

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 925 645**

51 Int. Cl.:

B62D 57/02 (2006.01)

A63H 29/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2012** **E 12164285 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2022** **EP 2626282**

54 Título: **Robot escalador accionado por vibraciones**

30 Prioridad:

30.12.2011 CN 201110461296

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
19.10.2022

73 Titular/es:

**INNOVATION FIRST, INC. (100.0%)
1519 Int. 30 W.
Greenville, TX 75402, US**

72 Inventor/es:

**MIMLITCH, III, ROBERT H.;
NORMAN, DAVID ANTHONY;
NEEDEL, GREGORY E.;
WAEGELIN, JEFFREY R. y
LI, GUIJIANG**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 925 645 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

Robot escalador accionado por vibraciones

5 ANTECEDENTES

Esta memoria descriptiva se refiere a dispositivos que se mueven en función del movimiento y/o vibración oscilatoria, tal como se define en el documento US 2011/028069 A1.

- 10 Un ejemplo de movimiento accionado por vibraciones es un partido de fútbol por vibración eléctrica. Una superficie de metal horizontal vibrante induce a figuras de plástico inanimadas a moverse al azar o ligeramente en una dirección. Ejemplos más recientes de movimiento accionado por vibraciones usan fuentes de energía internas y un mecanismo vibratorio ubicado en un vehículo.
- 15 Un procedimiento para crear vibraciones que inducen el movimiento es el uso de motores de rotación que giran un eje unido a un contrapeso. La rotación del contrapeso induce un movimiento oscilatorio. Las fuentes de energía incluyen resortes de cuerda que son accionados manualmente o por motores eléctricos de CC. La tendencia más reciente es el uso de motores diseñados para hacer vibrar un buscapersonas o un teléfono móvil en modo silencioso. Vibrobots y Bristlebots son dos ejemplos modernos de vehículos que usan la vibración para inducir el movimiento. Por ejemplo,
- 20 dispositivos robóticos pequeños, como los Vibrobots y los Bristlebots, pueden usar motores con contrapesos para crear vibraciones. Las patas de los robots generalmente son hilos de metal o cerdas de plástico rígidas. La vibración hace que todo el robot vibre hacia arriba y hacia abajo, así como que gire. Estos dispositivos robóticos tienden a desviarse y girar porque no se logra un control direccional significativo.
- 25 Los Vibrobots tienden a usar largas patas de hilos de metal. La forma y el tamaño de estos vehículos varían ampliamente y por lo general varían desde dispositivos cortos de 50 mm (es decir, 2") hasta dispositivos de 250 mm (es decir, 10") de altura. Pies de caucho se añaden a menudo a las patas para evitar dañar las mesas y alterar el coeficiente de fricción. Los Vibrobots suelen tener 3 o 4 patas, aunque existen diseños con 10-20. La vibración del cuerpo y las patas crea un patrón de movimiento que es principalmente aleatorio en dirección y en rotación. La colisión
- 30 con las paredes no da como resultado una nueva dirección y el resultado es que la pared solo limita el movimiento en esa dirección. La apariencia de un movimiento realista es muy baja debido al movimiento altamente aleatorio.

- Los Bristlebots a veces se describen en la bibliografía como pequeños Vibrobots direccionales. Los Bristlebots usan cientos de cerdas cortas de nailon para las patas. La fuente más común de las cerdas, y el cuerpo del vehículo, es el
- 35 uso de toda la cabeza de un cepillo de dientes. Un motor de buscapersonas y una batería completan el diseño típico. El movimiento puede ser aleatorio y sin dirección dependiendo de la orientación del motor y del cuerpo y la dirección de las cerdas. Los diseños que usan cerdas inclinadas hacia atrás con un motor giratorio conectado pueden lograr una dirección general hacia adelante con cantidades variables de giro y deriva lateral. Las colisiones con objetos como paredes hacen que el vehículo se detenga, a continuación gire a la izquierda o a la derecha y continúe en una dirección
 - 40 general hacia adelante. La apariencia del movimiento realista es mínima debido a un movimiento de deslizamiento y una reacción similar a un zombi al golpear una pared.

- El documento JP2007253281 describe un robot de desplazamiento automático capaz de obtener un funcionamiento estable y suave sin ser influenciado por la forma de la superficie de la pared interna de una línea de tubería y el ángulo
- 45 de inclinación de una línea de tubería. En particular, un par de porciones de patas dispuestas para enfrentarse entre sí están dispuestas en la superficie externa de cada porción de patas para orientarse hacia afuera e inclinarse en un ángulo predeterminado con respecto a la superficie externa. Un medio de accionamiento proporcionado entre al menos un par de patas para conducir las patas una hacia la otra y separándose entre sí, al menos un par de patas. Y medios vibratorios proporcionados entre los medios vibratorios para aplicar vibración a las patas respectivas. El medio de
 - 50 accionamiento incluye un mecanismo de acoplamiento telescópico que conecta al menos un par de patas, un mecanismo deslizante que expande y contrae el mecanismo de acoplamiento y un mecanismo de accionamiento que acciona el mecanismo deslizante.

RESUMEN

- 55 En general, un aspecto innovador de la materia descrita en esta memoria descriptiva puede incorporarse en un aparato que incluye, entre otros, un cuerpo, un mecanismo vibratorio acoplado al cuerpo y una pluralidad de apéndices, cada uno con una base de apéndice proximal al cuerpo y una punta de apéndice distal al cuerpo. Al menos una porción de la pluralidad de apéndices está adaptada para hacer que el aparato se mueva a través de una superficie en una
- 60 dirección hacia adelante generalmente definida por un desplazamiento longitudinal entre la base del apéndice y la punta del apéndice a medida que el mecanismo vibratorio hace que el aparato vibre. Además, la pluralidad de apéndices incluye dos o más apéndices dispuestos de manera que las puntas de los apéndices de los dos o más apéndices estén adaptadas para entrar en contacto con superficies opuestas para producir una fuerza neta en una

dirección generalmente definida por un desplazamiento longitudinal entre la base de los apéndices y la punta de los apéndices de los dos o más apéndices a medida que el mecanismo vibratorio hace que el aparato vibre.

Estos incluyen una o más de las siguientes características, algunas son opcionales y otras no lo son (para las características esenciales de la presente invención, consulte la reivindicación 1). Las superficies opuestas incluyen al menos dos superficies. Las superficies opuestas incluyen superficies opuestas que son sustancialmente paralelas entre sí. Las al menos dos superficies están dispuestas en un conducto al menos sustancialmente cerrado. La fuerza neta en una dirección generalmente definida por un desplazamiento entre la base del apéndice y la punta del apéndice de los dos o más apéndices excede una fuerza gravitacional opuesta en el aparato. La fuerza neta permite que el aparato suba entre superficies opuestas sustancialmente verticales. Cada uno de los dos o más apéndices, como resultado del contacto con una superficie correspondiente, produce una fuerza neta que incluye una fuerza de componente positiva en una dirección sustancialmente perpendicular a la superficie correspondiente y una fuerza de componente positiva en una dirección generalmente definida por un desplazamiento longitudinal entre la base del apéndice y la punta del apéndice. La fuerza de la componente positiva en la dirección sustancialmente perpendicular a la superficie correspondiente para uno de los dos o más apéndices es sustancialmente opuesta a la fuerza de la componente positiva en la dirección sustancialmente perpendicular a la superficie correspondiente para al menos otro apéndice de los dos o más apéndices. La pluralidad de apéndices incluye una pluralidad de patas generalmente dispuestas en una primera dirección y los dos o más apéndices incluyen un primer apéndice generalmente dispuesto en una segunda dirección sustancialmente opuesta a la primera dirección. Los dos o más apéndices incluyen además al menos dos patas de la pluralidad de patas, y las al menos dos patas y el primer apéndice están adaptados para permitir que el aparato suba entre superficies sustancialmente verticales que están separadas de modo que las puntas de apéndice de las al menos dos patas y la punta de apéndice del primer apéndice apliquen fuerzas alternas sobre las superficies opuestas. Las patas están dispuestas en dos filas, con la base del apéndice de las patas en cada fila acoplada al cuerpo sustancialmente a lo largo de un borde lateral del cuerpo. El cuerpo incluye una carcasa, un motor de rotación está situado dentro de la carcasa, las patas están acopladas integralmente a una porción de la carcasa en una base de pata, y al menos una porción de la carcasa está situada entre las dos filas de patas. Al menos uno de los dos o más apéndices se acopla de forma extraíble al cuerpo. La pluralidad de apéndices incluye una pluralidad de patas generalmente dispuestas en una primera dirección y los dos o más apéndices incluyen: un primer apéndice generalmente dispuesto en una segunda dirección sustancialmente perpendicular a la primera dirección; y un segundo apéndice generalmente dispuesto en una tercera dirección sustancialmente perpendicular a la primera dirección y sustancialmente opuesto a la segunda dirección. El mecanismo vibratorio incluye un motor de rotación que hace girar una carga excéntrica. La pluralidad de apéndices incluye una pluralidad de patas generalmente dispuestas en una primera dirección, el motor de rotación tiene un eje de rotación que pasa dentro de aproximadamente 20 % del centro de gravedad del aparato como un porcentaje de la altura del aparato, y la carcasa está configurada para facilitar el rodamiento del aparato alrededor de un centro de gravedad longitudinal del aparato, basado en una rotación de la carga excéntrica, con el aparato en una superficie sustancialmente plana cuando las patas no están orientadas de manera que una punta de pata de al menos una pata en cada cara lateral del cuerpo entre en contacto con una superficie sustancialmente nivelada. Las pluralidad de patas está dispuesta en dos filas y las filas son sustancialmente paralelas al eje de rotación del motor de rotación, y al menos algunas de las puntas de patas que entran en contacto con la superficie sustancialmente plana tienden a impedir sustancialmente que el aparato ruede basado en una separación de las dos filas de patas cuando las patas están orientadas de manera que una punta de pata de al menos una pata en cada cara lateral del cuerpo entra en contacto con la superficie sustancialmente plana. Al menos uno de los dos o más apéndices está hacia adelante de un centro de gravedad longitudinal del aparato. Cada uno de la pluralidad de apéndices es construido a partir de un material flexible, moldeado por inyección y acoplado integralmente al cuerpo en la base del apéndice. Las fuerzas de rotación de la carga excéntrica interactúan con una característica resiliente de al menos un apéndice de accionamiento para hacer que el al menos un apéndice de accionamiento salga de una superficie de apoyo a medida que el aparato se traslada en la dirección hacia adelante. Un coeficiente de fricción de una porción de al menos un subconjunto de las patas que entran en contacto con una superficie de apoyo es suficiente para eliminar sustancialmente la deriva en una dirección lateral. La carga excéntrica está configurada para ubicarse hacia un extremo frontal del aparato con respecto a los apéndices de accionamiento, y el extremo frontal del aparato está definido por un extremo en una dirección en la que el aparato tiende principalmente a moverse a medida que el motor de rotación hace girar la carga excéntrica. La pluralidad de apéndices se moldea integralmente con al menos una porción del cuerpo. Al menos un subconjunto de la pluralidad de apéndices, incluidos los dos o más apéndices, son curvos, y una relación de un radio de curvatura de los apéndices curvos con respecto a la longitud de los apéndices está en un intervalo de 2,5 a 20.

En general, un aspecto de la presente descripción que no forma parte de la invención reivindicada se define en procedimientos que incluyen las acciones de inducir vibración de un dispositivo accionado por vibración, y hacer que el dispositivo suba en un conducto sustancialmente inclinado, y al menos parcialmente cerrado, usando dos o más apéndices que se desvían para permitir el movimiento del dispositivo en la dirección hacia adelante y que proporcionan resistencia al movimiento en una dirección hacia atrás que es opuesta a la dirección hacia adelante. El dispositivo accionado por vibraciones incluye un cuerpo y una pluralidad de patas moldeadas, cada una con una base de pata y una punta de pata en un extremo distal con respecto a la base de la pata. Las patas están acopladas al cuerpo en la

base de la pata e incluyen al menos una pata motriz elastomérica, y la vibración hace que el dispositivo se mueva en una dirección hacia adelante generalmente definida por un desplazamiento entre la base de la pata y la punta de la pata de la al menos una pata motriz a medida que el dispositivo vibra. Los dos o más apéndices proporcionan además fuerzas sustancialmente opuestas en el dispositivo, donde cada fuerza opuesta está en una dirección sustancialmente

5 ortogonal a la dirección hacia adelante.

Las mismas pueden incluir una o más de las siguientes características. El dispositivo está apoyado en una superficie, y se induce al dispositivo o se hace que se mueva a través de la superficie en la dirección hacia adelante generalmente definida por un desplazamiento entre la base de la pata y la punta de la pata de la al menos una pata motriz a medida

10 que el dispositivo vibra. La vibración del dispositivo hace que la al menos una pata motriz se desvíe en una dirección opuesta a la dirección hacia adelante sin deslizamiento sustancial de la al menos una pata motriz en la superficie cuando las fuerzas netas en la al menos una pata motriz están hacia abajo, y la resiliencia de la al menos una pata motriz elastomérica hace que la al menos una pata motriz se desvíe en la dirección hacia adelante cuando las fuerzas netas en la al menos una pata motriz están hacia arriba. La inducción de vibración incluye la rotación de una carga

15 excéntrica. Los dos o más apéndices están unidos al cuerpo del dispositivo. Al menos uno de los dos o más apéndices comprende una de la pluralidad de patas y al menos uno de los dos o más apéndices está acoplado a una cara superior del cuerpo. Los dos o más apéndices están acoplados al conducto y entran en contacto con el cuerpo del dispositivo. Los dos o más apéndices incluyen al menos tres apéndices. Los dos o más apéndices están adaptados para permitir que el dispositivo suba por un conducto vertical. Los dos o más apéndices están acoplados al cuerpo del dispositivo,

20 y el conducto, el cuerpo del dispositivo y los dos o más apéndices están configurados de modo que cada uno de los dos o más apéndices están repetidamente en contacto con una superficie interna del conducto durante períodos suficientes para producir un movimiento generalmente hacia adelante. La vibración del dispositivo hace que al menos uno de los dos o más apéndices se desvíe en una dirección opuesta a la dirección hacia adelante sin un deslizamiento sustancial del al menos un apéndice en una superficie interna correspondiente del conducto cuando las fuerzas netas

25 en el al menos un apéndice están dirigidas hacia la superficie interna correspondiente, y la resiliencia del al menos un apéndice hace que el al menos un apéndice se desvíe en la dirección hacia adelante cuando las fuerzas netas en el al menos un apéndice están dirigidas alejándose de la superficie interna correspondiente.

En general, un aspecto de la presente descripción que no forma parte de la invención reivindicada se define en un

30 aparato que incluye un cuerpo, un mecanismo vibratorio acoplado al cuerpo y pluralidad de apéndices, cada uno con una base de apéndice proximal al cuerpo y una punta de apéndice distal al cuerpo. Al menos un subconjunto de la pluralidad de apéndices se extiende desde el cuerpo, está dispuesto de manera que cada uno de los apéndices en el subconjunto entre en contacto con una de una pluralidad de superficies sustancialmente paralelas, y está adaptado para hacer que el aparato suba por una superficie sustancialmente inclinada a medida que la vibración inducida por el

35 mecanismo vibratorio hace que los apéndices en el subconjunto entren en contacto al menos alternativamente con una de la pluralidad de superficies sustancialmente paralelas.

Las mismas pueden incluir una o más de las siguientes características. La vibración inducida por el mecanismo vibratorio hace que al menos uno de los apéndices en el subconjunto mantenga contacto al menos sustancialmente

40 constante con una de la pluralidad de superficies sustancialmente paralelas y al menos uno de los apéndices en el subconjunto entre en contacto alternativamente y salga de una superficie opuesta de la pluralidad de superficies sustancialmente paralelas. Al menos uno de los apéndices en el subconjunto mantiene contacto al menos sustancialmente constante con una de la pluralidad de superficies sustancialmente paralelas y al menos uno de los apéndices en el subconjunto mantiene contacto sustancialmente constante con una superficie opuesta de la pluralidad

45 de superficies sustancialmente paralelas. El contacto de cada uno de al menos dos de los apéndices en el subconjunto con una superficie correspondiente de la pluralidad de superficies proporciona fuerzas sustancialmente opuestas que facilitan la escalada de la superficie sustancialmente inclinada por el aparato. El subconjunto de la pluralidad de apéndices se adapta para producir una fuerza en una dirección hacia adelante generalmente definida por un desplazamiento longitudinal entre una base de apéndices proximal al cuerpo y una punta de apéndices distal del

50 cuerpo ya que el mecanismo de vibración hace que los apéndices mantengan sustancialmente un contacto constante con las dos en contacto alternativamente con una de la pluralidad de superficies paralelas. Cada uno de los apéndices en el subconjunto está curvado en una dirección sustancialmente opuesta a la dirección hacia adelante y construido a partir de un material elastomérico.

En general, un aspecto de la presente descripción que no forma parte de la invención reivindicada se define en un sistema que incluye un conducto inclinado que tiene dos superficies opuestas sustancialmente paralelas, un dispositivo autónomo que incluye un cuerpo, un mecanismo vibratorio acoplado al cuerpo y una pluralidad de apéndices, cada uno con una base de apéndice proximal al cuerpo y una punta de apéndice distal al cuerpo. Al menos una porción de la pluralidad de apéndices está adaptada para hacer que el aparato se mueva a través de una superficie en una

60 dirección hacia adelante generalmente definida por un desplazamiento longitudinal entre la base del apéndice y la punta del apéndice a medida que el mecanismo vibratorio hace que el aparato vibre. La pluralidad de apéndices incluye dos o más apéndices dispuestos de manera que las puntas de los apéndices de los dos o más apéndices estén adaptadas para entrar en contacto con las dos superficies opuestas sustancialmente paralelas para producir una

fuerza neta en una dirección definida generalmente por un desplazamiento longitudinal entre la base de los apéndices y la punta de los apéndices de los dos o más apéndices a medida que el mecanismo vibratorio hace que el aparato vibre. La fuerza neta hace que el dispositivo autónomo suba por el conducto inclinado.

