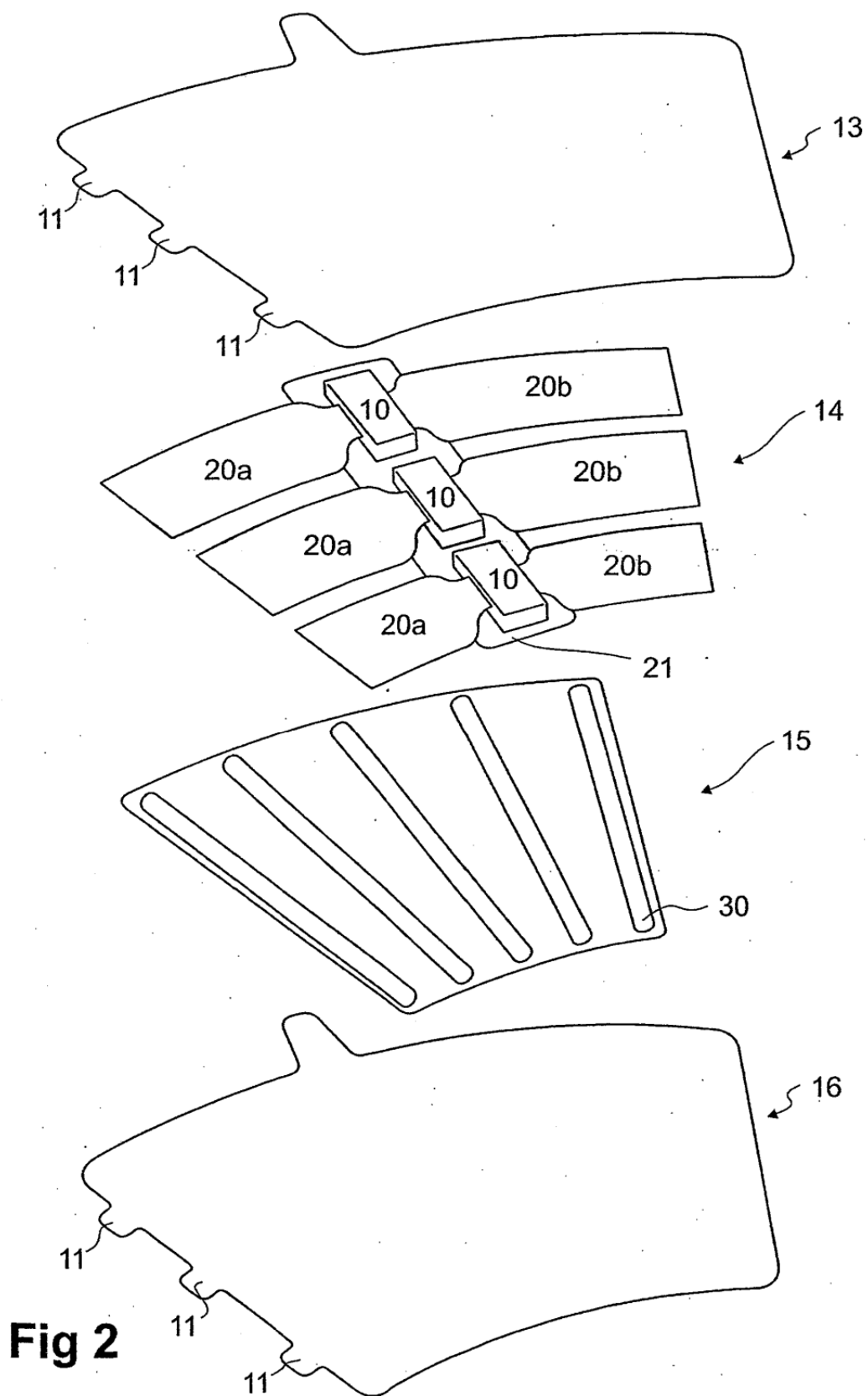


Fig 1c

Fig 1d



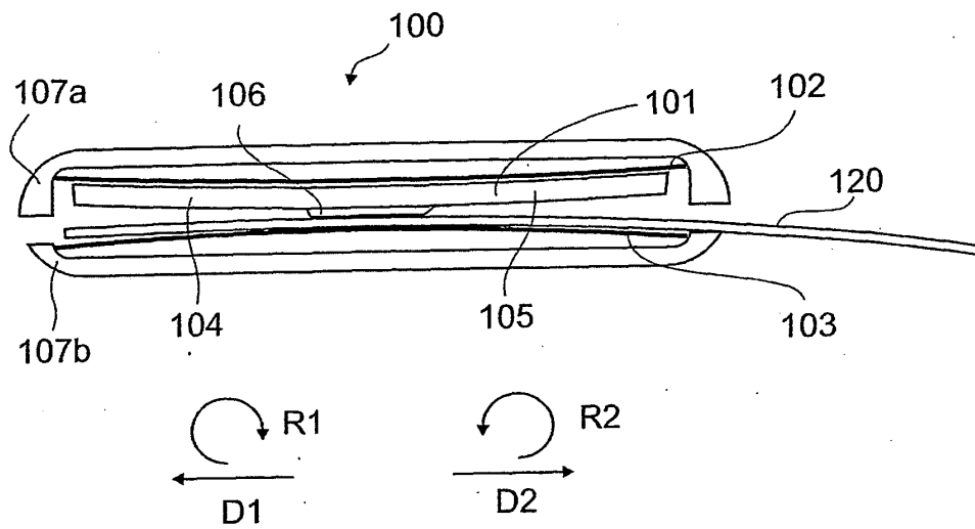


Fig 3

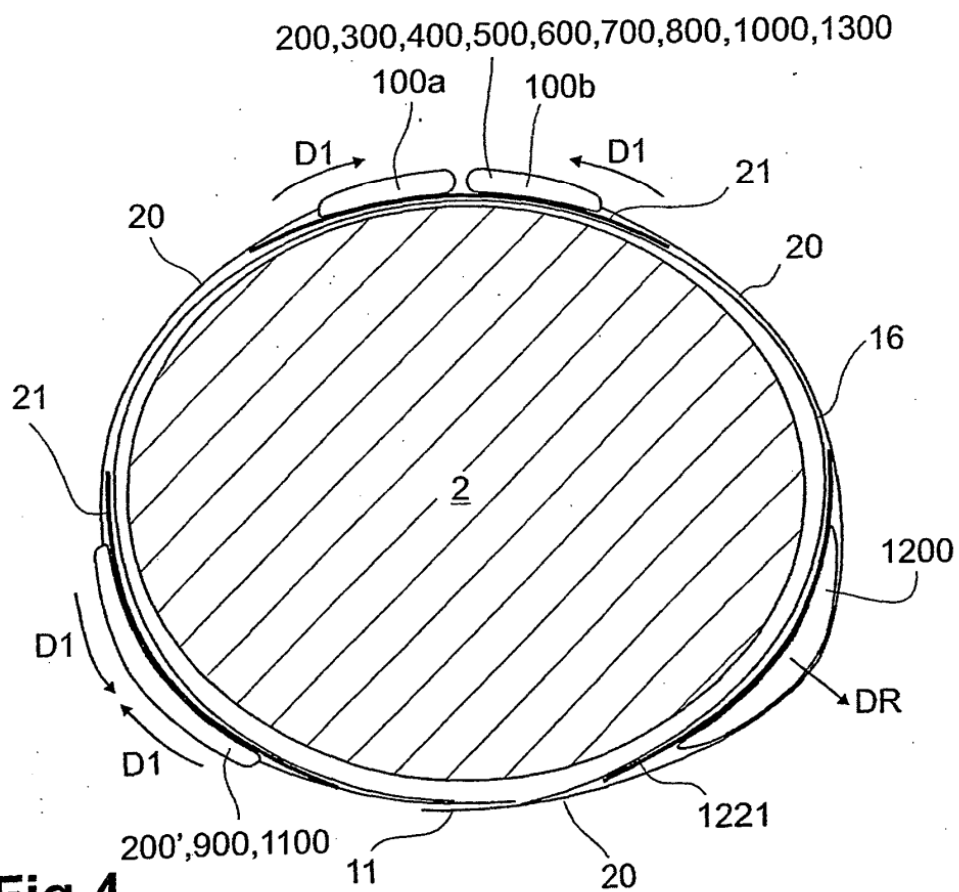


Fig 4

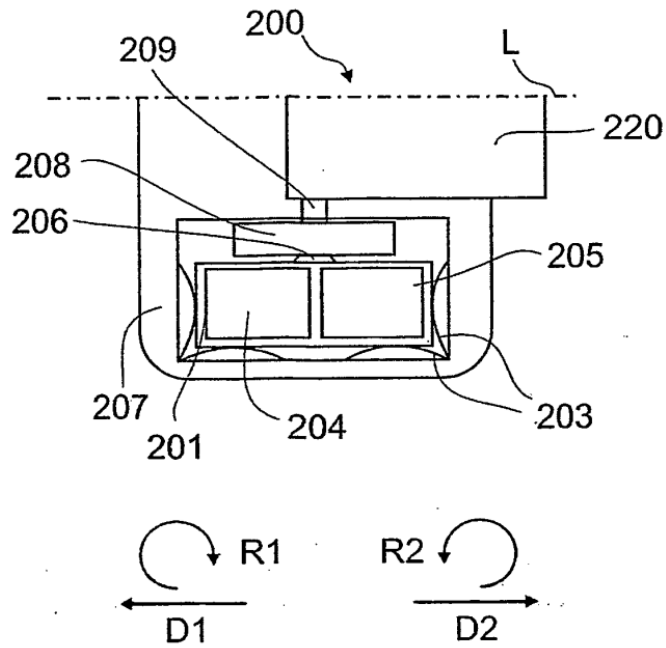


Fig 5a

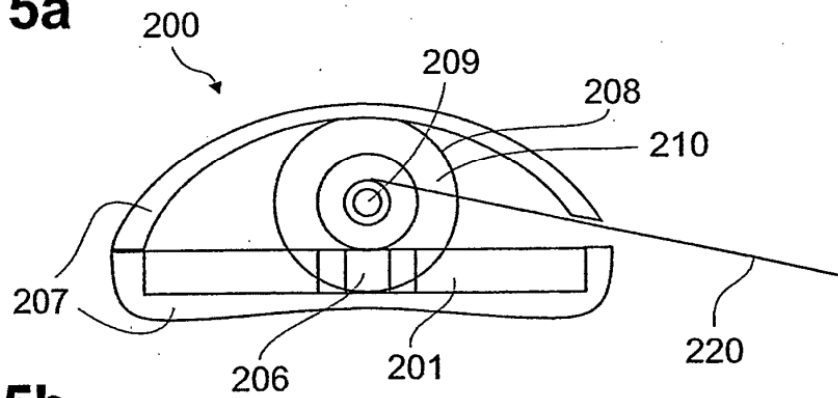


Fig 5b

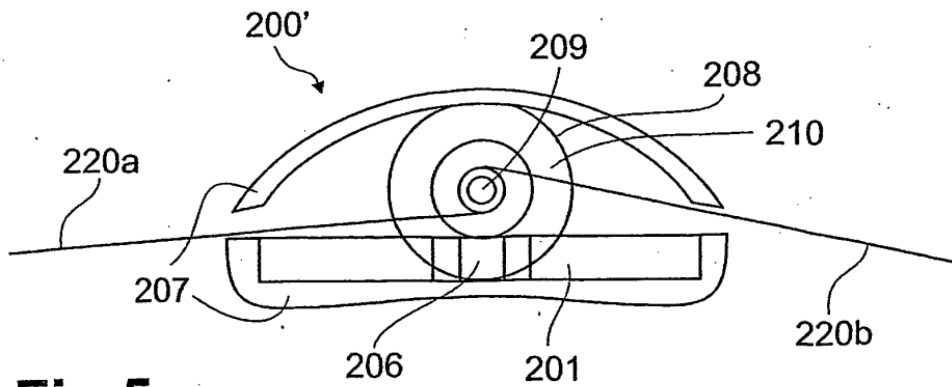


Fig 5c

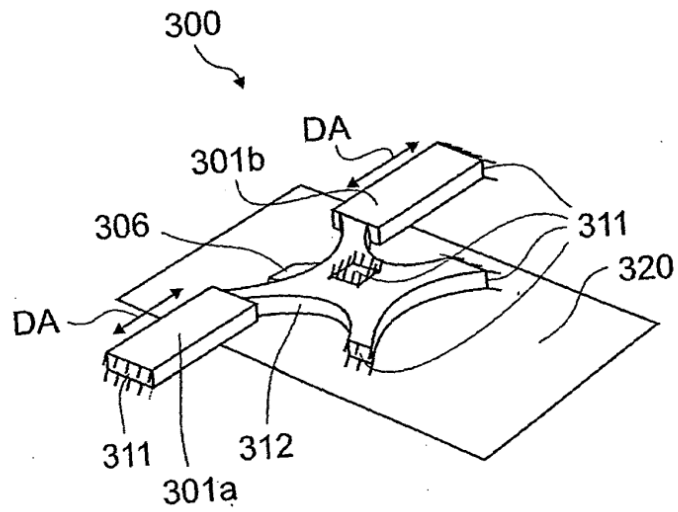


Fig 6a

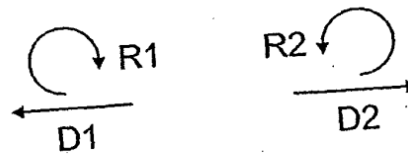
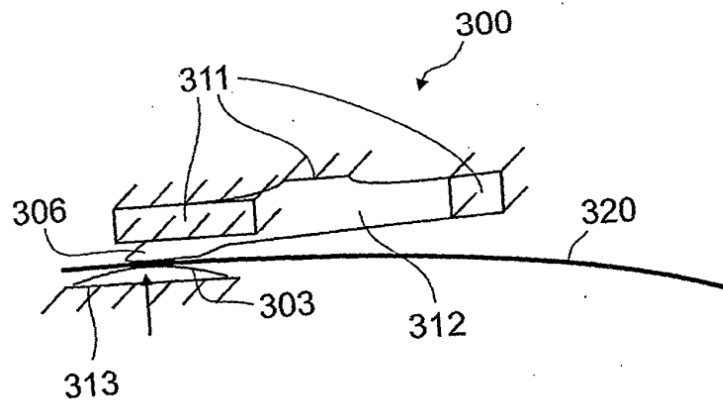