- 5 Las mismas pueden incluir una o más de las siguientes características. El conducto comprende un tubo. El conducto tiene un ancho suficiente para permitir que dos de los dispositivos autónomos pasen entre sí. El conducto incluye al menos uno de entre un componente recto, un componente curvo, un componente de intersección o un conector. Una pluralidad de componentes de conducto está adaptada para conectarse para crear un hábitat.
- 10 Los detalles de una o más realizaciones de la materia objeto descrito en esta memoria descriptiva se exponen en los dibujos adjuntos y en la descripción que sigue. Otras características, aspectos y ventajas de la materia objeto resultarán evidentes a partir de la descripción, los dibujos y las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

- 15 La FIG. 1 es un diagrama que ilustra un ejemplo de dispositivo activado por vibración.
Las FIGS. 2A, 2B, 3A y 3B son diagramas que ilustran ejemplos de fuerzas que están involucradas con el movimiento del dispositivo activado por vibración de la FIG. 1;
La FIG. 4 muestra una vista frontal de ejemplo que indica un centro de gravedad para el dispositivo.
- 20 La FIG. 5 muestra una vista lateral de ejemplo que indica un centro de gravedad para el dispositivo.
La FIG. 6 muestra un dispositivo de ejemplo que incluye un par de apéndices escaladores laterales, que no forman parte de la presente invención.
Las FIGS. 7A y 7B muestran ejemplos de dimensiones del dispositivo.
Las FIGS. 7C y 7D muestran colectivamente un ejemplo de un apéndice acoplable de forma extraíble para el
- 25 dispositivo.
Las FIGS. 7E y 7F muestran otro ejemplo de un apéndice acoplable de forma extraíble para el dispositivo.
La FIG. 8 muestra un ejemplo de configuración de materiales de ejemplo a partir de los cuales se puede construir el dispositivo.
La FIG. 9A muestra un entorno de ejemplo, que no forma parte de la presente invención, en el que el dispositivo
- 30 puede funcionar y escalar dentro de un conducto.
La FIG. 9B muestra el entorno de ejemplo en el que el dispositivo ha subido dentro de y hasta cerca de la parte superior del conducto.
La FIG. 9C muestra un conducto en bucle de ejemplo, que no forma parte de la presente invención, en forma de un bucle doble.
- 35 La FIG. 9D es un diagrama de un conducto, que no forma parte de la presente invención, adaptado para facilitar la escalada por un dispositivo activado por vibración.
La FIG. 10A es un diagrama de flujo de un procedimiento, que no forma parte de la presente invención, para operar un dispositivo activado por vibración.
La FIG. 10B es un diagrama de flujo de un procedimiento, que no forma parte de la presente invención, para que
- 40 el dispositivo activado por vibración suba.
La FIG. 11 es un diagrama de flujo de un procedimiento, que no forma parte de la presente invención, para construir un dispositivo activado por vibración.
La FIG. 12A muestra un hábitat de tubo de ejemplo, que no forma parte de la presente invención, en el que múltiples dispositivos pueden funcionar e interactuar.
- 45 La FIG. 12B muestra una vista superior del hábitat de tubo. 10
Las FIGS. 13A a 13D muestran varias vistas de un montaje de tubo recto de ejemplo, que no forma parte de la presente invención.
Las FIGS. 13E a 13G muestran ejemplos de dimensiones del montaje de tubo recto.
Las FIGS. 13H a 13K muestran varias vistas de un ejemplo de montaje de tubo curvo, que no forma parte de la
- 50 presente invención.
Las FIGS. 13L a 13Q muestran varias vistas de un ejemplo de montaje de tubo en forma de Y, que no forma parte de la presente invención.
Las FIGS. 13R a 13W muestran varias vistas de un ejemplo de montaje de tubo en bucle, que no forma parte de la presente invención.
- 55 Las FIGS. 14A a 14D muestran varias vistas de un conector de ejemplo, que no forma parte de la presente invención.
Las FIGS. 14E a 14H muestran varias vistas de otro conector de ejemplo, que no forma parte de la presente invención.
La FIG. 15A es una vista lateral del dispositivo activado por vibración alternativo, que no forma parte de la presente
- 60 invención.
La FIG. 15B es una vista superior del dispositivo activado por vibración alternativo.
La FIG. 15C es una vista frontal del dispositivo activado por vibración alternativo.
La FIG. 15D es una vista lateral del dispositivo activado por vibración alternativo a medida que se mueve a través

de un ejemplo de conducto curvado hacia arriba.

Números de referencia y designaciones iguales en los diversos dibujos indican elementos iguales.

5 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Dispositivos robóticos pequeños, o vehículos activados por vibración, pueden diseñarse para moverse a través de una superficie, por ejemplo, un piso, mesa, otra superficie relativamente plana o lisa, o una superficie curva cóncava o convexa (por ejemplo, en cualquier dirección). El dispositivo robótico está adaptado para moverse de forma autónoma y, en algunas implementaciones, girar en direcciones aparentemente aleatorias. En general, los dispositivos robóticos incluyen un cuerpo (o carcasa), múltiples apéndices (por ejemplo, patas y otros apéndices) y un mecanismo vibratorio (por ejemplo, un motor o mecanismo de devanado mecánico con resorte que hace girar una carga excéntrica, un motor u otro mecanismo adaptado para inducir la oscilación de un contrapeso u otra disposición de componentes adaptados para alterar rápidamente el centro de masa del dispositivo). Como resultado, los dispositivos robóticos en miniatura, cuando están en movimiento, pueden parecerse a la vida orgánica, como insectos o bichos.

El movimiento del dispositivo robótico puede ser inducido por el movimiento de un motor de rotación dentro del mismo, o acoplado al dispositivo, en combinación con un peso en rotación con un centro de masa que está desplazado con respecto al eje de rotación del motor. El movimiento de rotación del peso provoca que el motor y el dispositivo robótico al que está unido vibren. En algunas implementaciones, la rotación se encuentra aproximadamente en el intervalo de 6000-9000 revoluciones por minuto (rpm), aunque se pueden usar valores de rpm más altos o más bajos. A modo de ejemplo, el dispositivo puede utilizar el tipo de mecanismo de vibración que existe en muchos buscapersonas y teléfonos móviles que, cuando están en modo de vibración, hacen que el buscapersonas o el teléfono móvil vibre. La vibración inducida por el mecanismo de vibración puede hacer que el dispositivo se mueva a través de la superficie (p. ej., el piso), p. ej., usando patas que están configuradas para flexionarse alternativamente (en una dirección particular) y regresar a la posición original a medida que la vibración hace que el dispositivo se mueva hacia arriba y hacia abajo.

Se pueden incorporar varias características en los dispositivos robóticos. Por ejemplo, varias implementaciones de los dispositivos pueden incluir variaciones de ciertas características, por ejemplo, la forma de las patas y/u otros apéndices, la cantidad de patas y/u otros apéndices, las características de fricción de la pata y/u otras puntas de apéndices, la rigidez o flexibilidad relativa de las patas y/u otros apéndices, la resiliencia de las patas y/u otros apéndices, la ubicación relativa del contrapeso giratorio con respecto a las patas y/u otros apéndices/patas, etc. Por ejemplo, las variaciones de ciertas características pueden facilitar la transferencia eficiente de vibraciones al movimiento hacia adelante, incluido el movimiento hacia adelante que puede permitir que el dispositivo suba en cualquier ángulo y cualquier orientación, incluida la orientación *boca arriba*, *boca abajo* y hacia los lados. La velocidad y dirección del movimiento del dispositivo robótico puede depender de muchos factores, incluyendo la velocidad de rotación del motor, el tamaño del peso de desplazamiento acoplado al motor, el suministro de energía, las características (por ejemplo, tamaño, orientación, forma, material, resiliencia, características de fricción, etc.) de los apéndices acoplados a la carcasa del dispositivo, las propiedades de la superficie en la que funciona el dispositivo, el peso total del dispositivo, etc. Si bien, en general, los apéndices incluyen patas sobre las que el dispositivo descansa en una superficie sustancialmente plana y mediante las cuales se logra el movimiento hacia adelante en la superficie, los apéndices también pueden incluir apéndices sin patas (por ejemplo, en la parte superior o los lados del dispositivo) que proporcionan otras capacidades de movimiento para el dispositivo, tal como la capacidad del dispositivo de ascender, como se describirá a continuación.

En algunas implementaciones, los dispositivos incluyen características que están diseñadas para compensar una tendencia del dispositivo a girar como resultado de la rotación del contrapeso y/o para alterar la tendencia y dirección de giro entre diferentes dispositivos robóticos. Los componentes del dispositivo pueden posicionarse para mantener un centro de gravedad (o centro de masa) relativamente bajo para desalentar el vuelco (por ejemplo, en función de la distancia lateral entre las puntas de las patas) y para alinear los componentes con el eje de rotación del motor giratorio para fomentar el rodamiento (por ejemplo, cuando el dispositivo no está en posición vertical). Del mismo modo, el dispositivo se puede diseñar para fomentar el auto-enderezamiento en función de características que tienden a fomentar el rodamiento cuando el dispositivo está sobre su parte posterior (espalda) o sobre su parte lateral en combinación con la planitud relativa del dispositivo cuando está en posición vertical (por ejemplo, cuando el dispositivo está "de pie" en las puntas de sus patas). Las características del dispositivo también se pueden utilizar para aumentar la apariencia del movimiento aleatorio y para hacer que el dispositivo parezca responder inteligentemente a los obstáculos. Las diferentes configuraciones y ubicaciones de las patas también pueden inducir diferentes tipos de movimiento y/o diferentes respuestas a vibraciones, obstáculos u otras fuerzas. Además, se pueden usar longitudes de pata ajustables para proporcionar cierto grado de capacidad de dirección. En algunas implementaciones, los dispositivos robóticos pueden simular objetos de la vida real, tales como insectos rastreros, roedores u otros animales e insectos.

La FIG. 1 es un diagrama que ilustra un ejemplo de dispositivo activado por vibración 100 que tiene la forma de un insecto. El dispositivo 100 incluye un cuerpo (p. ej., una carcasa 102, que se asemeja al cuerpo del insecto) y apéndices (p. ej., patas 104). Dentro de (o acoplados a) la carcasa 102 se encuentran los componentes que controlan y proporcionan movimiento para el dispositivo 100, que incluyen un motor de rotación, suministro de energía (por ejemplo, una batería) y un interruptor de encendido/apagado. Cada uno de los apéndices (por ejemplo, patas 104) incluye una punta de apéndice (por ejemplo, una punta de pata 106a) y una base de apéndice (por ejemplo, una base de pata 106b). Las bases de los apéndices son proximales al cuerpo, y las puntas de los apéndices son distales del cuerpo. Las propiedades de los apéndices (por ejemplo, las patas 104), que incluyen la posición de cada base de apéndices (por ejemplo, la base de las patas 106b) con respecto a la punta de los apéndices (por ejemplo, la punta de las patas 106a), pueden contribuir a la dirección y velocidad en la que el dispositivo 100 tiende a moverse. Por ejemplo, cada base de apéndice se ubica más adelante que la punta y esta configuración permite que el dispositivo 100 se mueva generalmente en la dirección hacia adelante. El dispositivo 100 se representa en una posición vertical (es decir, de pie sobre las patas 104) en una superficie de apoyo 110 (por ejemplo, un piso sustancialmente plano, una superficie de mesa, etc. que contrarresta las fuerzas gravitacionales).

Como se muestra en la FIG. 1, la carcasa 102 incluye al menos una parte delantera 111a, una parte trasera 111b, caras laterales, una parte superior y una parte inferior. El dispositivo 100 tiende a moverse hacia la parte delantera 111a del dispositivo 100 en función de la configuración de los apéndices. La pluralidad de apéndices incluye una pluralidad de patas 104 que generalmente están dispuestas en una primera dirección (por ejemplo, que se extienden sustancialmente hacia abajo desde la parte inferior de la carcasa 102). La pluralidad de apéndices también incluyen uno o más apéndices que no son de pata generalmente dispuestos en al menos una segunda dirección (por ejemplo, que se extienden sustancialmente hacia arriba desde la parte superior de la carcasa 102, hacia afuera desde el lado de la carcasa 102, o alguna combinación de los mismos. En algunas implementaciones, la primera y la segunda dirección son sustancialmente opuestas entre sí, mientras que, en otras implementaciones, los apéndices sin pata pueden oponerse sustancialmente entre sí o, en combinación, proporcionar una fuerza que está en oposición sustancial a la pluralidad de patas 104 cuando los apéndices sin pata están en contacto con una superficie.

Por ejemplo, los apéndices sin pata también incluyen uno o más apéndices escaladores (por ejemplo, un apéndice escalador superior 105) que están dispuestos en direcciones opuestas a las patas 104. Por ejemplo, a diferencia de las patas 104 que apuntan generalmente hacia abajo desde la carcasa 102 (por ejemplo, hacia la superficie 110), el apéndice escalador superior 105 apunta generalmente hacia arriba. Como se muestra en la FIG. 1, el apéndice escalador superior 105 puede ser más corto que la longitud de las patas 104, pero lo suficientemente largo como para proyectarse más alto que el punto más alto en la carcasa 102. Además, el apéndice escalador superior 105 puede proyectarse un poco más lejos del centro de gravedad de la carcasa 102 que, un poco menos que, o aproximadamente la misma distancia que las patas 104 proyectan por debajo del centro de gravedad de la carcasa 102. Como se muestra, el apéndice escalador superior 105 puede tener aproximadamente la misma curvatura y pendiente que las patas 104, y el apéndice escalador superior 105 se puede situar de modo que la punta de apéndice del apéndice escalador superior 105 esté cerca de las puntas de las patas delanteras 104a, por ejemplo, en la dirección de desplazamiento longitudinal del dispositivo. Son posibles otras implementaciones. Por ejemplo, el apéndice escalador superior 105 puede estar más adelante o más atrás de la carcasa 102. En otro ejemplo, el apéndice escalador superior 105 puede tener una forma y tamaño diferentes (por ejemplo, incluyendo la curvatura del apéndice). En algunas implementaciones, pueden existir múltiples apéndices escaladores superiores 105, tal como en filas y/o columnas con respecto a la dirección hacia adelante del dispositivo 100.

45 Descripción general de las patas

Las patas 104 pueden incluir las patas delanteras 104a, las patas centrales 104b y las patas traseras 104c. Por ejemplo, el dispositivo 100 puede incluir un par de patas delanteras 104a que pueden diseñarse para funcionar de manera diferente a las patas centrales 104b y las patas traseras 104c. Por ejemplo, las patas delanteras 104a pueden configurarse para proporcionar una fuerza motriz para el dispositivo 100 al ponerse en contacto con una superficie subyacente 110 y provocar que el dispositivo salte hacia adelante a medida que el dispositivo vibra. Las patas centrales 104b pueden ayudar a proporcionar soporte para contrarrestar la fatiga del material (por ejemplo, después de que el dispositivo 100 se apoya en las patas 104 durante largos períodos de tiempo) que eventualmente puede causar que las patas delanteras 104a se deformen y/o pierdan resiliencia. En algunas implementaciones, el dispositivo 100 puede excluir las patas centrales 104b e incluir solo las patas delanteras 104a y las patas traseras 104c. En algunas implementaciones, las patas delanteras 104a y una o más patas traseras 104c pueden diseñarse para estar en contacto con una superficie, mientras que las patas centrales 104b pueden estar ligeramente alejadas de la superficie de modo que las patas centrales 104b no introducen fuerzas de arrastre y/o fuerzas de salto adicionales significativas que pueden dificultar el logro de los movimientos deseados (por ejemplo, tendencia a moverse en una línea relativamente recta y/o una cantidad deseada de aleatoriedad de movimiento).

En algunas implementaciones, el dispositivo 100 se puede configurar de modo que solo dos patas delanteras 104a y una pata trasera 104c estén en contacto con una superficie sustancialmente plana 110, incluso si el dispositivo incluye

más de una pata trasera 104c y varias patas centrales 104b. En otras implementaciones, el dispositivo 100 puede estar configurado de manera que solo una pata delantera 104a y dos patas traseras 104c estén en contacto con una superficie plana 110. A lo largo de esta memoria descriptiva, las descripciones de estar en contacto con la superficie pueden incluir un grado relativo de contacto. Por ejemplo, cuando una o más de las patas delanteras 104a y una o más de las patas traseras 104c se describen como que están en contacto con una superficie sustancialmente plana 110 y las patas centrales 104b se describen como que no están en contacto con la superficie 110, también es posible que las patas delanteras y traseras 104a y 104c simplemente puedan ser suficientemente más largas que las patas centrales 104b (y suficientemente rígidas) de manera que las patas delanteras y traseras 104a y 104c proporcionan más soporte para el peso del dispositivo 100 que las patas centrales 104b, aunque las patas centrales 104b están técnicamente realmente en contacto con la superficie 110. En algunas implementaciones, incluso las patas que tienen una menor contribución al apoyo del dispositivo pueden, sin embargo, estar en contacto cuando el dispositivo 100 está en una posición vertical, especialmente cuando la vibración del dispositivo provoca un movimiento hacia arriba y hacia abajo que comprime y dobla las patas motrices y permite que las patas adicionales entren en contacto con la superficie 110. Se puede obtener una mayor previsibilidad y control del movimiento (por ejemplo, en una dirección recta) construyendo el dispositivo de modo que una cantidad suficientemente pequeña de patas (por ejemplo, menos de veinte o menos de treinta) entre en contacto con la superficie de apoyo 110 y/o contribuya al soporte del dispositivo en posición vertical cuando el dispositivo se encuentra en reposo o cuando la carga excéntrica giratoria induce el movimiento. En este sentido, es posible que algunas patas proporcionen soporte incluso sin entrar en contacto con la superficie de apoyo 110 (por ejemplo, una o más patas cortas pueden proporcionar estabilidad al entrar en contacto con una pata más larga adyacente para aumentar la rigidez general de la pata más larga adyacente). Típicamente, sin embargo, cada pata es lo suficientemente rígida como para que cuatro o menos patas sean capaces de soportar el peso del dispositivo sin deformación sustancial (por ejemplo, menos del 5 % como un porcentaje de la altura de la base de pata 106b desde la superficie de apoyo 110 cuando el dispositivo 100 se encuentra en una posición vertical).

Se pueden usar diferentes longitudes de patas para introducir diferentes características de movimiento, como se analiza más adelante. Las diversas patas también pueden incluir diferentes propiedades, por ejemplo, diferentes rigideces o coeficientes de fricción, como se describe adicionalmente a continuación. Generalmente, las patas pueden disponerse en filas sustancialmente paralelas a lo largo de cada cara lateral del dispositivo 100 (por ejemplo, la FIG. 1 representa una fila de patas en la cara lateral derecha del dispositivo 100; una fila correspondiente de patas (no se muestra en la FIG. 1) puede estar situada a lo largo de la cara lateral izquierda del dispositivo 100).

En general, la cantidad de patas 104 que proporcionan un soporte significativo o cualquier soporte para el dispositivo puede ser relativamente limitada. Por ejemplo, el uso de menos de veinte patas que entran en contacto con la superficie de apoyo 110 y/o que proporcionan soporte para el dispositivo 100 cuando el dispositivo 100 está en una posición vertical (es decir, una orientación en la que una o más patas motrices 104a están en contacto con una superficie de apoyo) puede proporcionar más previsibilidad en las tendencias de movimiento direccional del dispositivo 100 (por ejemplo, una tendencia a moverse en una dirección relativamente recta y hacia adelante), o puede mejorar una tendencia a moverse relativamente rápido al aumentar la desviación potencial de una cantidad menor de patas, o puede minimizar la cantidad de patas que pueden necesitar ser alteradas para lograr el control direccional deseado, o puede mejorar la capacidad de fabricación de menos patas con espacio suficiente para permitir espacio para herramientas. Además de proporcionar soporte mediante el contacto con la superficie de apoyo 110, las patas 104 pueden proporcionar soporte mediante, por ejemplo, proporcionando mayor estabilidad para las patas que entran en contacto con la superficie 110. En algunas implementaciones, cada una de las patas que proporciona soporte independiente para el dispositivo 100 es capaz de soportar una parte sustancial del peso del dispositivo 100. Por ejemplo, las patas 104 pueden estar lo suficientemente rígidas como para que cuatro o menos patas sean capaces de sostener el dispositivo de forma estática (por ejemplo, cuando el dispositivo se encuentra en reposo) sin deformación sustancial de las patas 104 (por ejemplo, sin provocar que las patas se deformen de manera que el cuerpo del dispositivo 100 se mueva más del 5 % como un porcentaje de la altura de la base para las patas 106b desde la superficie de apoyo).

Como se describe aquí a un alto nivel, muchos factores o características pueden contribuir al movimiento y control del dispositivo 100. Por ejemplo, el centro de gravedad (CG) del dispositivo, y si está más hacia adelante o hacia la parte trasera del dispositivo, puede influir en la tendencia del dispositivo 100 a girar. Además, un CG más bajo puede ayudar a impedir que el dispositivo 100 se vuelque. La ubicación y distribución de las patas 104 con respecto al CG también puede impedir el vuelco. Por ejemplo, si los pares o filas de patas 104 en cada lado del dispositivo 100 están demasiado cerca entre sí y el dispositivo 100 tiene un CG relativamente alto (por ejemplo, en relación con la distancia lateral entre las filas o pares de patas), entonces el dispositivo 100 puede tener una tendencia a volcarse sobre su lado. Por lo tanto, en algunas implementaciones, el dispositivo incluye filas o pares de patas 104 que proporcionan una postura lateral más amplia (por ejemplo, los pares de patas delanteras 104a, patas centrales 104b y patas traseras 104c están separados por una distancia que define un ancho aproximado de la postura lateral) que una distancia entre el CG y una superficie de apoyo plana sobre la que el dispositivo 100 descansa en una posición vertical. Por ejemplo, la distancia entre el CG y la superficie de apoyo puede estar en el intervalo de 50-80 % del valor de la postura lateral (por ejemplo, si la postura lateral es de 12,7 mm (0,5 pulgadas), el CG puede estar en el intervalo de 6,3-10 mm (0,25-

0,4 pulgadas) de la superficie 110). Además, la ubicación vertical del CG del dispositivo 100 puede estar dentro de un intervalo de 40-60 % de la distancia entre un plano que pasa a través de las puntas de las patas 106a y la superficie sobresaliente más alta sobre el lado superior de la carcasa 102. En algunas implementaciones, una distancia 409a y 409b (como se muestra en la FIG. 4) entre cada fila de las puntas de las patas 104 y un eje longitudinal del dispositivo 100 que se extiende a través del CG puede ser aproximadamente igual o menor que la distancia 406 (como se muestra en la FIG. 4) entre las puntas 106a de dos filas de patas 104 para ayudar a facilitar la estabilidad cuando el dispositivo se apoya en ambas filas de patas.

El dispositivo 100 también puede incluir características que generalmente compensan la tendencia del dispositivo a girar. Las patas motrices (por ejemplo, las patas delanteras 104a) pueden configurarse de manera que una o más patas en una cara lateral del dispositivo 100 puedan proporcionar una mayor fuerza motriz que una o más patas correspondientes en el otra cara lateral del dispositivo 100 (por ejemplo, a través de longitudes de patas relativas, rigidez o resiliencia relativa, ubicación anterior/posterior relativa en la dirección longitudinal o distancia lateral relativa del CG). De manera similar, las patas de arrastre (por ejemplo, las patas traseras 104c) pueden configurarse de manera que una o más patas en un cara lateral del dispositivo 100 puedan proporcionar una fuerza de arrastre mayor que una o más patas correspondientes en la otra cara lateral del dispositivo 100 (por ejemplo, a través de longitudes de patas relativas, rigidez o resiliencia relativa, ubicación anterior/posterior relativa en la dirección longitudinal o distancia lateral relativa del CG). En algunas implementaciones, las longitudes de pata se pueden ajustar durante la fabricación o posteriormente para modificar (por ejemplo, aumentar o reducir) una tendencia del dispositivo a girar.

El movimiento del dispositivo también puede verse influenciado por la geometría de las patas 104. Por ejemplo, un desplazamiento longitudinal entre la punta de la pata (es decir, el extremo de la pata que toca la superficie 110) y la base de la pata (es decir, el extremo de la pata que se une a la carcasa del dispositivo) de cualquier pata motriz induce el movimiento en una dirección hacia adelante a medida que el dispositivo vibra. Incluir algo de curvatura, al menos en las patas motrices, facilita además el movimiento hacia adelante a medida que las patas tienden a doblarse, moviendo el dispositivo hacia adelante, cuando las vibraciones fuerzan el dispositivo hacia abajo y a continuación regresan a una configuración más recta a medida que las vibraciones fuerzan el dispositivo hacia arriba (por ejemplo, lo que resulta en saltar completa o parcialmente de la superficie, de modo que las puntas de las patas se mueven hacia adelante por encima o se deslizan hacia adelante a través de la superficie 110).

La capacidad de las patas para inducir el movimiento hacia adelante resulta en parte de la capacidad del dispositivo para vibrar verticalmente en las patas resilientes. Como se muestra en la FIG. 1, el dispositivo 100 incluye una cara inferior 122. El suministro de energía y el motor para el dispositivo 100 pueden estar contenidos en una cámara que se forma entre la cara inferior 122 y el cuerpo superior del dispositivo, por ejemplo. La longitud de las patas 104 crea un espacio 124 (al menos en las proximidades de las patas motrices) entre la cara inferior 122 y la superficie 110 en la que funciona el dispositivo 100. El tamaño del espacio 124 depende de hasta qué punto las patas 104 se extienden por debajo del dispositivo con respecto a la cara inferior 122. El espacio 124 proporciona lugar para que el dispositivo 100 (al menos en las proximidades de las patas motrices) se mueva hacia abajo a medida que la fuerza descendente periódica resultante de la rotación de la carga excéntrica hace que las patas se doblen. Este movimiento descendente puede facilitar el movimiento hacia adelante inducido por la flexión de las patas 104.

El dispositivo también puede incluir la capacidad de auto-enderezarse, por ejemplo, si el dispositivo 100 se vuelca o se sitúa sobre su lado o sobre su parte trasera (espaldas). Por ejemplo, construir el dispositivo 100 de manera que el eje de rotación del motor y la carga excéntrica estén aproximadamente alineados con el CG longitudinal del dispositivo 100 tiende a mejorar la tendencia del dispositivo 100 a rodar (es decir, en una dirección opuesta a la rotación del motor y la carga excéntrica). Además, la construcción de la carcasa del dispositivo para impedir que el dispositivo descansa sobre su parte superior o lateral (por ejemplo, usando una o más protuberancias en la parte superior y/o lateral de la carcasa del dispositivo) y para aumentar la tendencia del dispositivo a rebotar cuando está sobre su parte superior o lateral puede mejorar la tendencia a rodar. Además, construir las patas de un material suficientemente flexible y proporcionar espacio libre sobre el chasis de la carcasa de modo que las puntas de las patas se doblen hacia adentro puede ayudar a facilitar el rodamiento del dispositivo desde su lado hasta una posición vertical.

La FIG. 1 muestra un hombro del cuerpo 112 y una superficie lateral de la cabeza 114, que se puede construir a partir de caucho, elastómero u otro material resiliente, lo que contribuye a la capacidad del dispositivo de auto-enderezarse después de volcarse. El rebote desde el hombro 112 y la superficie lateral de la cabeza 114 puede ser significativamente mayor que el rebote lateral logrado desde las patas, que puede estar hecho de caucho o algún otro material elastomérico, pero que puede ser menos resiliente que el hombro 112 y la superficie lateral de la cabeza 114 (por ejemplo, debido a la rigidez lateral relativa del hombro 112 y la superficie lateral de la cabeza 114 en comparación con las patas 104). Las patas de caucho 104, que se pueden doblar hacia el interior hacia el cuerpo 102 a medida que el dispositivo 100 rueda, aumentan la tendencia de auto-enderezamiento, especialmente cuando se combinan con las fuerzas angulares/rodantes inducidas por la rotación de la carga excéntrica. El rebote desde el hombro 112 y la superficie lateral de la cabeza 114 también puede permitir que el dispositivo 100 se vuelva lo suficientemente suspendido en el aire como para que las fuerzas angulares inducidas por la rotación de la carga excéntrica puedan

hacer que el dispositivo gire, facilitando así el auto-enderezamiento.

- El dispositivo también se puede configurar para incluir un grado de aleatoriedad de movimiento, que puede hacer que el dispositivo 100 parezca comportarse como un insecto u otro objeto animado. Por ejemplo, la vibración inducida por la rotación de la carga excéntrica puede inducir además el salto como resultado de la curvatura y la "inclinación" de las patas. El salto puede inducir además una aceleración vertical (por ejemplo, lejos de la superficie 110) y una aceleración hacia adelante (por ejemplo, generalmente hacia la dirección de movimiento hacia adelante del dispositivo 100). Durante cada salto, la rotación de la carga excéntrica puede hacer que el dispositivo gire hacia un lado u otro dependiendo de la ubicación y dirección del movimiento de la carga excéntrica. El grado de movimiento aleatorio se puede aumentar si se usan patas relativamente más rígidas para aumentar la amplitud del salto. El grado de movimiento aleatorio puede estar influenciado por el grado en que la rotación de la carga excéntrica tiende a estar en fase o fuera de fase con el salto del dispositivo (por ejemplo, la rotación fuera de fase con respecto al salto puede aumentar la aleatoriedad del movimiento). El grado de movimiento aleatorio también puede estar influenciado por el grado en que las patas traseras 104c tienden a arrastrarse. Por ejemplo, el arrastre de las patas traseras 104c en ambas caras laterales del dispositivo 100 puede tender a mantener el dispositivo 100 que viaja en una línea más recta, mientras que las patas traseras 104c que tienden a no arrastrarse (por ejemplo, si las patas rebotan completamente del suelo) o el arrastre de las patas traseras 104c más en un lado del dispositivo 100 que en el otro puede tender a aumentar el giro.
- Otra característica es la "inteligencia" del dispositivo 100, que puede permitir que el dispositivo interactúe de una manera aparentemente inteligente con obstáculos, que incluyen, por ejemplo, rebotar en cualquier obstáculo (por ejemplo, paredes, etc.) que el dispositivo 100 encuentre durante el movimiento. Por ejemplo, la forma de la nariz 108 y los materiales a partir de los cuales se construye la nariz 108 pueden mejorar una tendencia del dispositivo a rebotar en los obstáculos y alejarse del obstáculo. Cada una de estas características puede contribuir a la forma en que se mueve el dispositivo 100, y se describirá a continuación con más detalle.

La FIG. 1 ilustra una nariz 108 que puede contribuir a la capacidad del dispositivo 100 para desviarse de los obstáculos. El lado izquierdo de la nariz 116a y el lado derecho de la nariz 116b pueden formar la nariz 108. Los lados de la nariz 116a y 116b pueden formar un punto poco profundo u otra forma que ayuda a hacer que el dispositivo 100 se desvíe de los obstáculos (por ejemplo, paredes) encontrados a medida que el dispositivo 100 se mueve en una dirección generalmente hacia adelante. El dispositivo 100 puede incluir un espacio dentro de la cabeza 118 que aumenta el rebote al hacer la cabeza más deformable elásticamente (es decir, reducir la rigidez). Por ejemplo, cuando el dispositivo 100 se estrella primero con la nariz contra un obstáculo, el espacio dentro de la cabeza 118 permite que la cabeza del dispositivo 100 se comprima, lo que proporciona un mayor control sobre el rebote del dispositivo 100 lejos del obstáculo que si la cabeza 118 se construye como un bloque de material más sólido. El espacio dentro de la cabeza 118 también puede absorber mejor el impacto si el dispositivo cae desde alguna altura (p. ej., una mesa). El hombro del cuerpo 112 y la superficie lateral de la cabeza 114, especialmente cuando se construyen a partir de caucho u otro material resiliente, también pueden contribuir a la tendencia del dispositivo a desviarse o rebotar de los obstáculos encontrados en un ángulo de incidencia relativamente alto.

Realizaciones de control remoto/inalámbrico

En algunas implementaciones, el dispositivo 100 incluye un receptor que puede, por ejemplo, recibir comandos de un conjunto de control remoto. Los comandos se pueden usar, por ejemplo, para controlar la velocidad y dirección del dispositivo, y si el dispositivo está en movimiento o en un estado inmóvil, por nombrar algunos ejemplos. En algunas implementaciones, los controles en el conjunto de control remoto pueden activar y desactivar el circuito que conecta el conjunto de energía (p. ej., batería) al motor del dispositivo, lo que permite que el operador del control remoto inicie y detenga el dispositivo 100 en cualquier momento. Otros controles (por ejemplo, un joystick, barra deslizante, etc.) en el conjunto de control remoto pueden hacer que el motor en el dispositivo 100 gire más rápido o más lento, lo que afecta la velocidad del dispositivo 100. Los controles pueden enviar al receptor en el dispositivo 100 señales diferentes, dependiendo de los comandos que corresponden al movimiento de los controles. Los controles también pueden encender y apagar un segundo motor unido a una segunda carga excéntrica en el dispositivo 100 para alterar las fuerzas laterales para el dispositivo 100, cambiando así una tendencia del dispositivo a girar y proporcionando así control de dirección. Los controles en un conjunto de control remoto también pueden hacer que los mecanismos en el dispositivo 100 alarguen o acorten una o más de las patas y/o desvíen una o más de las patas hacia adelante, hacia atrás o lateralmente para proporcionar control de dirección.

Movimiento de patas y salto

Las FIGS. 2A a 3B son diagramas que ilustran ejemplos de fuerzas que inducen el movimiento del dispositivo 100 de la FIG. 1; Algunas fuerzas son proporcionadas por un motor de rotación 202, que permite que el dispositivo 100 se mueva de forma autónoma a través de la superficie 110. Por ejemplo, el motor 202 puede hacer girar una carga excéntrica 210 que genera vectores de momento y fuerza 205-215 como se muestra en las FIGS. 2A-3B. El movimiento

del dispositivo 100 también puede depender en parte de la posición de las patas 104 con respecto al contrapeso 210 unido al motor de rotación 202. Por ejemplo, colocar el contrapeso 210 frente a las patas delanteras 104a aumentará la tendencia de las patas delanteras 104a para proporcionar la fuerza motriz primaria hacia adelante (es decir, al enfocar más de las fuerzas hacia arriba y hacia abajo en las patas delanteras). Por ejemplo, la distancia entre el

5 contrapeso 210 y las puntas de las patas motrices puede estar dentro de un intervalo de 20-100 % de una longitud promedio de las patas motrices. Mover el contrapeso 210 hacia atrás con respecto a las patas delanteras 104a puede hacer que otras patas contribuyan más a las fuerzas motrices.

La FIG. 2A muestra una vista lateral del dispositivo de ejemplo 100 que se muestra en la FIG. 1 y representa además un momento de rotación 205 (representado por la velocidad de rotación ω_m y del par motor T_m) y una fuerza vertical 206 representada por F_v ; La FIG. 2B muestra una vista superior del dispositivo de ejemplo 100 que se muestra en la FIG. 1 y además muestra una fuerza horizontal 208 representada por F_h ; Generalmente, una F_v negativa es causada por el movimiento ascendente de la carga excéntrica a medida que gira, mientras que una F_v positiva puede ser causada por el movimiento descendente de la carga excéntrica y/o la resiliencia de las patas (por ejemplo, a medida

15 que vuelven de una posición desviada). Las fuerzas F_v y F_h hacen que el dispositivo 100 se mueva en una dirección que es consistente con la configuración en la que la base de la pata 106b se coloca frente a la punta de la pata 106a. La dirección y velocidad en la que se mueve el dispositivo 100 puede depender, al menos en parte, de la dirección y magnitud de F_v y F_h . Cuando la fuerza

20 vertical 206, F_v , es negativa, el cuerpo del dispositivo 100 se fuerza hacia abajo. Esta F_v negativa hace que al menos las patas delanteras 104a se doblen y compriman. Las patas generalmente se comprimen a lo largo de una línea en el espacio desde la punta de la pata hasta la base de la pata. Como resultado, el cuerpo se inclinará de modo que la pata se doble (por ejemplo, la base de la pata 106b se flexiona (o desvía) alrededor de la punta de la pata 106a hacia la superficie 110) y hace que el cuerpo se mueva hacia adelante (por ejemplo, en una dirección desde la punta de la

25 pata 106a hacia la base de la pata 106b). F_v , cuando es positiva, proporciona una fuerza ascendente en el dispositivo 100 que permite que la energía almacenada en las patas comprimidas se libere (levanta el dispositivo), y al mismo tiempo permite que las patas se arrastren o salten hacia adelante hasta su posición original. La fuerza de elevación F_v en el dispositivo resultante de la rotación de la carga excéntrica combinada con las fuerzas de las patas tipo resorte están involucradas en permitir que el dispositivo salte verticalmente de la superficie (o al menos reducir la carga en las

30 patas delanteras 104a) y permitir que las patas 104 vuelvan a su geometría normal (es decir, como resultado de la resiliencia de las patas). La liberación de las fuerzas en forma de resorte en las patas, junto con el impulso hacia adelante creado a medida que las patas se doblan, impulsa el dispositivo hacia adelante y hacia arriba, en función del ángulo de la línea que conecta la punta de la pata con la base de la pata, levantando las patas delanteras 104a de la superficie 110 (o al menos reduciendo la carga en las patas delanteras 104a) y permitiendo que las patas 104 vuelvan

35 a su geometría normal (es decir, como resultado de la resiliencia de las patas).