Fig 6b

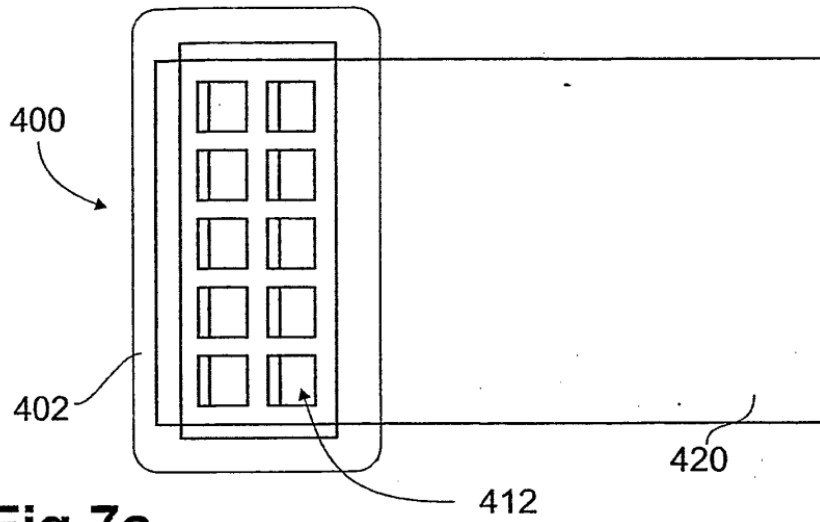


Fig 7a

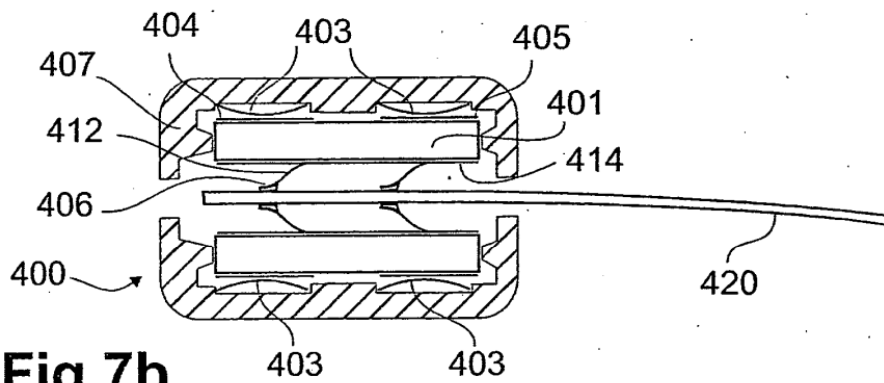


Fig 7b

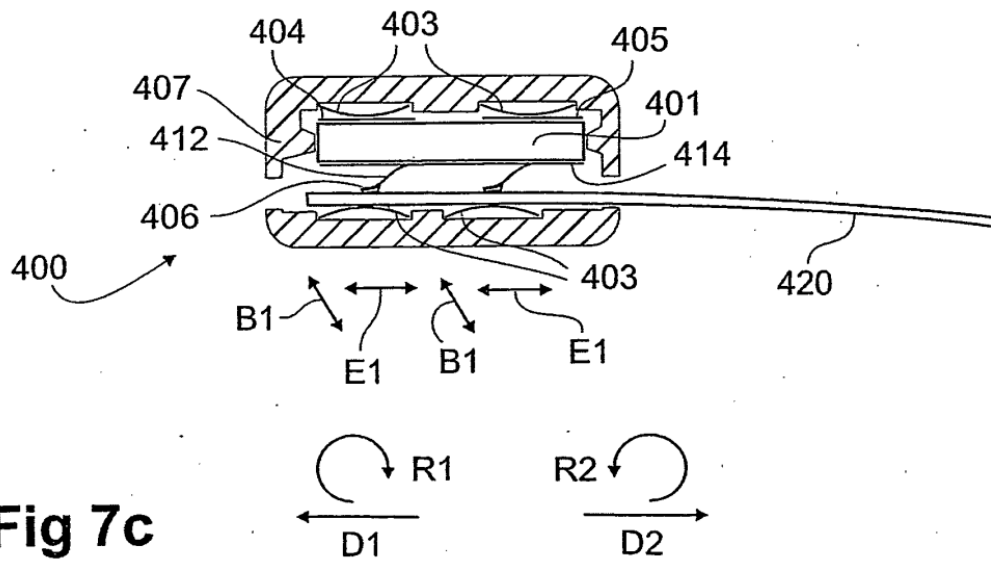


Fig 7c

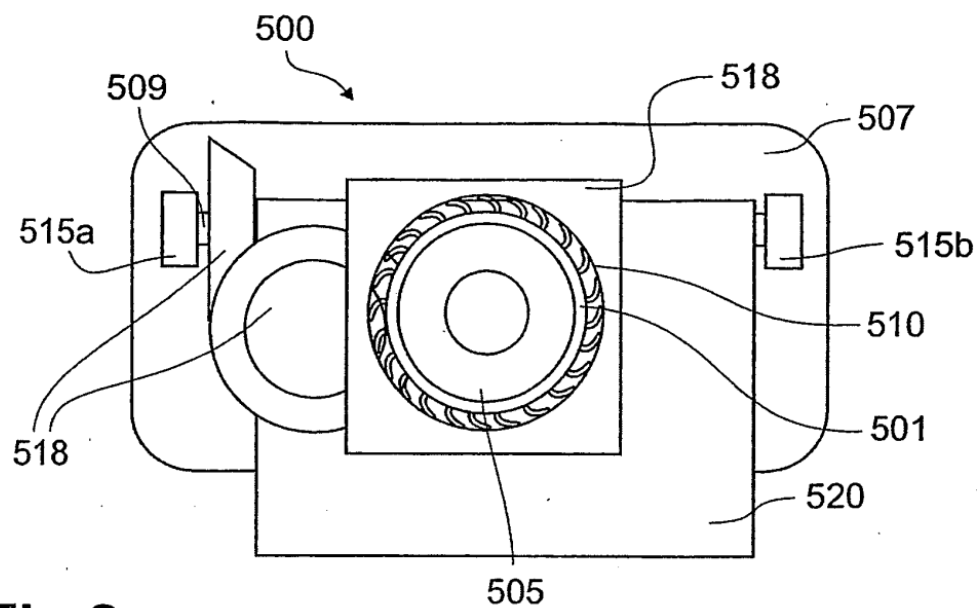


Fig 8a

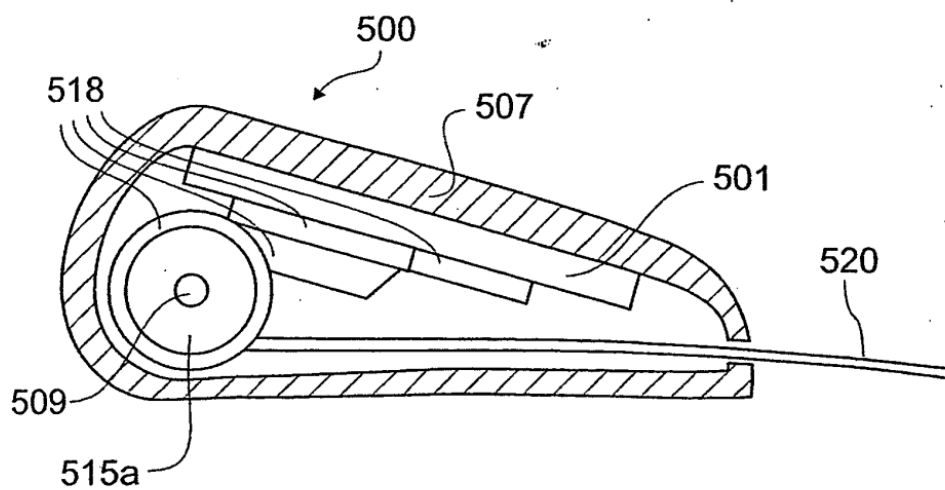
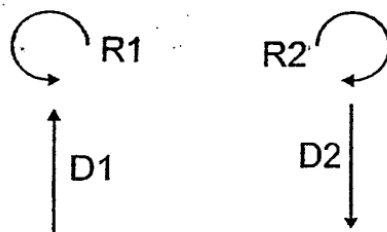