Generalmente, se usan dos patas "motrices" (por ejemplo, las patas delanteras 104a, una a cada lado), aunque algunas implementaciones pueden incluir solo una pata motriz o más de dos patas motrices. Las patas que constituyen las patas motrices pueden, en algunas implementaciones, ser relativas. Por ejemplo, incluso cuando se utiliza solo

40 una pata motriz, otras patas pueden proporcionar una pequeña cantidad de fuerzas de accionamiento hacia adelante. Durante el movimiento hacia adelante, algunas patas 104 pueden tender a arrastrarse en lugar de saltar. Salto se refiere al resultado del movimiento de las patas a medida que se doblan y comprimen y a continuación regresan a su configuración normal, dependiendo de la magnitud de F_v , las patas pueden permanecer en contacto con la superficie o levantarse de la superficie durante un corto periodo de tiempo a medida que se eleva la nariz. Por ejemplo, si la

45 carga excéntrica se ubica hacia la parte delantera del dispositivo 100, entonces la parte delantera del dispositivo 100 puede saltar ligeramente, mientras que la parte trasera del dispositivo 100 tiende a arrastrarse. Sin embargo, en algunos casos, incluso con la carga excéntrica ubicada hacia la parte delantera del dispositivo 100, incluso las patas traseras 104c a veces pueden saltar de la superficie, aunque en menor medida que las patas delanteras 104a. Dependiendo de la rigidez o resiliencia de las patas, la velocidad de rotación del motor de rotación y el grado en que

50 un salto en particular está en fase o fuera de fase con la rotación del motor, un salto puede variar en duración de menos del tiempo requerido para una rotación completa del motor al tiempo requerido para múltiples rotaciones del motor. Durante un salto, la rotación de la carga excéntrica puede hacer que el dispositivo se mueva lateralmente en una dirección u otra (o ambas en diferentes momentos durante la rotación) dependiendo de la dirección lateral de rotación en cualquier momento particular y que se mueva hacia arriba o hacia abajo (o ambas en diferentes momentos

55 durante la rotación) dependiendo de la dirección vertical de rotación en cualquier momento particular.

El aumento del tiempo de salto puede ser un factor para aumentar la velocidad. Cuanto más tiempo pasa el dispositivo con parte de la pata fuera de la superficie 110 (o tocando ligeramente la superficie), menos tiempo se arrastran algunas de las patas (es decir, creando una fuerza opuesta a la dirección del movimiento hacia adelante) a medida que el

60 dispositivo se traslada hacia adelante. Minimizar el tiempo que las patas se arrastran hacia adelante (en lugar de saltar hacia adelante) puede reducir el arrastre causada por la fricción de las patas que se deslizan a lo largo de la superficie 110. Además, ajustar el CG del dispositivo hacia adelante y hacia atrás puede afectar si el dispositivo salta solo con las patas delanteras, o si el dispositivo salta con la mayoría, si no todas, las patas fuera del suelo. Este equilibrio del

salto puede tener en cuenta el CG, la masa del peso de desplazamiento y su frecuencia de rotación, Fv y su ubicación, y las fuerzas de salto y su(s) ubicación(es).

Giro del Dispositivo

- 5 La rotación del motor también provoca una fuerza lateral 208, Fh, que generalmente se desplaza hacia adelante y hacia atrás a medida que gira la carga excéntrica. En general, a medida que la carga excéntrica gira (por ejemplo, debido al motor 202), las fuerzas horizontales izquierda y derecha 208 son iguales. El giro que resulta de la fuerza lateral 208 en promedio típicamente tiende a ser mayor en una dirección (derecha o izquierda) mientras que la nariz del dispositivo 108 está elevada, y mayor en la dirección opuesta cuando la nariz del dispositivo 108 y las patas 104 están comprimidas hacia abajo. Durante el tiempo en que el centro de la carga excéntrica 210 se desplaza hacia arriba (lejos de la superficie 110), se aplican mayores fuerzas hacia abajo a las patas 104, lo que hace que las patas 104 se agarren a la superficie 110, minimizando el giro lateral del dispositivo 100, aunque las patas pueden doblarse ligeramente lateralmente dependiendo de la rigidez de las patas 104. Durante el tiempo en que la carga excéntrica 210 se desplaza hacia abajo, la fuerza hacia abajo en las patas 104 disminuye y se puede reducir la fuerza hacia abajo de las patas 104 en la superficie 110, lo que puede permitir que el dispositivo gire lateralmente durante el tiempo en que se reduce la fuerza hacia abajo. La dirección de giro generalmente depende de la dirección de las fuerzas laterales promedio causadas por la rotación de la carga excéntrica 210 durante el tiempo en que las fuerzas verticales son positivas con respecto a cuando las fuerzas verticales son negativas. Por lo tanto, la fuerza horizontal 208, Fh, puede hacer que el dispositivo 100 gire ligeramente más cuando la nariz 108 se eleva. Cuando la nariz 108 está elevada, las puntas de las patas están fuera de la superficie 110 o hay menos fuerza hacia abajo en las patas delanteras 104a que impide o reduce la capacidad de las puntas de las patas (por ejemplo, punta de las patas 106a) para "agarrar" la superficie 110 y proporcionar resistencia lateral al giro. Las características se pueden implementar para manipular varias características de movimiento para contrarrestar o mejorar esta tendencia a girar.
- 25 La ubicación del CG también puede influir en la tendencia a girar. Si bien una cierta cantidad de giro por parte del dispositivo 100 puede ser una característica deseada (por ejemplo, para hacer que el movimiento del dispositivo parezca aleatorio), el giro excesivo puede ser indeseable. Se pueden hacer varias consideraciones de diseño para compensar (o en algunos casos para aprovechar) la tendencia del dispositivo a girar. Por ejemplo, la distribución de peso del dispositivo 100, o más específicamente, el CG del dispositivo, puede afectar la tendencia del dispositivo 100 a girar. En algunas implementaciones, tener el CG relativamente cerca del centro del dispositivo 100 y aproximadamente centrado alrededor de las patas 104 puede aumentar la tendencia de que el dispositivo 100 se desplace en una dirección relativamente recta (por ejemplo, sin girar).
- 35 Ajustar las fuerzas de arrastre para diferentes patas 104 es otra forma de compensar la tendencia del dispositivo a girar. Por ejemplo, las fuerzas de arrastre para una pata particular 104 pueden depender de la longitud, espesor, rigidez de la pata y el tipo de material a partir del cual se fabrica la pata. En algunas implementaciones, la rigidez de diferentes patas 104 se puede ajustar de manera diferente, tal como tener diferentes características de rigidez para las patas delanteras 104a, las patas traseras 104c y las patas centrales 104b. Por ejemplo, las características de rigidez de las patas se pueden alterar o ajustar en función del espesor de la pata o del material utilizado para la pata. El aumento de la resistencia (p. ej., mediante el aumento de una longitud de pata, espesor, rigidez y/o característica de fricción) en un lado del dispositivo (p. ej., el lado derecho) puede ayudar a compensar una tendencia del dispositivo a girar (p. ej., hacia la izquierda) en función de la fuerza F inducida por el motor de rotación y la carga excéntrica.
- 40 Alterar la posición de las patas traseras 104C es otra forma de compensar la tendencia del dispositivo a girar. Por ejemplo, colocar las patas 104 más hacia la parte trasera del dispositivo 100 puede ayudar al dispositivo 100 a desplazarse en una dirección más recta. Generalmente, un dispositivo más largo 100 que tiene una distancia relativamente más larga entre las patas delanteras y traseras 104c puede tender a desplazarse en una dirección más recta que un dispositivo 100 que tiene una longitud más corta (es decir, las patas delanteras 104a y las patas traseras 104c están más cerca entre sí), al menos cuando la carga excéntrica giratoria se ubica en una posición relativamente hacia adelante en el dispositivo 100. La posición relativa de las patas posteriores 104 (por ejemplo, colocando la pata posterior en un lado del dispositivo más adelante o hacia atrás en el dispositivo que la pata posterior en el otro lado del dispositivo) también puede ayudar a compensar (o alterar) la tendencia a girar.
- 50 También se pueden utilizar diversas técnicas para controlar la dirección de recorrido del dispositivo 100, que incluyen alterar la carga en patas específicas, ajustar la cantidad de patas, longitudes de patas, posiciones de patas, rigidez de patas y coeficientes de arrastre.
- 55 Como se ilustra en la FIG. 2B, la fuerza horizontal lateral 208, Fh, hace que el dispositivo 100 tenga una tendencia a girar ya que la fuerza horizontal lateral 208 generalmente tiende a ser mayor en una dirección que en la otra durante los saltos. La fuerza horizontal 208, Fh puede ser contrarrestada para hacer que el dispositivo 100 se mueva en una dirección aproximadamente recta. Este resultado se puede lograr con ajustes en la geometría de las patas y la selección del material de las patas, entre otras cosas.
- 60

La FIG. 3A es un diagrama que muestra una vista trasera del dispositivo 100 e ilustra además la relación entre la fuerza vertical 206 Fv y la fuerza horizontal 208 Fh entre sí. Esta vista trasera también muestra la carga excéntrica 210 que es girada por el motor de rotación 202 para generar vibración, como lo indica el momento de rotación 205.

5

Fuerzas de Arrastre

La FIG. 3B es un diagrama que muestra una vista inferior del dispositivo 100 e ilustra además ejemplos de fuerzas de pata 211-214 que están involucradas con la dirección de recorrido del dispositivo 100. En combinación, las fuerzas de pata 211-214 pueden inducir vectores de velocidad que impactan la dirección predominante de recorrido del dispositivo 100. El vector de velocidad 215, representado por Tload, representa el vector de velocidad que es inducido por la velocidad de rotación del motor/excentricidad (por ejemplo, inducido por la carga de desplazamiento unida al motor) a medida que fuerza a las patas motrices 104 a doblarse, haciendo que el dispositivo se lance hacia adelante, y a medida que genera mayores fuerzas laterales en una dirección que la otra durante el salto. Las fuerzas de las patas 211-214, representadas por F1-F4, representan las fuerzas reaccionarias de las patas 104a1-104c2, respectivamente, que se pueden orientar de modo que las patas 104a1-104c2, en combinación, induzcan un vector de velocidad opuesto con respecto a Tload. Como se ilustra en la FIG. 3B, Tload es un vector de velocidad que tiende a dirigir el dispositivo 100 hacia la izquierda (como se muestra) debido a la tendencia de que haya mayores fuerzas laterales en una dirección que en la otra cuando el dispositivo salta fuera de la superficie 110. Al mismo tiempo, las fuerzas F1-F2 para las patas delanteras 104a1 y 104a2 (por ejemplo, como resultado de que las patas tienden a impulsar el dispositivo hacia adelante y ligeramente lateralmente en la dirección de la carga excéntrica 210 cuando las patas motrices están comprimidas) y las fuerzas F3-F4 para las patas traseras 104c1 y 104c2 (como resultado de la resistencia) contribuyen cada una a dirigir el dispositivo 100 hacia la derecha (como se muestra). (Como cuestión de aclaración, debido a que la FIG. 3B muestra la vista inferior del dispositivo 100, las direcciones izquierda-derecha cuando el dispositivo 100 se coloca en posición vertical se invierten). En general, si las fuerzas combinadas F1-F4 desplazan aproximadamente el componente lateral de Tload, entonces el dispositivo 100 tenderá a desplazarse en una dirección relativamente recta.

El control de las fuerzas F1-F4 puede realizarse de varias maneras. Por ejemplo, el "vector de empuje" creado por las patas delanteras 104a1 y 104a2 se puede usar para contrarrestar el componente lateral de la velocidad inducida por el motor. En algunas implementaciones, esto se puede lograr colocando más peso en la pata delantera 104a2 para aumentar la fuerza de la pata 212, representada por F2, como se muestra en la FIG. 3B. Además, también se puede utilizar un "vector de arrastre" para contrarrestar la velocidad inducida por el motor. En algunas implementaciones, esto se puede lograr aumentando la longitud de la pata trasera 104c2 o aumentando el coeficiente de arrastre en la pata trasera 104c2 para el vector de fuerza 804, representado por F4, en la FIG. 3B. Como se muestra, las patas 104a1 y 104a2 son las patas delanteras derecha e izquierda del dispositivo, respectivamente, y las patas 104c1 y 104c2 son las patas traseras derecha e izquierda del dispositivo, respectivamente.

Otra técnica para compensar la tendencia del dispositivo a girar es aumentar la rigidez de las patas 104 en varias combinaciones (por ejemplo, haciendo una pata más gruesa que otra o construyendo una pata usando un material que tiene una rigidez naturalmente mayor). Por ejemplo, una pata más rígida tendrá una tendencia a rebotar más que una pata más flexible. Las patas izquierda y derecha 104 en cualquier par de patas pueden tener diferentes rigideces para compensar el giro del dispositivo 100 inducido por la vibración del motor 202. Patas delanteras 104a más rígidas también pueden producir más rebote.

Otra técnica para compensar la tendencia del dispositivo a girar es cambiar la posición relativa de las patas traseras 104c1 y 104c2 de modo que los vectores de arrastre tiendan a compensar el giro inducido por la velocidad del motor. Por ejemplo, la pata trasera 104c2 se puede colocar más adelante (por ejemplo, más cerca de la nariz 108) que la pata trasera 104c1.

50 Forma de la Pata

La geometría de las patas contribuye significativamente a la forma en que se mueve el dispositivo 100. Los aspectos de la geometría de las patas incluyen: ubicar la base de las patas frente a la punta de las patas, curvatura de las patas, propiedades de desviación de las patas, configuraciones que resultan en diferentes fuerzas de arrastre para diferentes patas, incluidas las patas que no necesariamente tocan la superficie, y tener solo tres patas que tocan la superficie, por nombrar algunos ejemplos.

Generalmente, dependiendo de la posición de la punta de la pata 106a con respecto a la base de la pata 106b, el dispositivo 100 puede experimentar diferentes comportamientos, incluyendo la velocidad y estabilidad del dispositivo 100. Por ejemplo, si la punta de la pata 106a se encuentra casi directamente debajo de la base de la pata 106b cuando el dispositivo 100 se coloca en una superficie, el movimiento del dispositivo 100 causado por el motor 202 puede estar limitado o impedido. Esto se debe a que hay poca o ninguna pendiente a la línea en el espacio que conecta la punta de la pata 106a y la base de la pata 106b. En otras palabras, no hay "inclinación" en la pata 104 entre la punta de la

pata 106a y la base de la pata 106b. Sin embargo, si la punta de la pata 106a se coloca detrás de la base de la pata 106b (por ejemplo, más lejos de la nariz 108), entonces el dispositivo 100 puede moverse más rápido, a medida que la pendiente o inclinación de las patas 104 aumenta, proporcionando al motor 202 una geometría de la pata que es más propicia para el movimiento. En algunas implementaciones, las diferentes patas 104 (por ejemplo, que incluyen diferentes pares, o las patas izquierdas versus las patas derechas) pueden tener diferentes distancias entre las puntas de las patas 106a y las bases de las patas 106b.

En algunas implementaciones, las patas 104 son curvas (por ejemplo, la pata 104a que se muestra en la FIG. 2A y las patas 104 que se muestran en la FIG. 1). Por ejemplo, debido a que las patas 104 están hechas típicamente de un material flexible, la curvatura de las patas 104 puede contribuir al movimiento hacia adelante del dispositivo 100. La curvatura de la pata puede acentuar el movimiento hacia adelante del dispositivo 100 aumentando la cantidad que la pata se comprime con respecto a una pata recta. Este aumento de la compresión también puede aumentar el salto del dispositivo, que también puede aumentar la tendencia al movimiento aleatorio, dando al dispositivo una apariencia de inteligencia y/o una operación más realista. Las patas también pueden tener al menos cierto grado de estrechamiento desde la base de la pata 106b hacia la punta de la pata 106a, lo que puede facilitar la extracción más fácil de un molde durante el procedimiento de fabricación.

La cantidad de patas puede variar en diferentes implementaciones. En general, aumentar el número de patas 104 puede tener el efecto de hacer que el dispositivo sea más estable y puede ayudar a reducir la fatiga en las patas que están en contacto con la superficie 110. El aumento de la cantidad de patas también puede afectar la ubicación de la resistencia en el dispositivo 100 si puntas de patas adicionales 106a están en contacto con la superficie 110. Sin embargo, en algunas implementaciones, algunas de las patas (por ejemplo, las patas centrales 104b) pueden ser al menos ligeramente más cortas que las otras, de modo que tienden a no tocar la superficie 110 o contribuyen menos a la fricción general que resulta que las puntas de las patas 106a toquen la superficie 110. Por ejemplo, en algunas implementaciones, las dos patas delanteras 104a (por ejemplo, las patas "motrices") y al menos una de las patas traseras 104c son al menos ligeramente más largas que las otras patas. Esta configuración ayuda a aumentar la velocidad al aumentar la fuerza motriz hacia adelante de las patas motrices. En general, las patas restantes 104 pueden ayudar a impedir que el dispositivo 100 se vuelque al proporcionar resiliencia adicional en caso de que el dispositivo 100 comience a inclinarse hacia un lado u otro.

En algunas implementaciones, una o más de las "patas" pueden incluir cualquier parte del dispositivo que toque el suelo. Por ejemplo, el dispositivo 100 puede incluir una sola pata trasera (o múltiples patas traseras) construida a partir de un material relativamente inflexible (por ejemplo, plástico rígido), que puede parecerse a las patas delanteras o puede formar una placa de deslizamiento diseñada para simplemente arrastrarse a medida que las patas delanteras 104a proporcionan una fuerza motriz hacia adelante. La carga excéntrica oscilante puede repetirse de diez a varios cientos de veces por segundo, lo que hace que el dispositivo 100 se mueva en un movimiento generalmente hacia adelante como resultado del impulso hacia adelante generado cuando F_v es negativa.