Fig 8b

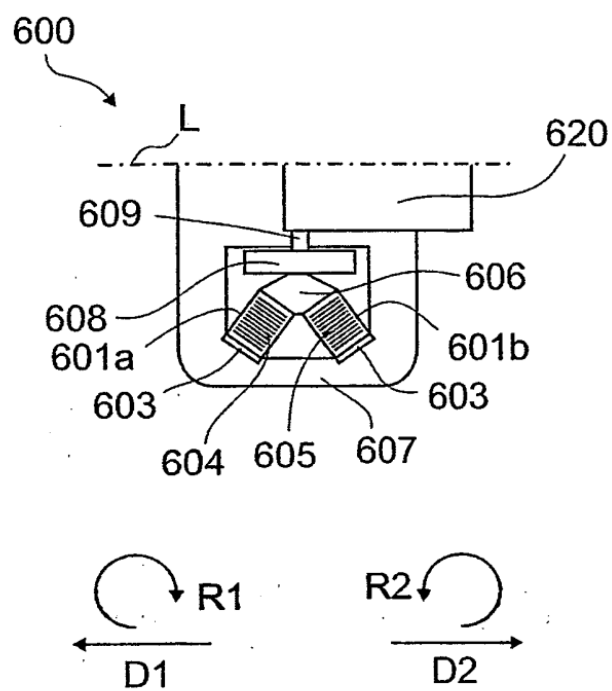


Fig 9

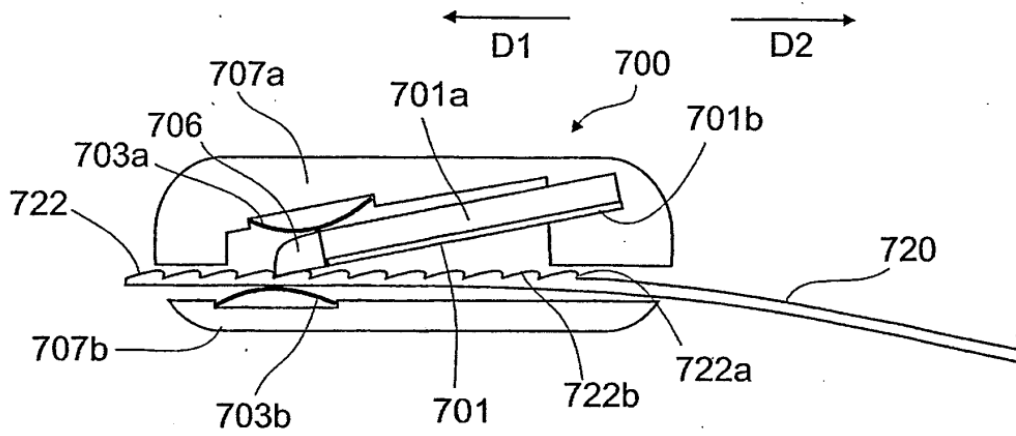


Fig 10a

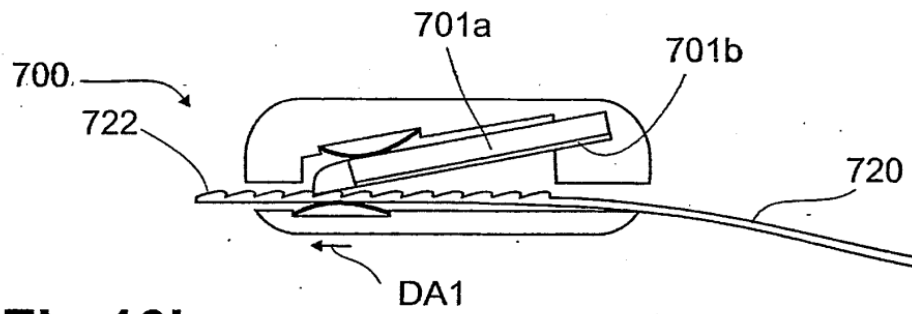


Fig 10b

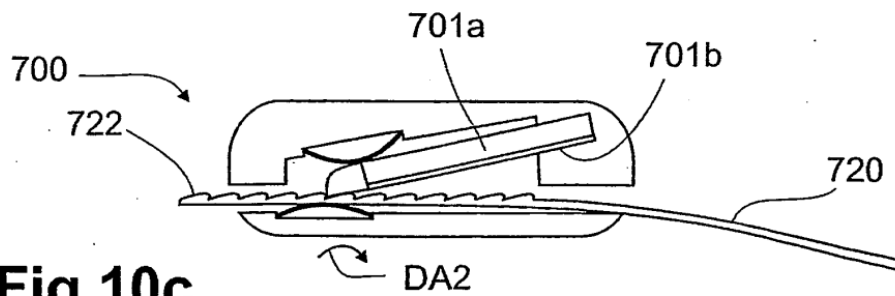


Fig 10c

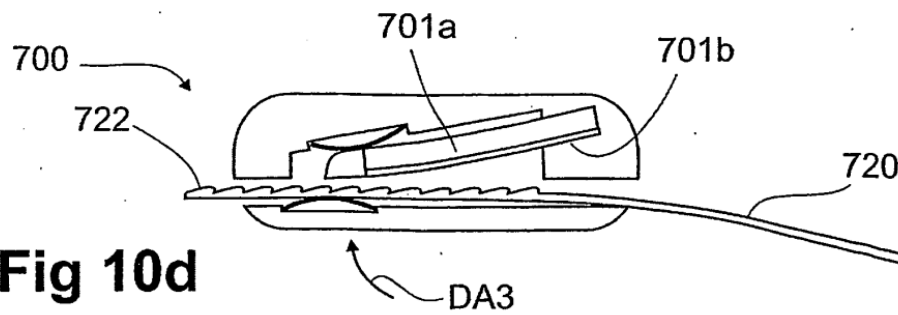


Fig 10d

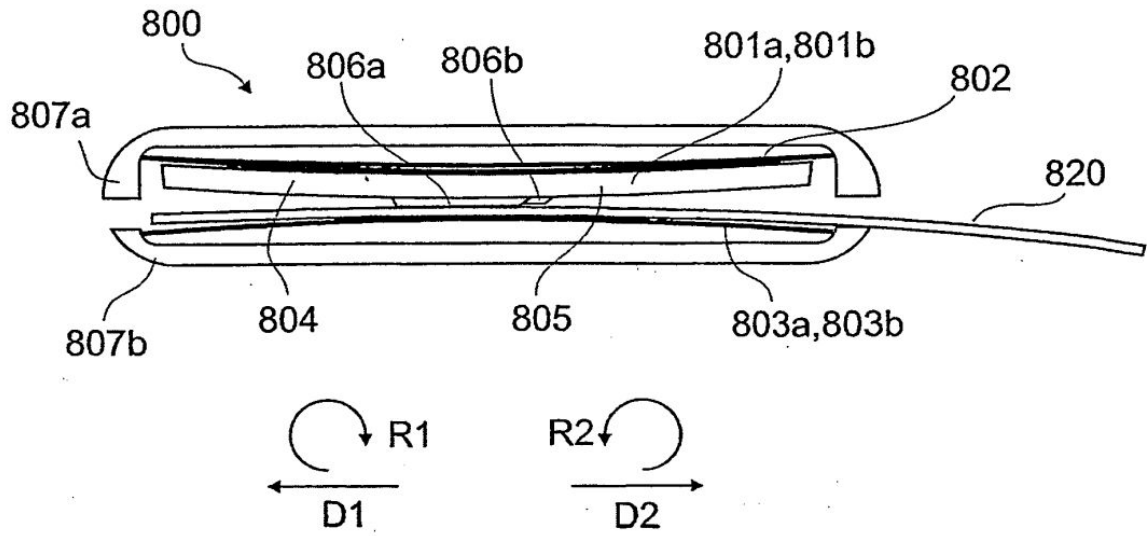


Fig 11

Nivel de señal
(Contenido AC únicamente)