La geometría de las patas se puede definir e implementar en función de las relaciones de varias mediciones de las patas, que incluyen la longitud de las patas, el diámetro y el radio de curvatura. Una relación que se puede utilizar es la relación del radio de curvatura de la pata 104 con respecto a la longitud de la pata. Como solo un ejemplo, si el radio de curvatura de la pata es 49,14 mm y la longitud de la pata es 10,276 mm, entonces la relación es 4,78. En otro ejemplo, si el radio de curvatura de la pata es de 51 mm (2,0 pulgadas) y la longitud de la pata es de 10 mm (0,4 pulgadas), entonces la relación es 5,0. Se pueden usar otras longitudes de pata 104 y radios de curvatura, tal como para producir una relación del radio de curvatura con respecto a la longitud de la pata que conduce al movimiento adecuado del dispositivo 100. En general, la proporción del radio de curvatura con respecto a la longitud de la pata puede estar en el intervalo de 2,5 a 20,0. El radio de curvatura puede ser aproximadamente consistente desde la base de la pata hasta la punta de la pata. Sin embargo, esta curvatura constante aproximada puede incluir alguna variación. Por ejemplo, puede ser necesario algún ángulo de estrechamiento en las patas durante la fabricación del dispositivo (p. ej., para permitir la extracción de un molde). Dicho ángulo de estrechamiento puede introducir ligeras variaciones en la curvatura general que generalmente no evitan que el radio de curvatura sea aproximadamente consistente desde la base de la pata hasta la punta de la pata.

Otra relación que se puede usar para caracterizar el dispositivo 100 es una relación que relaciona la longitud de la pata 104 con el diámetro o espesor de la pata (por ejemplo, como se mide en el centro de la pata o como se mide en función de un diámetro promedio de la pata a lo largo de la longitud de la pata y/o alrededor de la circunferencia de la pata). Por ejemplo, la longitud de las patas 104 puede estar en el intervalo de 5 mm a 20 mm (0,2 pulgadas a 0,8 pulgadas), por ejemplo, 11 mm (0,405 pulgadas) y puede ser proporcional a (por ejemplo, 5,25 veces) el espesor de la pata en el intervalo de 0,75 a 3,80 mm (0,03 a 0,15 pulgadas), por ejemplo, 2 mm (0,077 pulgadas). Dicho de otra manera, las patas 104 pueden ser aproximadamente 15 % a 25 % tan gruesas como largas, aunque se pueden usar espesores mayores o menores (por ejemplo, en el intervalo de 5 % a 60 % de la longitud de las patas). Las longitudes y espesores de la pata 104 pueden depender además del tamaño total del dispositivo 100. En general, al menos una pata motriz puede tener una relación de la longitud de la pata al diámetro de la pata en el intervalo de 2,0 a 20,0 (es

decir, en el intervalo de 5 % a 50 % de la longitud de la pata). En algunas implementaciones, un diámetro de al menos el 10 % de la longitud de la pata puede ser deseable para proporcionar suficiente rigidez para soportar el peso del dispositivo y/o para proporcionar las características de movimiento deseadas.

5 Material de la Pata

Las patas generalmente son construidas de caucho u otro material flexible pero resiliente (por ejemplo, poliestireno-butadieno-estireno con un durómetro cerca de 65, basado en la escala Shore A, o en el intervalo de 55-75, basado en la escala Shore A). Por lo tanto, las patas tienden a desviarse cuando se aplica una fuerza. Generalmente, las patas incluyen una rigidez y resiliencia suficientes para facilitar el movimiento hacia adelante consistente a medida que el dispositivo vibra (por ejemplo, a medida que gira la carga excéntrica 210). Las patas 104 también son lo suficientemente rígidas como para mantener una postura relativamente ancha cuando el dispositivo 100 está en posición vertical pero permiten una desviación lateral suficiente cuando el dispositivo 100 está sobre su lado para facilitar el auto-enderezamiento, como se discute adicionalmente a continuación.

La selección de materiales para las patas puede tener un efecto sobre cómo se mueve el dispositivo 100. Por ejemplo, el tipo de material utilizado y su grado de resiliencia pueden afectar la cantidad de rebote en las patas 104 que es causado por la vibración del motor 202 y el contrapeso 210. Como resultado, dependiendo de la rigidez del material (entre otros factores, incluidas las posiciones de las puntas de las patas 106b con respecto a las bases de las patas 106a), la velocidad del dispositivo 100 puede cambiar. En general, el uso de materiales más rígidos en las patas 104 puede resultar en más rebote, mientras que los materiales más flexibles pueden absorber parte de la energía causada por la vibración del motor 202, que puede tender a disminuir la velocidad del dispositivo 100.

Características de la Fricción

La fuerza de fricción (o arrastre) es igual al coeficiente de fricción multiplicado por la fuerza normal. Se pueden utilizar diferentes coeficientes de fricción y las fuerzas de fricción resultantes para diferentes patas. Como ejemplo, para controlar la velocidad y dirección (por ejemplo, tendencia a girar, etc.), las puntas de las patas 106a pueden tener coeficientes de fricción variables (por ejemplo, mediante el uso de diferentes materiales) o fuerzas de arrastre (por ejemplo, mediante la variación de los coeficientes de fricción y/o la fuerza normal promedio para una pata particular). Estas diferencias se pueden lograr, por ejemplo, por la forma (por ejemplo, puntiagudeza o planitud, etc.) de las puntas de las patas 106a, así como el material del cual están hechas. Las patas delanteras 104a, por ejemplo, pueden tener una fricción mayor que las patas traseras 104c. Las patas centrales 104b pueden tener fricción aún diferente o pueden configurarse de modo que sean más cortas y no toquen la superficie 110 y, por lo tanto, no tiendan a contribuir a la resistencia general. Generalmente, debido a que las patas traseras 104c (y las patas centrales 104b en la medida en que tocan el suelo) tienden a arrastrarse más de lo que tienden a crear una fuerza motriz hacia adelante, coeficientes de fricción más bajos y las fuerzas de arrastre más bajas para estas patas pueden ayudar a aumentar la velocidad del dispositivo 100. Además, para compensar la fuerza del motor 215, que puede tender a tirar del dispositivo en una dirección izquierda o derecha, las patas izquierda y derecha 104 pueden tener diferentes fuerzas de fricción. En general, los coeficientes de fricción y la fuerza de fricción resultante de todas las patas 104 pueden influir en la velocidad total del dispositivo 100. El número de patas 104 en el dispositivo 100 también se puede utilizar para determinar los coeficientes de fricción para tener en (o diseñar en) cada una de las patas individuales 104. Tal como se analizó anteriormente, las patas centrales 104b no necesitan necesariamente tocar la superficie 110. Por ejemplo, las patas centrales (o delanteras o traseras) 104 se pueden construir en el dispositivo 100 por razones estéticas, p. ej., para hacer que el dispositivo 100 parezca más realista y/o para aumentar la estabilidad del dispositivo. En algunas implementaciones, se pueden hacer dispositivos 100 en los que solo tres (o una pequeña cantidad de) patas 104 tocan el suelo, tal como dos patas delanteras 104a y una o dos patas traseras 104c.

El motor 202 está acoplado y hace girar un contrapeso 210, o carga excéntrica, que tiene un CG que está fuera del eje con respecto al eje de rotación del motor 202. El motor de rotación 202 y el contrapeso 210, además de estar adaptados para impulsar el dispositivo 100, también pueden hacer que el dispositivo 100 tienda a rodar, por ejemplo, alrededor del eje de rotación del motor de rotación 200. El eje de rotación del motor 202 puede tener un eje que está aproximadamente alineado con un CG longitudinal del dispositivo 100, que también está generalmente alineado con una dirección de movimiento del dispositivo 100.

La FIG. 2A también muestra una batería 220 y un interruptor 222. La batería 220 puede proporcionar energía al motor 202, por ejemplo, cuando el interruptor 222 está en la posición "ON", conectando así un circuito eléctrico que suministra corriente eléctrica al motor 202. En la posición de "OFF" del interruptor 222, el circuito se rompe y no llega energía al motor 202. La batería 220 se puede ubicar dentro o encima de una cubierta del compartimiento de batería 224, accesible, por ejemplo, mediante la extracción de un tornillo 226, como se muestra en las FIGS. 2A y 3B. La colocación de la batería 220 y el interruptor 222 parcialmente entre las patas del dispositivo 100 puede bajar el CG del dispositivo y ayudar a impedir que se vuelque. Localizar el motor 202 más bajo dentro del dispositivo 100 también reduce la posibilidad de vuelco. Tener patas 104 en los lados de un dispositivo 100 proporciona un espacio (por ejemplo, entre

las patas 104) para alojar la batería 220, el motor 204 y el interruptor 222. El posicionamiento de estos componentes 204, 220 y 222 a lo largo de la cara inferior del dispositivo 100 (por ejemplo, en lugar de en la parte superior de la carcasa del dispositivo) reduce efectivamente el CG del dispositivo 100 y reduce su probabilidad de vuelco.

- 5 El dispositivo 100 se puede configurar de modo que el CG se posicione selectivamente para influir en el comportamiento del dispositivo 100. Por ejemplo, un CG más bajo puede ayudar a impedir el vuelco del dispositivo 100 durante su funcionamiento. Como un ejemplo, el vuelco puede producirse como resultado de que el dispositivo 100 se mueva a una alta velocidad y choque contra un obstáculo. En otro ejemplo, el vuelco puede producirse si el dispositivo 100 encuentra un área suficientemente irregular de la superficie sobre la que está operando. El CG del dispositivo 100 se puede manipular selectivamente colocando el motor, interruptor y batería en ubicaciones que proporcionan un CG deseado, por ejemplo, uno que reduce la probabilidad de vuelco involuntario. En algunas implementaciones, las patas se pueden configurar de manera que se extiendan desde la punta de la pata 106a por debajo del CG hasta una base de la pata 106b que está por encima del CG, lo que permite que el dispositivo 100 sea más estable durante su funcionamiento. Los componentes del dispositivo 100 (por ejemplo, motor, interruptor, batería y carcasa) pueden ubicarse al menos parcialmente entre las patas para mantener un CG más bajo. En algunas implementaciones, los componentes del dispositivo (p. ej., motor, interruptor y batería) pueden disponerse o alinearse cerca del CG para maximizar las fuerzas causadas por el motor 202 y el contrapeso 210.

Auto-Enderezamiento

- 20 El auto-enderezamiento, o la capacidad de regresar a una posición vertical (por ejemplo, de pie sobre las patas 104), es otra característica del dispositivo 100. Por ejemplo, el dispositivo 100 puede volcarse o caer ocasionalmente (por ejemplo, caer de una mesa o un escalón). Como resultado, el dispositivo 100 puede terminar sobre su parte superior o sobre su lado. En algunas implementaciones, el auto-enderezamiento se puede lograr mediante el uso de las fuerzas causadas por el motor 202 y el contrapeso 210 para provocar que el dispositivo 100 ruede de vuelta sobre sus patas 104. El logro de este resultado puede conseguirse al ubicar el CG del dispositivo próximo al eje de rotación del motor para aumentar la tendencia a que todo el dispositivo 100 ruede. Este auto-enderezamiento generalmente proporciona rodar en la dirección opuesta a la rotación del motor 202 y el contrapeso 210.
- 30 Siempre que se produzca un nivel suficiente de tendencia de rodar en función de las fuerzas de rotación resultantes de la rotación del motor 202 y el contrapeso 210, la forma externa del dispositivo 100 se puede diseñar de modo que el rodamiento tienda a producirse solo cuando el dispositivo 100 está sobre su lado derecho, sobre su lado superior o sobre su lado izquierdo. Por ejemplo, el espacio lateral entre las patas 104 puede hacerse lo suficientemente ancho como para desalentar el rodamiento cuando el dispositivo 100 ya está en la posición vertical. Por lo tanto, la forma y la posición de las patas 104 pueden diseñarse de modo que, cuando se produce el auto-enderezamiento y el dispositivo 100 vuelve a alcanzar su posición vertical después de volcarse o caer, el dispositivo 100 tiende a permanecer vertical. En particular, al mantener una postura plana y relativamente amplia en la posición vertical, se puede aumentar la estabilidad vertical y, al introducir características que reducen la planitud cuando no se encuentra en una posición vertical, se puede aumentar la capacidad de auto-enderezamiento.
- 40 Para ayudar a rodar desde la parte superior del dispositivo 100, se puede incluir un punto alto 120 o una protuberancia (por ejemplo, apéndice 105) en la parte superior del dispositivo 100. El punto alto 120 u otra protuberancia puede impedir que el dispositivo descansa plano sobre su parte superior. Además, el punto alto 120 u otra protuberancia puede impedir que F_h se vuelva paralela a la fuerza de gravedad y, como resultado, F_h puede proporcionar suficiente momento para hacer que el dispositivo ruede, lo que permite que el dispositivo 100 ruede a una posición vertical o al menos hacia el lado del dispositivo 100. En algunas implementaciones, el punto alto 120 u otra protuberancia puede ser relativamente rígido (por ejemplo, un plástico relativamente duro), mientras que la superficie superior de la cabeza 118 puede construirse de un material más resiliente que estimula el rebote. El rebote de la cabeza 118 del dispositivo cuando el dispositivo se encuentra sobre su parte posterior (espalda) puede facilitar el auto-enderezamiento al permitir que el dispositivo 100 ruede debido a las fuerzas provocadas por el motor 202 y el contrapeso 210 a medida que la cabeza 118 rebota contra la superficie 110.

- Rodar desde el lado del dispositivo 100 hasta una posición vertical se puede facilitar mediante el uso de patas 104 que sean suficientemente flexibles en combinación con el espacio 124 (por ejemplo, debajo del dispositivo 100) para la desviación lateral de la pata para permitir que el dispositivo 100 ruede hacia una posición vertical. Este espacio puede permitir que las patas 104 se doblen durante el rodamiento, facilitando una transición suave desde el lado hacia la parte inferior. Los hombros 112 en el dispositivo 100 también pueden disminuir la tendencia de que el dispositivo 100 ruede desde su parte lateral hacia su parte posterior (espalda), al menos cuando las fuerzas causadas por el motor 202 y el contrapeso 210 están en una dirección que se opone a rodar desde la parte lateral hacia la parte posterior (espalda). Al mismo tiempo, el hombro en el otro lado del dispositivo 100 (incluso con la misma configuración) se puede diseñar para impedir que el dispositivo 100 ruede hacia su parte posterior (espalda) cuando las fuerzas causadas por el motor 202 y el contrapeso 210 están en una dirección que estimula el rodamiento en esa dirección. Además, el uso de un material resiliente para el hombro puede aumentar el rebote, lo que también puede aumentar la

tendencia al auto-enderezamiento (por ejemplo, al permitir que el dispositivo 100 rebote de la superficie 110 y permitir que las fuerzas de contrapeso hagan rodar el dispositivo mientras está en el aire). El auto-enderezamiento desde el lado puede facilitarse adicionalmente mediante la adición de apéndices a lo largo de los lados del dispositivo 100 que separan adicionalmente el eje de rotación de la superficie y aumentan las fuerzas causadas por el motor 202 y el contrapeso 210.

La posición de la batería en el dispositivo 100 puede afectar la capacidad del dispositivo para girar y auto-enderezarse. Por ejemplo, la batería puede estar orientada sobre su lado, posicionada en un plano que es a la vez paralelo a la dirección de movimiento del dispositivo y perpendicular a la superficie 110 cuando el dispositivo 100 está en posición vertical. Este posicionamiento de la batería de esta manera puede facilitar la reducción del ancho total del dispositivo 100, incluida la distancia lateral entre las patas 104, lo que hace que el dispositivo 100 tenga más probabilidades de poder rodar.

La FIG. 4 muestra una vista frontal de ejemplo que indica un centro de gravedad (CG) 402, como lo indica un signo más grande, para el dispositivo 100. Esta vista ilustra un CG longitudinal 402 (es decir, una ubicación de un eje longitudinal del dispositivo 100 que corre a través del CG del dispositivo). En algunas implementaciones, los componentes del dispositivo se alinean para situar el CG longitudinal cerca (por ejemplo, dentro de un 5-10 % como porcentaje de la altura del dispositivo) de la línea central longitudinal física del dispositivo, lo que puede reducir el momento de inercia rotacional del dispositivo, aumentando o maximizando así las fuerzas sobre el dispositivo a medida que el motor de rotación hace girar la carga excéntrica. Tal como se discutió anteriormente, este efecto aumenta la tendencia del dispositivo 100 a rodar, lo que puede mejorar la capacidad de auto-enderezamiento del dispositivo. La FIG. 4 también muestra un espacio 404 entre las patas 104 y la cara inferior 122 del dispositivo 100 (que incluye la cubierta del compartimiento de la batería 224), que puede permitir que las patas 104 se doblen hacia adentro cuando el dispositivo está sobre su lado, facilitando así el auto-enderezamiento del dispositivo 100. La FIG. 4 también ilustra una distancia 406 entre los pares o filas de patas 104. El aumento de la distancia 406 puede ayudar a impedir que el dispositivo 100 se vuelque. Sin embargo, mantener la distancia 406 suficientemente baja, combinado con la flexibilidad de las patas 104, puede mejorar la capacidad del dispositivo para enderezarse después de volcarse. En general, para impedir el vuelco, la distancia 406 entre pares de patas debe aumentarse proporcionalmente a medida que se eleva el CG 402.

El punto alto del dispositivo 120 se muestra en la FIG. 4, aunque el punto alto 120 generalmente tiene un efecto limitado en presencia del apéndice escalador superior 105. El tamaño o la altura del punto alto 120 (en ausencia del apéndice escalador superior 105) o el apéndice escalador superior 105 puede ser lo suficientemente grande como para impedir que el dispositivo 100 simplemente se acueste plano sobre su parte posterior (espalda) después de volcarse, pero lo suficientemente pequeño como para ayudar a facilitar el giro del dispositivo y para forzar el dispositivo 100 a levantarse de su parte posterior (espalda) después de volcarse. Un punto alto mayor o más alto 120 a veces se puede combinar con "aletas pectorales" u otras protuberancias laterales para aumentar la "redondez" del dispositivo.