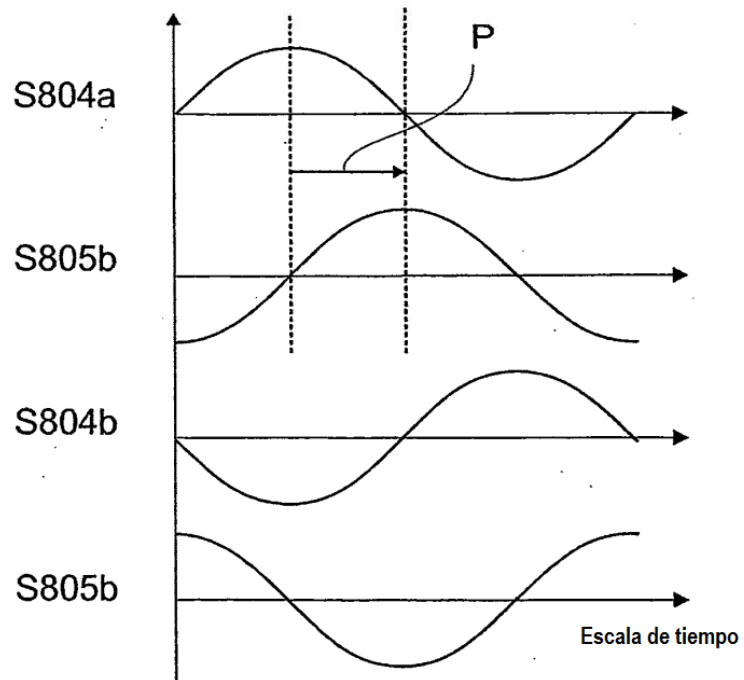
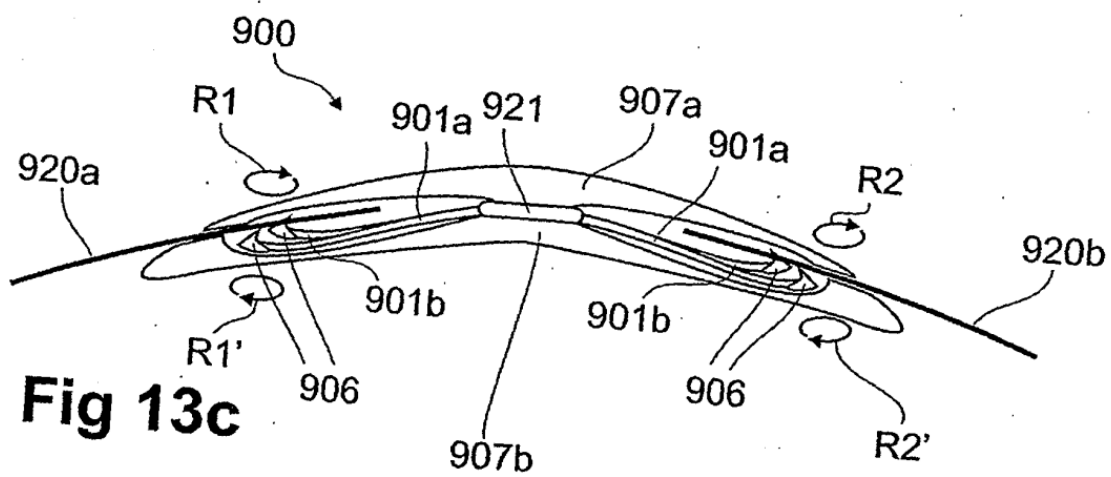
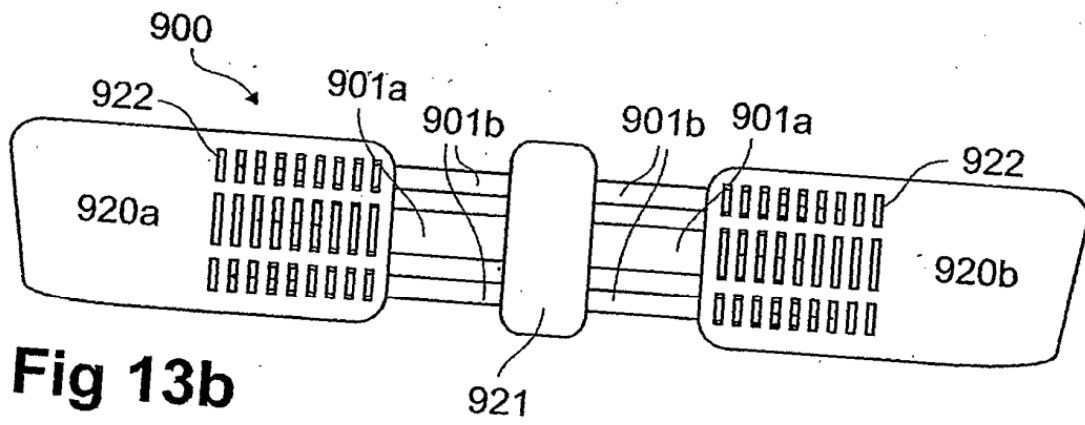
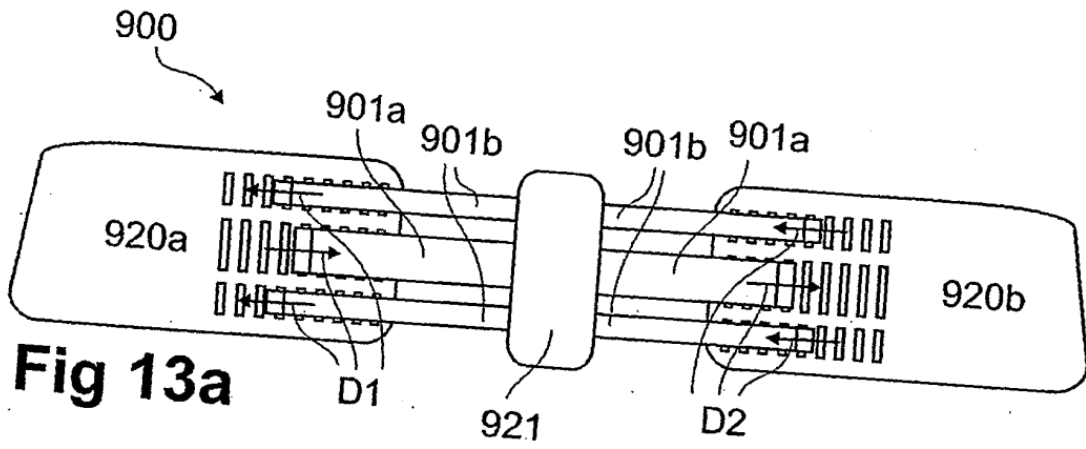
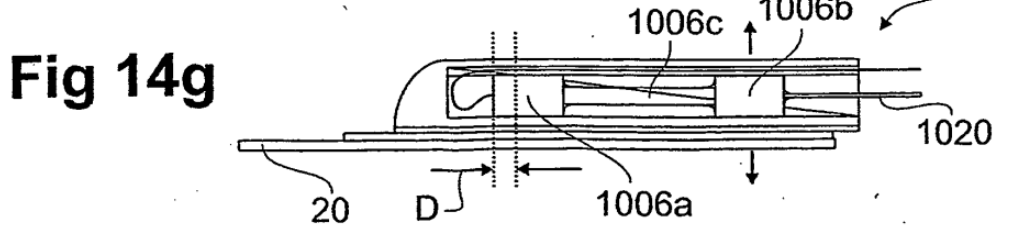
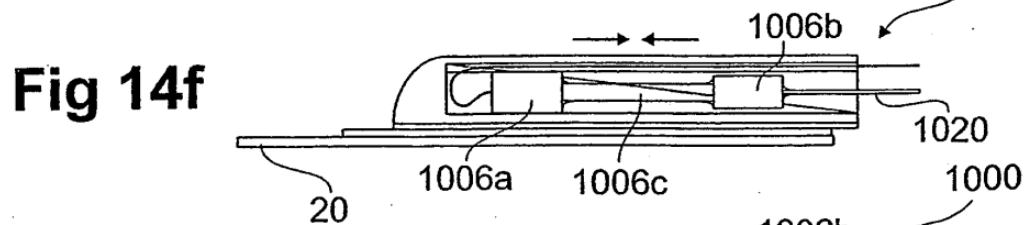
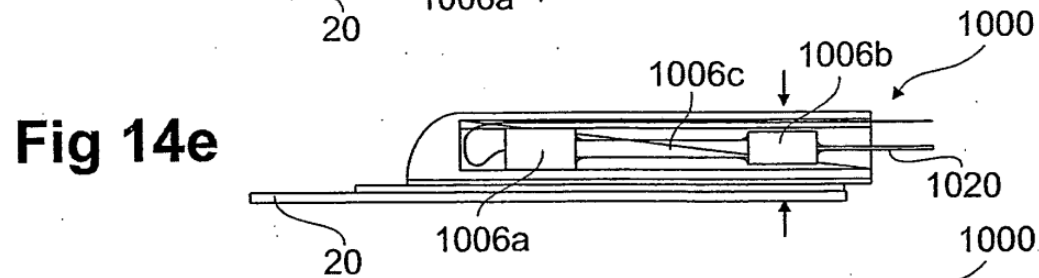
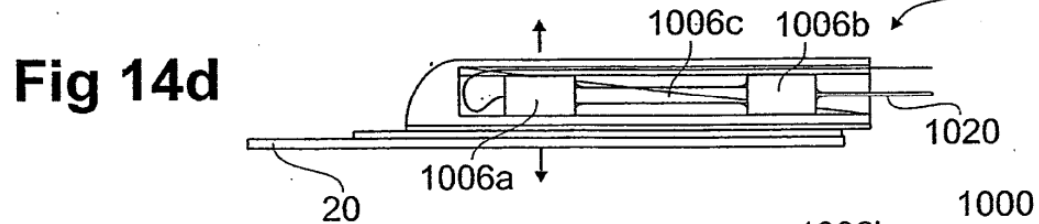
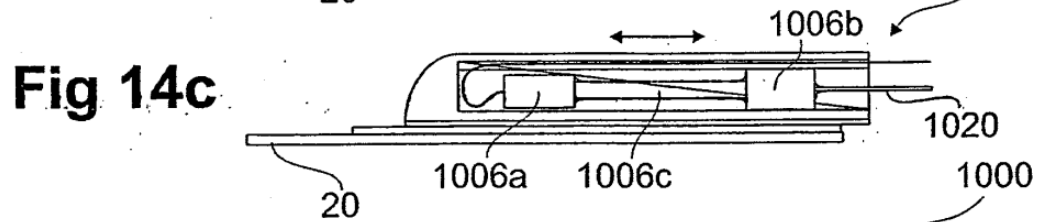
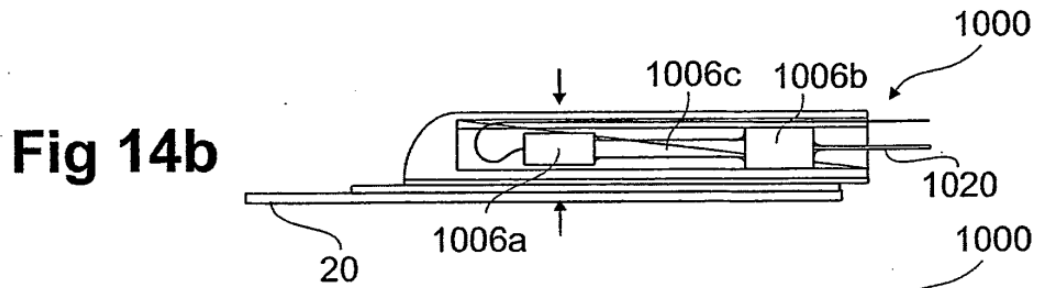
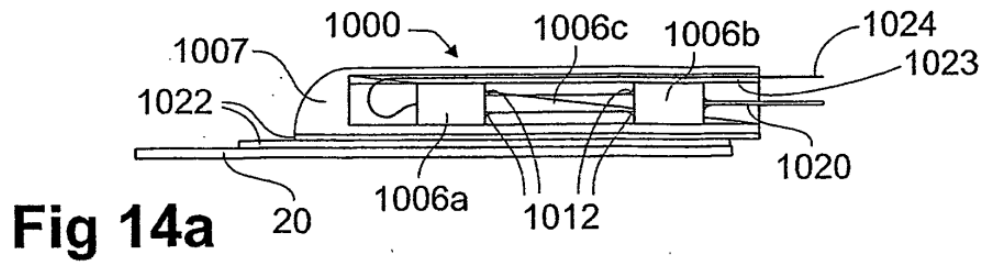


Fig 12





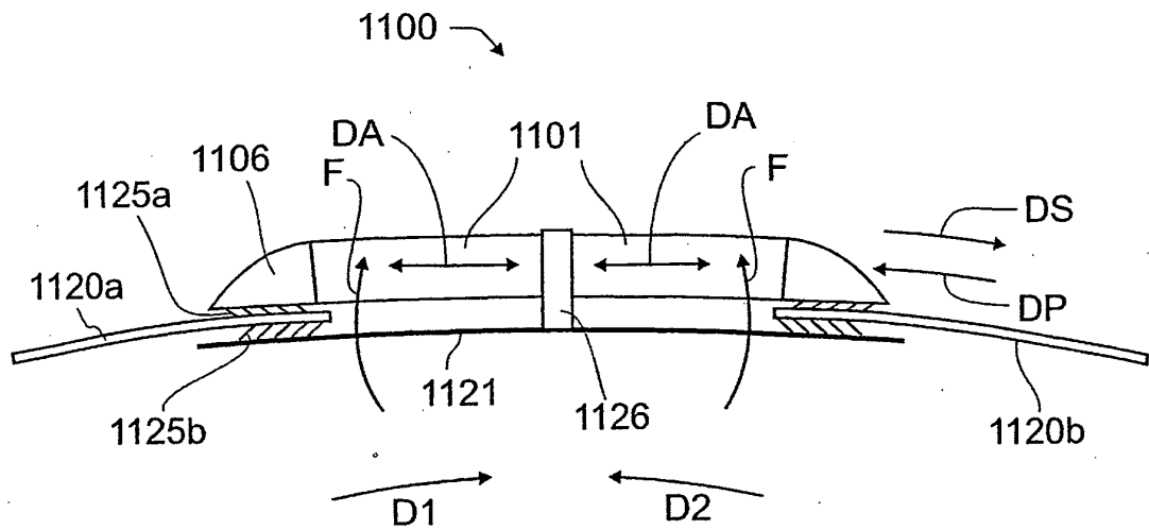


Fig 15a

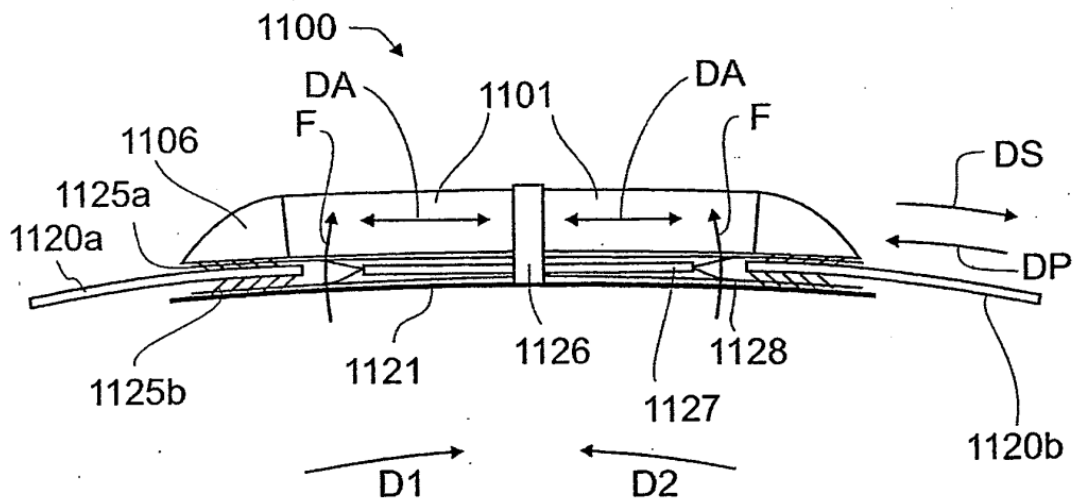
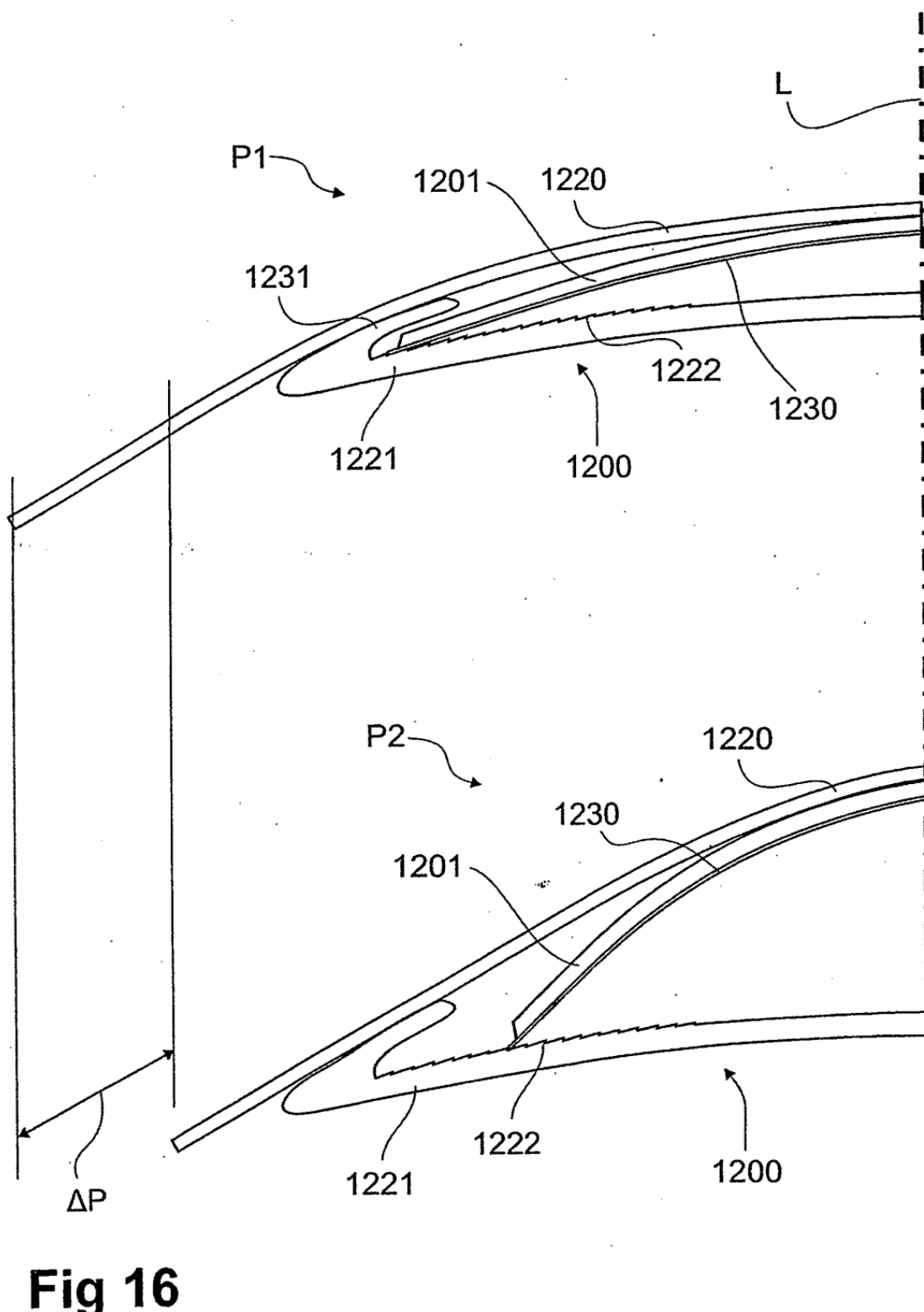