La tendencia a rodar del dispositivo 100 puede depender de la forma general del dispositivo 100. Por ejemplo, un dispositivo 100 que es generalmente cilíndrico, particularmente a lo largo de la parte superior del dispositivo 100, puede rodar relativamente de manera fácil. Sin embargo, el rodamiento también se puede producirse cuando el dispositivo 100 incluye el apéndice escalador superior 105, al menos si el dispositivo 100 está adaptado para rebotar o saltar lo suficientemente alto desde una superficie para rodar desde una cara del apéndice escalador superior 105 a la otra cara. Por lo tanto, incluso si la parte superior del dispositivo no es redonda, como es el caso del dispositivo que se muestra en la FIG. 4 que incluye lados superiores rectos 407a y 407b, la geometría de la parte superior del dispositivo 100 aún puede facilitar el rodamiento. Esta capacidad de rodar es especialmente verdadera si las distancias 408 y 410 son relativamente iguales y cada una define aproximadamente el radio de la forma generalmente cilíndrica del dispositivo 100. La distancia 408, por ejemplo, es la distancia desde el CG longitudinal del dispositivo 402 hasta la parte superior del hombro 112. La distancia 410 es la distancia desde el CG longitudinal del dispositivo 402 hasta el punto alto 120. Además, tener una longitud de superficie 407b (es decir, entre la parte superior del hombro 112 y el punto alto 120) que es menor que las distancias 408 y 410 también puede aumentar la tendencia del dispositivo 100 a rodar. Además, si el CG longitudinal del dispositivo 402 se coloca relativamente cerca del centro del cilindro que se aproxima a la forma general del dispositivo 100, entonces el rodamiento del dispositivo 100 se mejora aún más, ya que las fuerzas causadas por el motor 202 y el contrapeso 210 generalmente están más centradas. El dispositivo 100 puede dejar de rodar una vez que la acción de rodamiento sitúa el dispositivo 100 sobre sus patas 104, que proporcionan una postura amplia y sirven para interrumpir la forma generalmente cilíndrica del dispositivo 100.

La FIG. 5 muestra una vista lateral de ejemplo que indica un centro de gravedad (CG) 502, como se indica por un signo 'positivo' grande, para el dispositivo 100. Esta vista también muestra un eje del motor 504 que, en este ejemplo, se alinea estrechamente con el componente longitudinal del CG 502. La ubicación del CG 502 depende, por ejemplo, de la masa, del espesor y de la distribución de los materiales y componentes incluidos en el dispositivo 100. En algunas implementaciones, el CG 502 puede estar más adelante o más atrás de la ubicación que se muestra en la FIG. 5. Por ejemplo, el CG 502 puede ubicarse hacia el extremo posterior del interruptor 222 en lugar de hacia el extremo frontal

del interruptor 222 como se ilustra en la FIG. 5. En general, el CG 502 del dispositivo 100 puede estar lo suficientemente lejos detrás de las patas motrices delanteras 104a y la carga excéntrica giratoria (y lo suficientemente lejos frente a las patas traseras 104c) para facilitar el salto delantero y la resistencia trasera, lo que puede aumentar el impulso hacia adelante y proporcionar una tendencia controlada a ir recto (o girar si se desea) durante los saltos.

- 5 Por ejemplo, el CG 502 se puede colocar aproximadamente a la mitad (por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 40-60 % de la distancia) entre las patas motrices delanteras 104a y las patas de arrastre traseras 104c. Además, alinear el eje del motor con el CG longitudinal puede mejorar las fuerzas causadas por el motor 202 y el contrapeso. En algunas implementaciones, el componente longitudinal del CG 502 puede estar cerca del centro de la altura del dispositivo (por ejemplo, dentro de aproximadamente 3 % del CG como una proporción de la altura del
10 dispositivo). Generalmente, configurar el dispositivo 100 de modo que el CG 502 esté más cerca del centro de la altura del dispositivo mejorará la tendencia al rodamiento, aunque en algunas implementaciones son aceptables distancias mayores (por ejemplo, dentro de alrededor de 5 % o dentro de alrededor de 20 % del CG como una proporción de la altura del dispositivo). De manera similar, configurar el dispositivo 100 de modo que el CG 502 se encuentre dentro de alrededor de 3-6 % del eje del motor 504 como un porcentaje de la altura del dispositivo también puede mejorar la
15 tendencia al rodamiento.

- La FIG. 5 también muestra una alineación aproximada de la batería 220, el interruptor 222 y el motor 202 con el componente longitudinal del CG 502. Aunque un mecanismo del interruptor deslizante 506 que opera el interruptor de encendido/apagado 222 cuelga por debajo de la cara inferior del dispositivo 100, la alineación aproximada general del
20 CG de los componentes individuales 220, 222 y 202 (entre sí y con el CG 502 del dispositivo general 100) contribuye a la capacidad del dispositivo 100 para rodar y, por lo tanto, a enderezarse a sí mismo. En particular, el motor 202 está centrado principalmente a lo largo de la componente longitudinal del CG 502.

- En algunas implementaciones, el punto alto 120 se puede ubicar detrás del CG 502, lo que puede facilitar el auto-
25 enderezamiento en combinación con la carga excéntrica unida al motor 202 que se coloca cerca de la nariz 108. Como resultado, si el dispositivo 100 se encuentra sobre su lado o sobre su parte posterior (espalda), el extremo de la nariz del dispositivo 100 tiende a vibrar y rebotar (más que el extremo trasero del dispositivo 100), lo que facilita el auto-enderezamiento ya que las fuerzas del motor y la carga excéntrica tienden a hacer que el dispositivo ruede.

- 30 La FIG. 5 también muestra algunas de las dimensiones de muestra del dispositivo 100. Por ejemplo, una distancia 508 entre el CG 502 y un plano que pasa a través de las puntas de las patas 106a sobre las que descansa el dispositivo 100 cuando está en posición vertical sobre una superficie plana 110 puede ser de aproximadamente 9,1 mm (0,36 pulgadas). En algunas implementaciones, esta distancia 508 es aproximadamente el 50 % de la altura total del dispositivo (véanse las FIGS. 7A y 7B), aunque se pueden utilizar otras distancias 508 en varias implementaciones
35 (por ejemplo, de alrededor de 40-60 %). Una distancia 510 entre el eje de rotación 504 del motor 202 y el mismo plano que pasa a través de las puntas de las patas 106a es aproximadamente la misma que la distancia 508, aunque las variaciones (por ejemplo, 8,6 mm, es decir, 0,34 pulgadas para la distancia 510 frente a 9,1 mm, es decir, 0,36 pulgadas para la distancia 508) se pueden utilizar sin afectar materialmente la funcionalidad deseada. En algunas implementaciones se pueden utilizar variaciones mayores (por ejemplo, 1,13 mm, es decir, 0,05 pulgadas o incluso
40 2,25 mm, es decir, 0,1 pulgadas).

- Una distancia 512 entre la punta de la pata 106a de las patas motrices delanteras 104a y la punta de la pata 106a de la pata más trasera 104c puede ser aproximadamente 21,6 mm (0,85 pulgadas), aunque varias implementaciones pueden incluir otros valores de la distancia 512 (por ejemplo, entre aproximadamente 40 % y aproximadamente 75 %
45 de la longitud del dispositivo 100). En algunas implementaciones, ubicar las patas motrices delanteras 104a detrás de la carga excéntrica 210 puede facilitar el movimiento de avance y la aleatoriedad del movimiento. Por ejemplo, una distancia 514 entre una línea central longitudinal de la carga excéntrica 210 y la punta 106a de la pata delantera 104a puede ser de aproximadamente 9,1 mm (0,36 pulgadas). Nuevamente, se pueden usar otras distancias 514 (por ejemplo, entre aproximadamente 5 % y aproximadamente 30 % de la longitud del dispositivo 100 o entre
50 aproximadamente 10 % y aproximadamente 60 % de la distancia 512). Una distancia 516 entre la parte delantera del dispositivo 100 y el CG 502 puede ser de aproximadamente 24,1 mm (0,95 pulgadas). En varias implementaciones, la distancia 516 puede variar de alrededor de 40-60 % de la longitud del dispositivo 100, aunque algunas implementaciones pueden incluir protuberancias delanteras o traseras con una masa baja que se agregan a la longitud del dispositivo pero no afectan significativamente la ubicación del CG 502 (es decir, por lo tanto, haciendo que el CG
55 502 esté fuera del intervalo de 40-60 %).

- La FIG. 9A muestra un entorno de ejemplo 900 en el que el dispositivo 100 puede funcionar y subir dentro de un conducto 901. Los conductos pueden estar sustancialmente nivelados o inclinados, o pueden incluir combinaciones de áreas inclinadas y niveladas. Los conductos pueden permitir que el dispositivo 100 se desplace en cualquier ángulo,
60 incluida una posición invertida. En el ejemplo que se muestra en la FIG. 9A, el entorno 900 incluye una arena 902 en la que uno o más dispositivos 100 pueden funcionar. La arena 902 incluye una abertura 904 que conduce a una vía de conexión 906 en la que se muestra el dispositivo 100. La vía de conexión 906 está conectada al conducto 901 hacia el cual se apunta el dispositivo 100 en esta ilustración (p. ej., en función de la posición de la cabeza y la cola del

dispositivo 100). Las secciones del entorno 900, que incluyen una vía curva 910 y otras secciones que no se muestran en la FIG. 9A, se pueden conectar en los puntos de conexión 912. Por ejemplo, los puntos de conexión 912 pueden comprender partes a presión (por ejemplo, lengüeta y surco) de varias secciones y/o componentes del entorno 900 (por ejemplo, la vía de conexión 906 y el conducto 901), aunque se pueden utilizar otras formas de conectar secciones del entorno 900.

El conducto 901 puede ser total o sustancialmente encerrado. Por ejemplo, además de que el conducto 901 tiene una superficie de piso que puede servir como una superficie para las patas 104, puede existir una superficie de techo que es opuesta y sustancialmente paralela a la superficie de piso. La superficie del piso y la superficie del techo son intercambiables ya que el dispositivo 100 puede desplazarse *boca arriba* o *boca abajo* en cualquier conducto o tubo. La superficie del techo, por ejemplo, puede ser una superficie que entra en contacto con el apéndice escalador superior 105 a medida que el dispositivo 100 se desplaza a través del conducto 901. El conducto 901 también puede incluir superficies de pared opuestas (o superficies de pared parciales) que pueden, en combinación con la superficie del piso y la superficie del techo, servir para contener el dispositivo 100 a medida que se desplaza a través del conducto 901. Se pueden usar otras configuraciones de superficies. El ascenso por el dispositivo 100 se produce a medida que la vibración inducida por el mecanismo vibratorio provoca que las patas 104 y el uno o más apéndices escaladores superiores 105 se flexionen repetidamente, empujando el dispositivo 100 hacia adelante (por ejemplo, dentro de un tubo). Mientras el dispositivo 100 se mueve hacia adelante, las patas 104 y el uno o más apéndices escaladores superiores 105 mantienen contacto sustancialmente constante con las superficies sustancialmente paralelas (por ejemplo, la superficie del piso y la superficie del techo). El dispositivo 100 puede perder contacto con cualquier superficie durante un pequeño porcentaje del tiempo, pero el movimiento del dispositivo 100 generalmente se mantiene en la dirección hacia adelante. Como resultado, el dispositivo 100 puede subir a través de cualquier tubo adecuado que esté dimensionado de modo que las patas 104 y el uno o más apéndices escaladores 105 entren en contacto con las superficies del piso y del techo para hacer que el dispositivo se mueva hacia adelante. El ascenso del dispositivo 100 puede producirse bajo cualquier ángulo y orientación del dispositivo 100. Por ejemplo, el dispositivo 100 puede subir directamente hacia arriba o bajo cualquier ángulo hacia arriba. El dispositivo 100 también puede descender hacia abajo bajo cualquier ángulo, o puede subir sustancialmente de manera horizontal. El dispositivo 100 puede estar *boca arriba* o *boca abajo* y aun así subir y bajar. Cuando el dispositivo 100 está descendiendo, las patas 104 y el uno o más apéndices escaladores 105 proporcionan suficiente resistencia para proporcionar un descenso controlado.

Durante el funcionamiento del dispositivo 100, por ejemplo, a medida que el dispositivo 100 se desplaza a través del conducto 901, las patas 104 y el apéndice escalador superior 105 (o los apéndices escaladores laterales 105a y 105b) se someten a o producen fuerzas que hacen que el dispositivo 100 suba. Por ejemplo, las fuerzas incluyen una fuerza neta en una dirección generalmente definida por un desplazamiento entre las bases de los apéndices y las puntas de los apéndices de los dos o más apéndices. Como resultado, el dispositivo 100 sube cuando la fuerza neta excede una fuerza gravitacional opuesta en el dispositivo 100. Específicamente, las fuerzas ejercidas por las patas 104 y los apéndices escaladores superiores 105 (o los apéndices escaladores laterales 105a y 105b) (por ejemplo, a medida que el dispositivo 100 vibra hacia arriba y hacia abajo y/o de lado a lado) proporcionan un efecto de trinquete, lo que permite que el dispositivo 100 ascienda entre superficies opuestas sustancialmente verticales (por ejemplo, la superficie del piso y la superficie del techo). El efecto de trinquete puede resultar de la flexión de las patas 104 y los apéndices escaladores superiores 105 (o los apéndices escaladores laterales 105a y 105b) que se deslizan hacia adelante a medida que el centro de gravedad del dispositivo 100 se mueve hacia la superficie del piso (es decir, la superficie con la que las patas 104 están en contacto) y de la flexión de los apéndices escaladores superiores 105 (o los apéndices escaladores laterales 105a y 105b) y las patas 104 que se deslizan hacia adelante a medida que el centro de gravedad del dispositivo 100 se mueve hacia la superficie del techo (es decir, la superficie con la que los apéndices escaladores superiores 105 (o los apéndices escaladores laterales 105a y 105b) están en contacto).

La FIG. 9B muestra el ejemplo de entorno 900 en el que el dispositivo 100 ha subido dentro y casi hasta la parte superior del conducto 901. Debido a que ninguna otra sección está unida al extremo del conducto 901 en esta ilustración, cuando el dispositivo 100 alcanza el extremo abierto del conducto 901, el dispositivo 100 puede caer a la mesa o piso sobre el cual se ubica el entorno 900. En algunas implementaciones, se pueden incluir otras secciones del entorno 900, por ejemplo, para proporcionar continuidad para el dispositivo 100 después de que haya completado su ascenso a través del conducto 901.

En algunas implementaciones, la velocidad del dispositivo 100 puede ser controlada o al menos influenciada por la pendiente del conducto 901 o los materiales de los que está hecho. En algunas implementaciones, el espacio entre cada superficie (por ejemplo, la superficie del techo) y el o los apéndices correspondientes (por ejemplo, el apéndice escalador superior 105) también puede afectar la velocidad del dispositivo 100. Por ejemplo, la velocidad más rápida del dispositivo 100 puede lograrse cuando el espacio proporciona una cantidad de espacio de contorneo para el dispositivo 100 que generalmente minimiza cualquier fuerza hacia atrás causada por la resistencia con respecto a las fuerzas hacia adelante inducidas por la vibración, por ejemplo, permitiendo un efecto de trinquete eficiente (y por lo tanto una velocidad de ascenso más rápida). En algunas implementaciones, se pueden utilizar diferentes espacios para diferentes secciones del conducto 901 que tienen diferentes pendientes o diferentes radios de curvatura. Por

ejemplo, los espacios se pueden graduar para corresponder a la pendiente.

La FIG. 9C muestra un ejemplo de conducto en bucle 950 en forma de un bucle doble. Por ejemplo, el dispositivo 100 puede ingresar al conducto en bucle 950 en una entrada 952. Mientras viaja a través del conducto en bucle 950, el dispositivo 100 puede hacer dos bucles de 360 grados antes de salir de un extremo terminal 954 del conducto en bucle 950. En algunas implementaciones, el dispositivo 100 puede experimentar una torsión o desplazarse de forma de sacacorchos a través del conducto en bucle 950. Por ejemplo, las superficies del techo y del piso sustancialmente paralelas pueden retorcerse para hacer que el dispositivo 100 se retuerza a medida que se desplaza a lo largo de las superficies paralelas. Como alternativa, surcos (o algunos otros cambios en la forma) que se construyen en el interior del conducto en bucle 950 pueden afectar el movimiento en forma de sacacorchos (por ejemplo, guiando los apéndices escaladores superiores 105 o los apéndices escaladores laterales 105a y 105b a través de una torsión).

En algunas implementaciones, dos o más apéndices se pueden unir al interior del conducto (por ejemplo, como "apéndices del conducto"), y pueden entrar en contacto con el cuerpo del dispositivo 100. Por ejemplo, el conducto 901 puede incluir, dentro de sus superficies interiores (por ejemplo, en la superficie del techo), múltiples apéndices del conducto como se muestra en la FIG. 9D. En algunas implementaciones, las puntas de los apéndices del conducto pueden entrar en contacto con el borde superior del dispositivo 100 a medida que se mueve a través del conducto 901. Por ejemplo, los apéndices del conducto pueden estar dispuestos de manera que las puntas estén en la dirección hacia adelante con respecto a las bases de los apéndices. En algunas implementaciones, los apéndices del conducto pueden estar separados, por ejemplo, a intervalos sustancialmente uniformes, de modo que al menos un apéndice del conducto esté adyacente al borde superior del dispositivo 100 en todo momento, y, por lo tanto, pueda entrar en contacto con el dispositivo 100 durante las vibraciones del dispositivo. De esta manera, los apéndices del conducto se adaptan para permitir que el dispositivo 100 suba por un conducto vertical (por ejemplo, el conducto 901). En algunas implementaciones, se pueden usar filas de apéndices del conducto, por ejemplo, para contactar la parte superior del dispositivo 100 en diferentes posiciones lateralmente. Los apéndices del conducto pueden tener elasticidades diferentes de las de los apéndices que se encuentran en el propio dispositivo 100.