Fig 15b



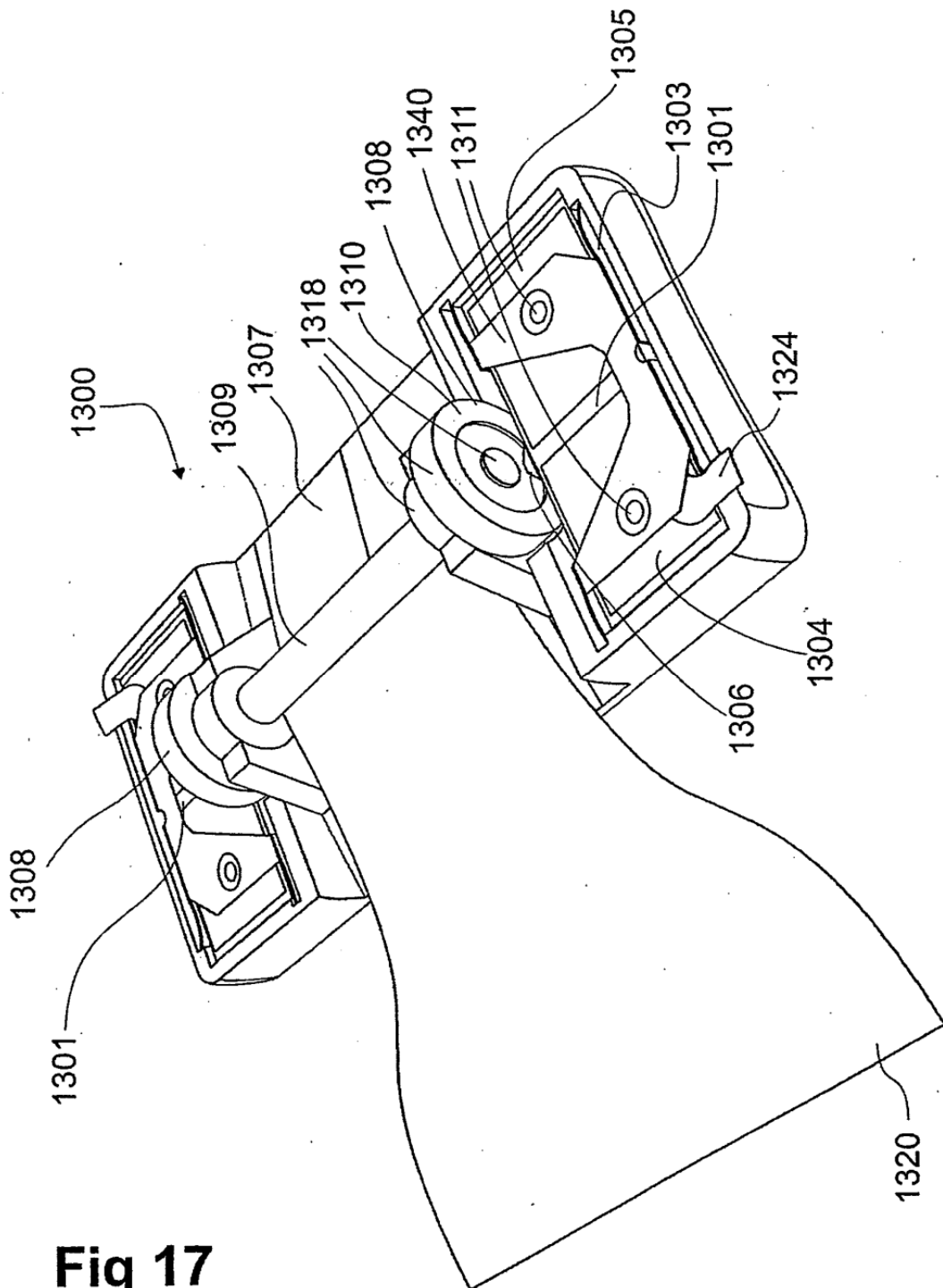


Fig 17

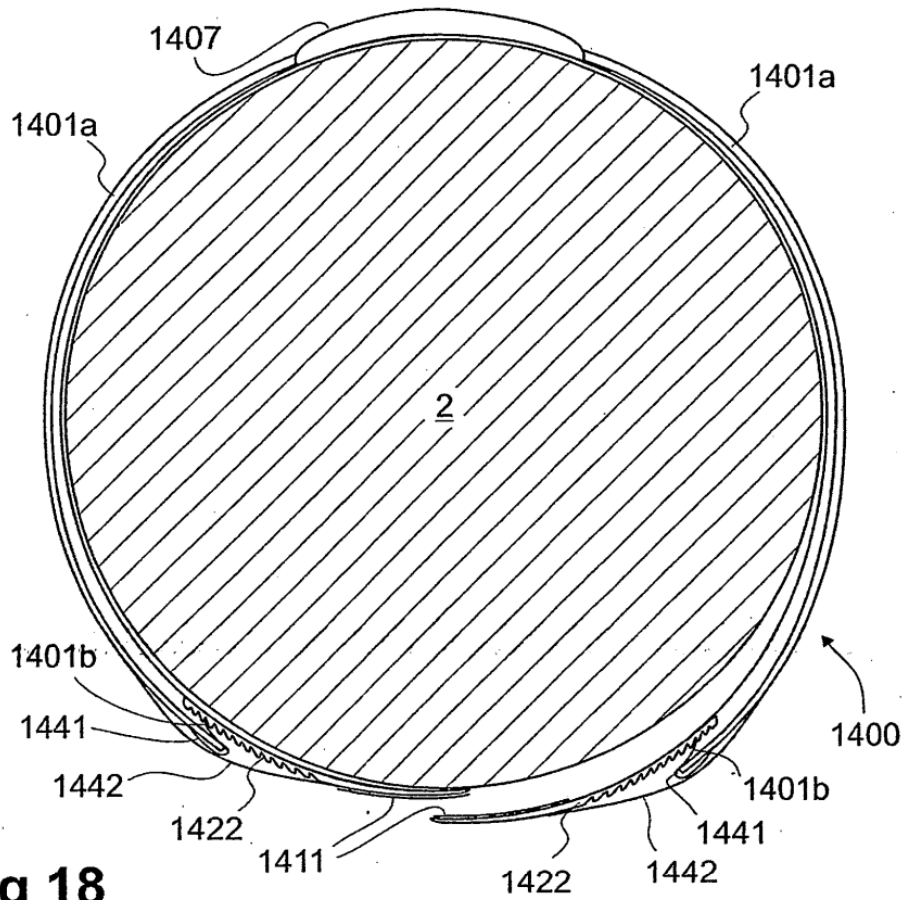


Fig 18

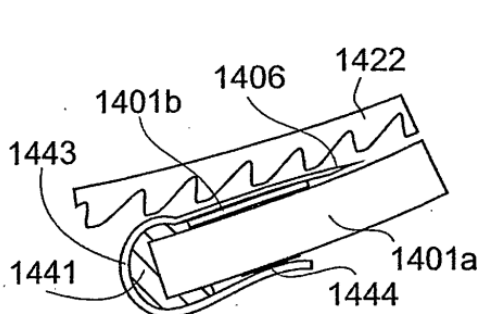


Fig 19a

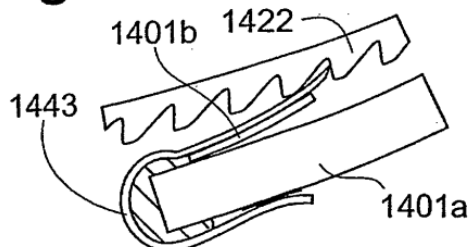


Fig 19b

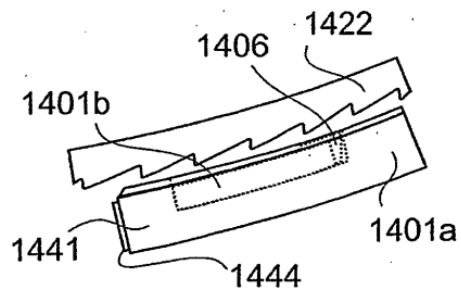


Fig 20a

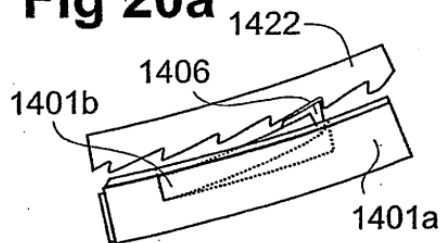


Fig 20b

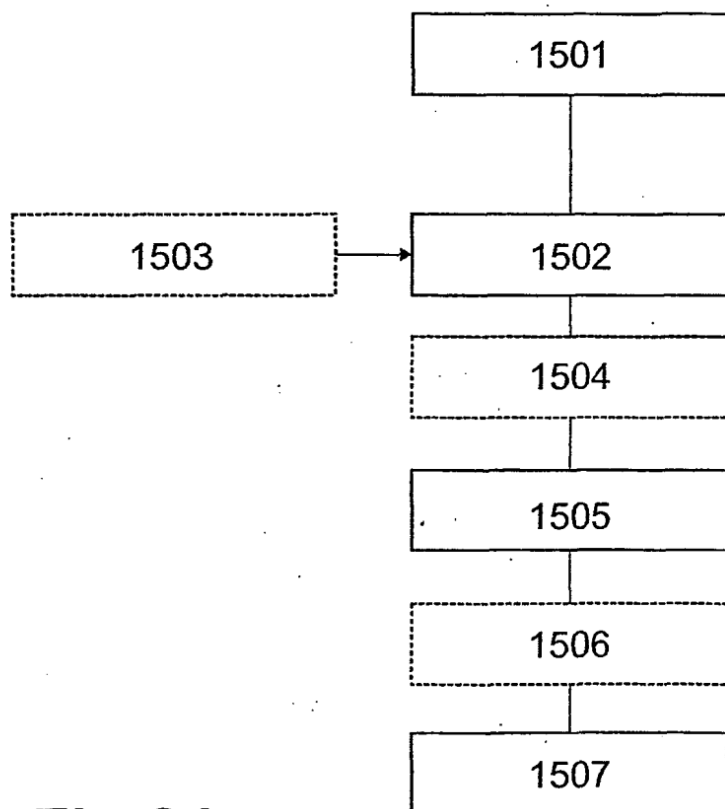
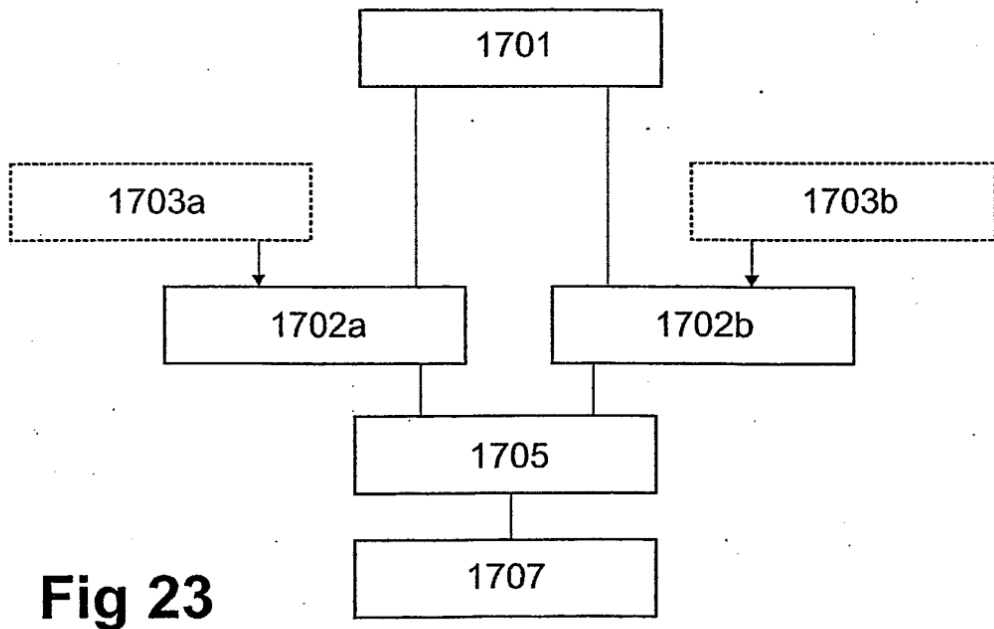
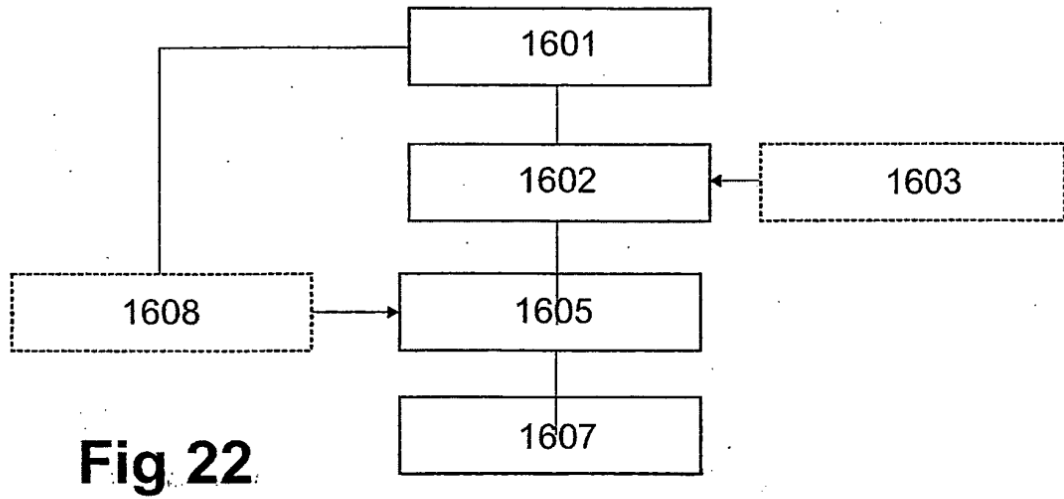


Fig 21



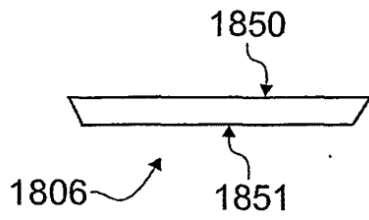


Fig 24a

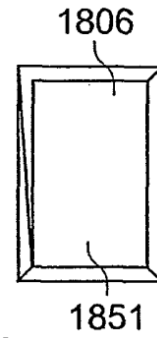


Fig 24b

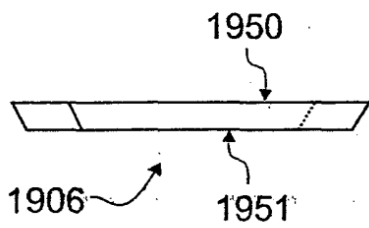


Fig 25a

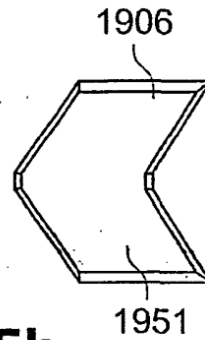


Fig 25b

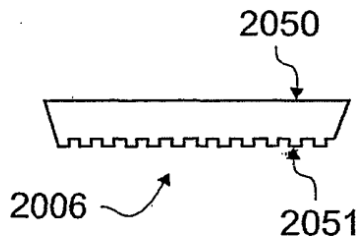
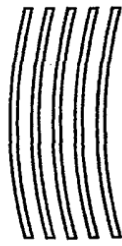