En algunas implementaciones, dos o más apéndices escaladores pueden estar acoplados al dispositivo 100. Por ejemplo, el conducto (por ejemplo, el conducto 901), el cuerpo del dispositivo y los dos o más apéndices escaladores pueden configurarse de modo que cada uno de los dos o más apéndices escaladores entre en contacto repetidamente con una superficie interna del conducto, donde el contacto es durante períodos de tiempo suficientes para producir generalmente movimiento hacia adelante. En algunas implementaciones, al menos uno de los apéndices escaladores está sustancialmente en contacto continuo con una superficie interna del conducto. Por ejemplo, cuando los apéndices escaladores incluyen uno o más apéndices escaladores superiores 105, la superficie interna en contacto del conducto 901 es la superficie del techo. En otro ejemplo, cuando los apéndices escaladores incluyen uno o más apéndices escaladores laterales 105a-105b, las superficies internas en contacto del conducto 901 pueden incluir las superficies de la pared lateral.

Cuando se unen dos o más apéndices (por ejemplo, apéndices escaladores) al dispositivo (100), la vibración del dispositivo (100) hace que al menos uno de los dos o más apéndices escaladores se desvíe en una dirección opuesta a la dirección hacia adelante (es decir, a medida que la vibración hace que el dispositivo (100) se mueva hacia una superficie en la que entra en contacto el apéndice escalador en particular). Por ejemplo, la desviación se produce sin un deslizamiento sustancial del al menos un apéndice en una superficie interna correspondiente (por ejemplo, la superficie del techo) cuando las fuerzas netas en el al menos un apéndice están dirigidas hacia la superficie interna correspondiente (por ejemplo, hacia la superficie del techo). Al mismo tiempo, la resiliencia del al menos un apéndice escalador hace que el al menos un apéndice escalador se desvíe en la dirección hacia adelante cuando las fuerzas netas en el al menos un apéndice escalador se alejan de la superficie interna correspondiente (por ejemplo, la superficie del techo). El dispositivo 100 puede configurarse de modo que la desviación hacia adelante generalmente produzca fuerzas hacia atrás insuficientes para superar las fuerzas hacia adelante producidas por uno o más apéndices en el lado opuesto del dispositivo 100.

En algunas implementaciones, se pueden usar apéndices adicionales o alternativos. Las FIGS. 15A-15D ilustran una realización alternativa de un dispositivo activado por vibración 1500. La FIG. 15A es una vista lateral del dispositivo activado por vibración alternativo 1500. La FIG. 15B es una vista superior del dispositivo activado por vibración alternativo 1500. La FIG. 15C es una vista frontal del dispositivo activado por vibración alternativo 1500. La FIG. 15D es una vista lateral del dispositivo activado por vibración alternativo 1500 a medida que se mueve a través de un ejemplo de conducto curvado hacia arriba 1520. Las FIGS. 15A-15C incluyen dimensiones de ejemplo (por ejemplo, en milímetros) para mostrar un ejemplo de dimensiones relativas de los componentes. El dispositivo 1500 incluye los apéndices 1505, 1510 y 1515. En la realización ilustrada en las FIGS. 15A-15D, el dispositivo 1500 incluye los apéndices escaladores superiores primarios dobles 1505a y 1505b, aunque solo se puede utilizar un apéndice escalador superior primario 1505 (por ejemplo, similar al apéndice escalador superior 105 ubicado hacia la parte delantera del dispositivo 100 como se muestra en la FIG. 7B). El dispositivo 1500 también incluye un apéndice escalador superior secundario 1510 ubicado detrás de los apéndices escaladores primarios 1505a y 1505b. El

apéndice escalador superior secundario 1510 puede ayudar a mantener el movimiento hacia adelante. En algunas realizaciones, el apéndice escalador superior secundario 1510 puede entrar en contacto con una superficie interna superior 1530 de un conducto curvo 1520 solamente (o solo puede contribuir al movimiento hacia adelante) cuando se toman curvas cerradas. Los apéndices escaladores superiores primarios 1505a y 1505b están ubicados hacia la

5 parte delantera del dispositivo 1500 en una ubicación que está significativamente hacia la parte delantera del dispositivo 1500 desde un punto medio entre la primera y la última pata 104. Al navegar una curva cerrada hacia arriba, el punto medio entre las patas delantera y trasera 104 tiende a alinearse con el centro de la curva hacia arriba. Por lo tanto, los apéndices escaladores superiores primarios 1505a y 1505b pueden perder contacto con la superficie interna superior 1530 cuando el radio de la curva es suficientemente cerrado. La punta del apéndice escalador superior

10 secundario 1510 se puede ubicar cerca de la línea central entre las patas delantera y trasera 104 y, por lo tanto, puede mantener contacto continuo o sustancialmente continuo con la superficie interna superior 1530 y ayudar a mantener el movimiento hacia adelante. Las patas delanteras secundarias adicionales 1515, que solo pueden entrar en contacto con una superficie interna inferior 1525 del conducto 1520 en curvas ascendentes relativamente apretadas, también pueden contribuir al movimiento hacia adelante.

Movimiento Aleatorio

Al introducir características que aumentan la aleatoriedad del movimiento del dispositivo 100, el dispositivo 100 puede parecer comportarse de una manera animada, tal como un insecto rastrero u otra forma de vida orgánica. El

20 movimiento aleatorio puede incluir movimientos inconsistentes, por ejemplo, en lugar de movimientos que tienden a estar en líneas rectas o círculos continuos. Como resultado, el dispositivo 100 puede parecer que deambula alrededor de su entorno (por ejemplo, en un patrón errático o serpenteando) en lugar de moverse en patrones predecibles. El movimiento aleatorio puede producirse, por ejemplo, incluso mientras el dispositivo 100 se mueve en una dirección general.

25 En algunas implementaciones, la aleatoriedad se puede lograr cambiando la rigidez de las patas 104, el material utilizado para hacer las patas 104 y/o ajustando la carga inercial en varias patas 104. Por ejemplo, a medida que se reduce la rigidez de las patas, se puede reducir la cantidad de salto del dispositivo, reduciendo así la apariencia de movimiento aleatorio. Cuando las patas 104 son relativamente rígidas, las patas 104 tienden a inducir el salto, y el

30 dispositivo 100 puede moverse en un movimiento más inconsistente y aleatorio.

Si bien el material que se selecciona para las patas 104 puede influir en la rigidez de las patas, también puede tener otros efectos. Por ejemplo, el material para las patas puede manipularse para atraer polvo y desechos en o cerca de las puntas de las patas 106a, donde las patas 104 entran en contacto con la superficie 110. Este polvo y desechos

35 pueden hacer que el dispositivo 100 gire al azar y cambie su patrón de movimiento. Esto puede producirse porque el polvo y los desechos pueden alterar las características de fricción típicas de las patas 104.

La carga inercial en cada pata 104 también puede influir en la aleatoriedad de movimiento del dispositivo 100. Como ejemplo, a medida que se aumenta la carga inercial en una pata particular 104, esa parte del dispositivo 100 puede

40 saltar a una amplitud más alta, lo que hace que el dispositivo 100 aterrice en diferentes ubicaciones.

En algunas implementaciones, durante un salto y mientras al menos algunas patas 104 del dispositivo 100 están en el aire (o al menos aplican menos fuerza a la superficie 110), el motor 202 y el contrapeso 210 pueden provocar cierto nivel de giro y/o rotación en el aire del dispositivo 100. Esto puede proporcionar un efecto del aterrizaje o rebote del

45 dispositivo de maneras impredecibles, lo que puede conducir aún más a un movimiento aleatorio.

En algunas implementaciones, se puede producir un movimiento aleatorio adicional al ubicar las patas motrices delanteras 104a (es decir, las patas que impulsan principalmente el dispositivo 100 hacia adelante) detrás del contrapeso del motor. Esto puede hacer que la parte delantera del dispositivo 100 tienda a moverse en una dirección

50 menos recta porque el contrapeso está más lejos de las patas 104 que de otro modo tenderían a absorber y controlar su energía. Un ejemplo de distancia lateral desde el centro del contrapeso hasta la punta de la primera pata es de 9,1 mm (0,36 pulgadas) en comparación con un ejemplo de longitud de pata de 10,8 mm (0,40 pulgadas). Generalmente, la distancia desde la línea central longitudinal del contrapeso hasta la punta 106a de la pata delantera 104a puede ser aproximadamente la misma que la longitud de la pata, pero la distancia 514 puede variar en el intervalo de 50-150 %

55 de la longitud de la pata.

En algunas implementaciones, se pueden agregar apéndices adicionales a las patas 104 (y a la carcasa 102) para proporcionar resonancia. Por ejemplo, las protuberancias flexibles que están constantemente en movimiento de esta manera pueden contribuir a la aleatoriedad general del movimiento del dispositivo 100 y/o a la apariencia realista del

60 dispositivo 100. El uso de apéndices de diferentes tamaños y flexibilidades puede magnificar el efecto.

En algunas implementaciones, la batería 220 puede posicionarse cerca de la parte trasera del dispositivo 100 para aumentar el salto. Al hacerlo, coloca el peso de la batería 220 sobre las patas más traseras 104, reduciendo la carga

en las patas delanteras 104a, lo que puede permitir más salto en las patas delanteras 104a. En general, la batería 220 puede tender a ser más pesada que el interruptor 222 y el motor 202, por lo que la colocación de la batería 220 más cerca de la parte trasera del dispositivo 100 puede elevar la nariz 108, lo que permite que el dispositivo 100 se mueva más rápido.

5 En algunas implementaciones, el interruptor de encendido/apagado 222 se puede orientar a lo largo del lado inferior del dispositivo 100 entre la batería 220 y el motor 204 de modo que el interruptor 222 se pueda mover hacia adelante y hacia atrás lateralmente. Dicha configuración, por ejemplo, ayuda a facilitar la reducción de la longitud total del dispositivo 100. Tener un dispositivo más corto puede mejorar la tendencia al movimiento aleatorio.

10 Velocidad del Movimiento

Además del movimiento aleatorio, la velocidad del dispositivo 100 puede contribuir a la apariencia natural del dispositivo 100. Los factores que afectan la velocidad incluyen la frecuencia de vibración y la amplitud que producen el motor 202 y el contrapeso 210, los materiales utilizados para hacer las patas 104, la longitud de las patas y las propiedades de desviación, las diferencias en la geometría de las patas y el número de patas.

La frecuencia de vibración (p. ej., en función de la velocidad de rotación del motor) y la velocidad del dispositivo son generalmente directamente proporcionales. Es decir, cuando la frecuencia oscilante del motor 202 aumenta y todos los demás factores se mantienen constantes, el dispositivo 100 tenderá a moverse más rápido. Un ejemplo de frecuencia de oscilación del motor está en el intervalo de 7000 a 9000 rpm.

El material de las patas tiene varias propiedades que contribuyen a la velocidad. Las propiedades de fricción del material de las patas influyen en la magnitud de la fuerza de arrastre en el dispositivo. A medida que aumenta el coeficiente de fricción de las patas, aumentará el arrastre general del dispositivo, lo que hará que el dispositivo 100 disminuya la velocidad. Como tal, el uso de un material para las patas que tiene propiedades que promueven una baja fricción puede aumentar la velocidad del dispositivo 100. En algunas implementaciones, se puede utilizar poliestireno-butadieno-estireno con un durómetro de cerca de 65 (por ejemplo, basado en la escala Shore A) para las patas 104. Las propiedades del material de las patas también contribuyen a la rigidez de las patas que, cuando se combina con el grosor de las patas y la longitud de las patas, determina la cantidad de salto que desarrollará un dispositivo 100. A medida que la rigidez general de las patas aumenta, la velocidad del dispositivo aumentará. Patas más largas y delgadas reducirán la rigidez de las patas, lo que ralentizará la velocidad del dispositivo.

Apariencia de Inteligencia

35 Una respuesta "inteligente" a los obstáculos es otra característica del dispositivo 100. Por ejemplo, la "inteligencia" puede impedir que un dispositivo 100 que entre en contacto con un objeto inmóvil (por ejemplo, una pared) empuje inútilmente contra el objeto. La "inteligencia" puede implementarse usando únicamente consideraciones de diseño mecánico, lo que puede obviar la necesidad de agregar sensores electrónicos, por ejemplo. Por ejemplo, se pueden inducir giros (por ejemplo, a la izquierda o a la derecha) usando una nariz 108 que introduce una desviación o rebote en el que un dispositivo 100 que encuentra un obstáculo gira inmediatamente hacia un ángulo de incidente cercano.

En algunas implementaciones, la adición de un "rebote" al dispositivo 100 se puede lograr a través de consideraciones de diseño de la nariz y de las patas 104, y de la velocidad del dispositivo 100. Por ejemplo, la nariz 108 puede incluir una característica similar a un resorte. En algunas implementaciones, la nariz 108 se puede fabricar usando caucho, plástico u otros materiales (por ejemplo, poliestireno-butadieno-estireno con un durómetro de cerca de 65, o en el intervalo de 55-75, en función de la escala Shore A). La nariz 108 puede tener una forma flexible y puntiaguda que se desvía hacia adentro bajo presión. El diseño y la configuración de las patas 104 pueden permitir una baja resistencia al giro durante un rebote de la nariz. El rebote logrado por la nariz se puede aumentar, por ejemplo, cuando el dispositivo 100 tiene una velocidad y un impulso más altos.

En algunas implementaciones, la resiliencia de la nariz 108 puede ser tal que tenga un beneficio adicional de amortiguar una caída en caso de que el dispositivo 100 se caiga de una superficie 110 (por ejemplo, una mesa) y aterrice sobre su nariz 108.

55 Configuraciones Alternativas de Patas y Apéndices

La FIG. 6 muestra un ejemplo de dispositivo 100 que incluye un par de apéndices escaladores laterales 105a y 105b. Por ejemplo, los apéndices escaladores laterales 105a-105b pueden ser similares al apéndice escalador superior 105 que se muestra en la FIG. 1 y pueden cumplir una función similar, la de proporcionar al dispositivo 100 la capacidad de escalar. Específicamente, dos o más apéndices escaladores laterales (por ejemplo, apéndices escaladores laterales 105a-105b) pueden trabajar entre sí y/o con las patas 104 para permitir que el dispositivo 100 suba entre superficies sustancialmente inclinadas o verticales (por ejemplo, una pendiente de 45 grados o más), tales como

superficies dentro de un conducto o un tubo. Por ejemplo, las superficies verticales se pueden separar de manera que las puntas de los apéndices escaladores laterales 105a-105b y/o las puntas de los apéndices de las patas 104 apliquen fuerzas alternas en superficies sustancialmente opuestas con las cuales los apéndices escaladores laterales 105a-105b y/o las patas 104 entran hacen contacto.

5

En algunas implementaciones, los apéndices escaladores laterales 105a-105b pueden tener una pendiente ascendente (es decir, hacia arriba y alejándose de la carcasa 102), como se muestra en la FIG. 6. A modo de ejemplo, la pendiente ascendente puede permitir que el dispositivo 100 y sus apéndices se ajusten a determinadas geometrías del conducto, por ejemplo, incluyendo la forma de tubo transversal del conducto o si la forma de la sección transversal del conducto (por ejemplo, una forma en U u otra forma mayormente no rectangular) no es completamente vertical. Por ejemplo, la pendiente ascendente (a diferencia de los apéndices escaladores laterales 105a y 105b que sobresalen rectos, paralelos a la superficie) puede ayudar a impedir que el dispositivo 100 se deslice hacia o sobre su parte posterior (espalda). Además, la pendiente ascendente puede proporcionar al menos cierta fuerza opuesta a la fuerza generada por las patas 104 que entran en contacto con una superficie.

10

En otras palabras, si el conducto tiene una sección transversal sustancialmente redonda u ovalada, entonces las patas 104 del dispositivo pueden entrar en contacto con el interior del conducto, centrado entre las posiciones 7 en punto y 5 en punto, y los apéndices escaladores laterales 105a-105b en algún lugar por encima de las posiciones 9 en punto y 3 en punto. En comparación, cuando se utiliza un único apéndice escalador superior 105, puede estar sustancialmente en la posición de las 12 en punto. Sin embargo, en algunas implementaciones, los apéndices escaladores laterales 105a y 105b pueden ser sustancialmente opuestos, por ejemplo, en las posiciones de las 9 en punto y las 3 en punto.

15

Durante la vibración del dispositivo 100, las puntas de las patas 104 pueden aplicar fuerzas a una superficie (no necesariamente nivelada) (por ejemplo, con respecto a las puntas del apéndice de las patas 104). Específicamente, las puntas del apéndice, construidas a partir de un material que tiene un coeficiente de fricción para proporcionar suficiente agarre durante la compresión y suficiente salto para permitir un retorno a una posición neutral, pueden funcionar para impulsar el dispositivo 100 en una dirección hacia adelante (por ejemplo, para subir una pendiente dentro del conducto). Al mismo tiempo, las puntas de los apéndices de los apéndices escaladores laterales 105a-105b pueden entrar en contacto con superficies que son sustancialmente perpendiculares a las puntas de los apéndices. De manera similar, la propulsión facilitada por un coeficiente de fricción adecuado de las puntas de los apéndices de los apéndices escaladores laterales 105a-105b puede impulsar adicionalmente el dispositivo 100 en la dirección hacia adelante (por ejemplo, para subir una pendiente dentro del conducto). Las diversas superficies sobre las cuales entran en contacto las puntas de los apéndices opuestos pueden ser sustancialmente paralelas entre sí, por ejemplo, las paredes interiores del conducto a través de las cuales el dispositivo 100 puede escalar.

25

En algunas implementaciones, surcos y/o crestas construidas en el interior del conducto pueden estar alineadas con las puntas de los apéndices escaladores laterales, 105a-105b, por ejemplo, que ayudan a mantener el dispositivo 100 en posición con respecto al conducto. En algunas implementaciones, se pueden utilizar patrones en espiral en los conductos de modo que un dispositivo 100 que ingresa al conducto en un nivel pueda girar en un total de 180 grados para voltear el dispositivo 100 sobre sus patas cuando el dispositivo 100 alcanza un nivel diferente. Por ejemplo, la superficie dentro del conducto en la que las puntas de los apéndices de las patas 104 entran en contacto puede tener una ligera torsión (por ejemplo, una torsión de 90 grados por cada arco de 90 grados del conducto), y se pueden incluir ligeras torsiones sustancialmente paralelas para los surcos y/o crestas (o las superficies) con las que las puntas de los apéndices escaladores laterales 105a-105b hacen contacto.