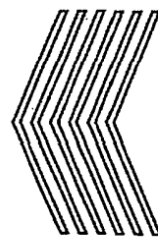
Fig 26a



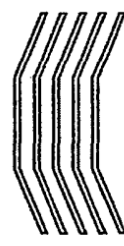
Fig 26b



26c



26d



25e

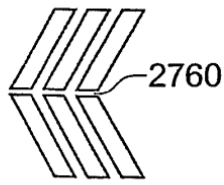


Fig 27a

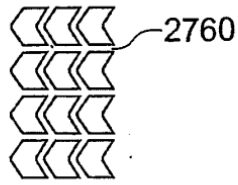


Fig 27b



Fig 27c

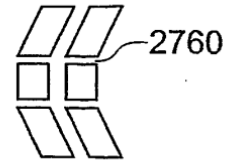


Fig 27d



Fig 27e

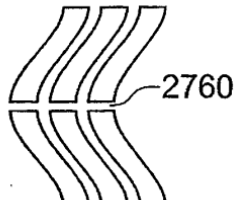


Fig 27f

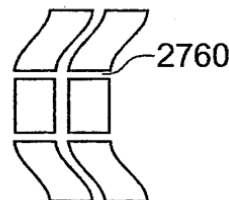


Fig 27g



Fig 27h



Fig 27i

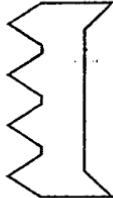


Fig 27j



Fig 27k



Fig 27l

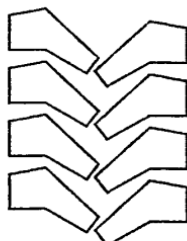


Fig 28a

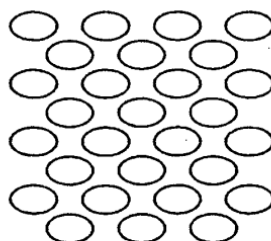


Fig 28b

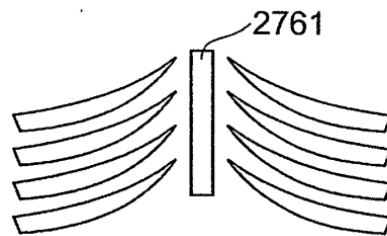


Fig 28c



Fig 28d

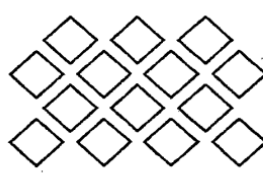


Fig 28e



Fig 28f