30

En algunas implementaciones, el dispositivo 100 puede tener configuraciones de patas alternativas. Por ejemplo, las patas 104 se pueden conectar usando redes que pueden servir para aumentar la rigidez de las patas 104 mientras se mantienen patas 104 que parecen largas. En algunas implementaciones, las patas centrales 104b pueden no tocar el suelo, lo que puede facilitar la afinación de la producción de las patas al eliminar las patas innecesarias de la consideración. En algunas implementaciones, los dispositivos 104 pueden incluir apéndices adicionales que pueden proporcionar una apariencia de vida adicional. En algunas implementaciones, los apéndices con apariencia de vida adicional pueden resonar a medida que los dispositivos 100 se mueven, y ajustar los apéndices para crear una resonancia deseada puede servir para aumentar la aleatoriedad en el movimiento. Configuraciones adicionales de las patas pueden proporcionar una rigidez reducida que puede reducir el salto, entre otras características.

35

En algunas implementaciones, los dispositivos 100 pueden incluir características de ajuste, tales como patas ajustables 104. Por ejemplo, si un consumidor compra un conjunto de dispositivos 100 que todos tienen el mismo estilo (por ejemplo, una hormiga), el consumidor puede querer hacer que algunos o todos los dispositivos 100 se muevan de diferentes maneras. En algunas implementaciones, el consumidor puede alargar o acortar una pata individual 104 al aflojar primero un tornillo (o clip) que mantiene la pata 104 en su lugar. El consumidor puede entonces deslizar la pata 104 hacia arriba o hacia abajo y volver a apretar el tornillo (o clip). Por ejemplo, los tornillos pueden aflojarse para reposicionar las patas 104 y a continuación apretarse nuevamente cuando las patas están en el lugar deseado.

40

En algunas implementaciones, los dispositivos 100 pueden incluir características de ajuste, tales como patas ajustables 104. Por ejemplo, si un consumidor compra un conjunto de dispositivos 100 que todos tienen el mismo estilo (por ejemplo, una hormiga), el consumidor puede querer hacer que algunos o todos los dispositivos 100 se muevan de diferentes maneras. En algunas implementaciones, el consumidor puede alargar o acortar una pata individual 104 al aflojar primero un tornillo (o clip) que mantiene la pata 104 en su lugar. El consumidor puede entonces deslizar la pata 104 hacia arriba o hacia abajo y volver a apretar el tornillo (o clip). Por ejemplo, los tornillos pueden aflojarse para reposicionar las patas 104 y a continuación apretarse nuevamente cuando las patas están en el lugar deseado.

45

En algunas implementaciones, los extremos roscados en forma de tornillo en las bases de las patas 106b junto con los orificios roscados correspondientes en la carcasa del dispositivo 102 pueden proporcionar un mecanismo de ajuste para hacer las patas 104 más largas o más cortas. Por ejemplo, al girar las patas delanteras 104a para cambiar la posición vertical de las bases de las patas 106b (es decir, de la misma manera que girar un tornillo en un orificio roscado cambia la posición del tornillo), el consumidor puede cambiar la longitud de las patas delanteras 104a, alterando así el comportamiento del dispositivo 100.

En algunas implementaciones, los extremos de la base 106b de las patas ajustables 104 se pueden montar dentro de orificios en la carcasa 102 del dispositivo 100. El material (por ejemplo, caucho) a partir del cual se construyen las patas junto con el tamaño y el material de los orificios en la carcasa 102 puede proporcionar suficiente fricción para sostener las patas 104 en su posición, al mismo tiempo que permite que las patas se empujen o tiren a través de los orificios a nuevas posiciones ajustadas.

En algunas implementaciones, además de usar patas ajustables 104, se pueden lograr variaciones en el movimiento cambiando ligeramente el CG, lo que puede servir para alterar el efecto de la vibración del motor 202. Esto puede tener el efecto de hacer que el dispositivo se mueva más lento o más rápido, así como cambiar la tendencia del dispositivo a girar, proporcionar al consumidor opciones de ajuste puede permitir que diferentes dispositivos 100 se muevan de manera diferente.

Dimensiones del Dispositivo

Las FIGS. 7A y 7B muestran ejemplos de dimensiones del dispositivo 100. Por ejemplo, una longitud 702 es de aproximadamente 44 mm (1,73 pulgadas), un ancho 704 desde la punta de la pata hasta la punta de la pata es de aproximadamente 12,3 mm (0,5 pulgadas), y una altura 706 es de aproximadamente 17,3 mm (0,681 pulgadas). Una longitud de pata 708 puede ser de aproximadamente 10,8 mm (0,4 pulgadas), y un diámetro de pata 710 puede ser de aproximadamente 2 mm (0,077 pulgadas). Un radio de curvatura (que se muestra generalmente en 712) puede ser de aproximadamente 49,3 mm (1,94 pulgadas). También se pueden utilizar otras dimensiones. En general, la longitud del dispositivo 702 puede estar en el intervalo de dos a cinco veces el ancho 704 y la altura 706 puede estar en el intervalo aproximado de una a dos veces el ancho 704. La longitud de pata 708 puede estar en el intervalo de tres a diez veces el diámetro de pata 710. No hay límite físico para el tamaño total al que se puede escalar el dispositivo 100, siempre y cuando las fuerzas motoras y de contrapeso se escalen adecuadamente. En general, puede ser beneficioso utilizar dimensiones sustancialmente proporcionales a las dimensiones ilustradas. Dichas proporciones pueden proporcionar diversos beneficios, que incluyen mejorar la capacidad del dispositivo 100 para enderezarse después de volcarse y facilitar las características de movimiento deseables (por ejemplo, tendencia a desplazarse en línea recta, etc.).

Materiales de Construcción

La selección del material para las patas se basa en varios factores que afectan el rendimiento. Los principales parámetros de los materiales son el coeficiente de fricción (COF), la flexibilidad y la resiliencia. Estos parámetros en combinación con la forma y longitud de la pata afectan la velocidad y la capacidad de controlar la dirección del dispositivo.

El COF puede ser significativo para controlar la dirección y el movimiento del dispositivo. El COF es generalmente lo suficientemente alto como para proporcionar resistencia al movimiento lateral (p. ej., la deriva o flotación) mientras el aparato se mueve hacia adelante. En particular, el COF de las puntas de las patas (es decir, la porción de las patas que entra en contacto con una superficie de apoyo) puede ser suficiente para eliminar sustancialmente la deriva en una dirección lateral (es decir, sustancialmente perpendicular a la dirección del movimiento) que de otro modo podría resultar de la vibración inducida por la carga excéntrica giratoria. El COF también puede ser lo suficientemente alto como para impedir deslizamientos significativos para proporcionar un movimiento hacia adelante cuando Fv está hacia abajo y las patas proporcionan un empuje hacia adelante. Por ejemplo, a medida que las patas se doblan hacia la parte posterior del dispositivo 100 (por ejemplo, contra la dirección de movimiento) debido a la fuerza neta hacia abajo sobre una o más patas motrices (u otras patas) inducidas por la rotación de la carga excéntrica, el COF es suficiente para impedir el deslizamiento sustancial entre la punta de la pata y la superficie de apoyo. En otra situación, el COF puede ser lo suficientemente bajo como para permitir que las patas se deslicen (si entran en contacto con el suelo) de nuevo a su posición normal cuando Fv es positiva. Por ejemplo, el COF es lo suficientemente bajo como para que, a medida que las fuerzas netas en el dispositivo 100 tienden a hacer que el dispositivo salte, la resiliencia de las patas 104 haga que las patas tiendan a regresar a una posición neutral sin inducir una fuerza suficiente opuesta a la dirección de movimiento para superar una o ambas de una fuerza de fricción entre una o más de las otras patas (por ejemplo, las patas traseras 104c) en contacto con la superficie de apoyo o el impulso del dispositivo 100 que resulta del movimiento hacia adelante del dispositivo 100. En algunos aspectos, una o más patas motrices 104a pueden salirse (es decir, saltar completamente) de la superficie de apoyo, lo que permite que las patas motrices vuelvan a una posición

neutral sin generar una fuerza de fricción hacia atrás. Sin embargo, las patas motrices 104a pueden no salirse de la superficie de apoyo cada vez que el dispositivo 100 salta y/o las patas 104 pueden comenzar a deslizarse hacia adelante antes de que las patas salgan de la superficie. En tales casos, las patas 104 pueden moverse hacia adelante sin provocar una fuerza hacia atrás significativa que supere el impulso hacia adelante del dispositivo 100.

5 La flexibilidad y la resiliencia generalmente se seleccionan para proporcionar el movimiento de la pata y el salto deseados. La flexibilidad de la pata puede permitir que las patas se doblen y se compriman cuando Fv está hacia abajo y la nariz se mueve hacia abajo. La resiliencia del material puede proporcionar una capacidad para liberar la energía absorbida por flexión y compresión, aumentando la velocidad de movimiento hacia adelante. El material
10 también puede impedir la deformación plástica mientras se flexiona.

El caucho es un ejemplo de un tipo de material que puede cumplir con estos criterios, sin embargo, otros materiales (por ejemplo, otros elastómeros) pueden tener propiedades similares.

15 Las FIGS. 7C y 7D muestran colectivamente un ejemplo de un apéndice acoplable de forma extraíble para el dispositivo 100. Algunas implementaciones del dispositivo 100, por ejemplo, pueden incluir el apéndice escalador superior 105 (o algunos otros apéndices acoplables de forma extraíble). Los apéndices se pueden acoplar (o re-acoplar) según sea necesario, tal como cuando el dispositivo 100 se va a utilizar en entornos en los que el dispositivo 100 puede subir con la ayuda de apéndices escaladores. Algunas implementaciones de apéndices que se pueden
20 acoplar de forma extraíble pueden incluir un accesorio de compresión 720 que se puede acoplar de forma fija al apéndice escalador superior 105. En algunas implementaciones, el accesorio de compresión 720 puede incluir dos clavijas que pueden deslizarse en una pestaña perforada 722 y pueden encajarse en su lugar usando extremos con muescas o algún otro mecanismo. Con referencia a la FIG. 7D, el apéndice escalador superior 105 se muestra encajado en su lugar en la pestaña perforada 722, y el dispositivo 100 está configurado para escalar.

25 Las FIGS. 7E y 7F muestran otro ejemplo de un apéndice acoplable de forma extraíble para el dispositivo 100. Por ejemplo, un accesorio de apéndice escalador superior extraíble 740 puede incluir el apéndice escalador superior 105 que se une de forma fija a un clip de montaje 742. En algunas implementaciones, el clip de montaje 742 puede incluir dos extremos que se proyectan hacia abajo, cada uno de los cuales puede caber en una muesca del cuerpo 744 (por ejemplo, uno en cada lado del dispositivo 100). Con referencia a la FIG. 7F, el accesorio del apéndice escalador superior 740 se muestra acoplado en su lugar en el dispositivo 100. Por ejemplo, los extremos del clip de montaje 742 se muestran ocupando las muescas del cuerpo 744, y la parte central del clip de montaje 742 se extiende sobre el ancho del dispositivo 100. También son posibles otras implementaciones de accesorios. Por ejemplo, se puede usar una cubierta a presión que incluye apéndices superiores y/o laterales y que se acopla a una porción mayor del hombro
30 de cuerpo 112 del dispositivo 100 que el clip de montaje 742.

La FIG. 8 muestra ejemplos de materiales que se pueden utilizar para el dispositivo 100. En el ejemplo de implementación del dispositivo 100 que se muestra en la FIG. 8, las patas 104 se moldean a partir de caucho u otro elastómero. Las patas 104 se pueden moldear por inyección de modo que las múltiples patas se moldeen de forma
40 integral sustancialmente simultánea (por ejemplo, como parte del mismo molde). Las patas 104 pueden ser parte de una pieza de caucho continua o integral que también forma la nariz 108 (que incluye los lados de la nariz 116a y 116b), el hombro del cuerpo 112 y la superficie lateral de la cabeza 114. Como se muestra, la pieza integral de caucho se extiende por encima del hombro del cuerpo 112 y la superficie lateral de la cabeza 114 a las regiones 802, cubriendo parcialmente la superficie superior del dispositivo 100. Por ejemplo, la porción de caucho integral del dispositivo 100
45 puede formarse y unirse (es decir, co-moldearse durante el procedimiento de fabricación) sobre una parte superior de plástico del dispositivo 100, exponiendo áreas de la parte superior que están indicadas por regiones de plástico 806, de modo que el cuerpo forma una pieza integral co-moldeada. El punto alto 120 está formado por las regiones plásticas superiores 806. Una o más regiones de caucho 804, separadas de la pieza de caucho continua que incluye las patas 104, pueden cubrir porciones de las regiones de plástico 806. En general, las regiones de caucho 802 y 804 pueden
50 ser de un color diferente que las regiones de plástico 806, que pueden proporcionar un aspecto visualmente distinto al dispositivo 100. En algunas implementaciones, los patrones formados por las diversas regiones 802-806 pueden formar patrones que hacen que el dispositivo parezca un insecto u otro objeto animado. En algunas implementaciones, se pueden usar diferentes patrones de materiales y colores para hacer que el dispositivo 100 se parezca a diferentes tipos de insectos u otros objetos. En algunas implementaciones, se puede unir una cola (por ejemplo, hecha de cuerda)
55 al extremo posterior del dispositivo 100 para hacer que el dispositivo parezca ser un roedor pequeño.

La selección de los materiales utilizados (por ejemplo, elastómero, caucho, plástico, etc.) puede tener un efecto significativo en la capacidad del dispositivo para auto-enderezarse. Por ejemplo, las patas de caucho 104 pueden doblarse hacia adentro cuando el dispositivo 100 está rodando durante el tiempo que se auto-endereza. Además, las
60 patas de caucho 104 pueden tener suficiente resiliencia para doblarse durante el funcionamiento del dispositivo 100, lo que incluye flexionarse en respuesta al movimiento de (y las fuerzas creadas por) la carga excéntrica girada por el motor 202. Además, las puntas de las patas 104, que también están hechas de caucho, pueden tener un coeficiente de fricción que permite que las patas motrices (por ejemplo, las patas delanteras 104) empujen contra la superficie

110 sin deslizarse significativamente.

El uso de caucho para la nariz 108 y el hombro 112 también puede ayudar a que el dispositivo 100 se auto-endereza. Por ejemplo, un material tal como caucho, que tiene mayor elasticidad y resiliencia que el plástico duro, por ejemplo, puede ayudar a que la nariz 108 y el hombro 112 reboten, lo que facilita el auto-enderezamiento, al reducir la resistencia a la rodadura mientras el dispositivo 100 está en el aire. En un ejemplo, si el dispositivo 100 se coloca sobre su lado mientras el motor 202 está funcionando, y si el motor 202 y la carga excéntrica se colocan cerca de la nariz 108, las superficies de caucho de la nariz 108 y el hombro 112 pueden hacer que al menos la punta del dispositivo 100 rebote y conduzca al auto-enderezamiento del dispositivo 100.

En algunas implementaciones, la una o más patas traseras 104c pueden tener un coeficiente de fricción diferente al de las patas delanteras 104a. Por ejemplo, las patas 104 en general pueden estar hechas de diferentes materiales y pueden estar unidas al dispositivo 100 como diferentes piezas. En algunas implementaciones, las patas traseras 104c pueden ser parte de una sola pieza de caucho moldeada que incluye todas las patas 104, y las patas traseras 104c pueden alterarse (p. ej., sumergirse en un recubrimiento) para cambiar su coeficiente de fricción.

Ciertas características que se describen en esta memoria descriptiva en el contexto de realizaciones independientes también se pueden implementar en combinación en una única realización. Por el contrario, diversas características que se describen en el contexto de una única realización también pueden implementarse en múltiples realizaciones por separado o en cualquier subcombinación adecuada. Además, aunque las características pueden describirse anteriormente como que actúan en ciertas combinaciones e incluso reivindicadas inicialmente como tales, una o más características de una combinación reivindicada pueden, en algunos casos, extraerse de la combinación, y la combinación reivindicada puede dirigirse a una subcombinación o variación de una subcombinación. También se pueden implementar otras realizaciones alternativas. Por ejemplo, algunas implementaciones del dispositivo 100 pueden omitir el uso de caucho. Algunas implementaciones del dispositivo 100 pueden incluir componentes (por ejemplo, hechos de plástico) que incluyen cualidades de brillo en la oscuridad para que el dispositivo 100 se pueda ver en una habitación oscurecida a medida que se mueve a través de la superficie 110 (por ejemplo, un piso de cocina). Algunas implementaciones del dispositivo 100 pueden incluir una luz (p. ej., una lámpara LED) que parpadea de forma intermitente a medida que el dispositivo 100 se desplaza a través de la superficie 110.

La FIG. 10A es un diagrama de flujo de un procedimiento 1000 para operar un dispositivo activado por vibración 100 (por ejemplo, un dispositivo que incluye cualquier combinación apropiada de las características descritas anteriormente). En diversas realizaciones, se pueden incluir diferentes subconjuntos de las características descritas anteriormente.

Inicialmente, un dispositivo activado por vibración se coloca en una superficie sustancialmente plana u otra superficie (p. ej., con forma tal que múltiples patas del dispositivo entren en contacto con la superficie) en 1005. La vibración del dispositivo se induce en 1010 para provocar el movimiento hacia adelante. Por ejemplo, la vibración puede inducirse mediante el uso de un motor de rotación (por ejemplo, alimentado por batería o de cuerda) que hace girar un contrapeso. La vibración puede inducir el movimiento en una dirección correspondiente a un desplazamiento entre las bases de las patas y las puntas de las patas de una o más patas motrices (es decir, la dirección hacia adelante). En particular, esta vibración puede hacer que las patas resilientes se doblen en una dirección, en 1015, a medida que las fuerzas netas descendentes hacen que el dispositivo se mueva hacia abajo. Esta flexión, junto con el uso de un material con un coeficiente de fricción suficientemente alto para impedir un deslizamiento sustancial, puede hacer que el dispositivo se mueva generalmente hacia adelante.

A medida que la vibración provoca fuerzas netas ascendentes (por ejemplo, debido a la suma vectorial de las fuerzas inducidas por el contrapeso giratorio y el efecto de resorte de las patas resilientes) que hacen que las patas motrices salgan de la superficie o casi salgan de la superficie, las puntas de una o más patas motrices se mueven en la dirección hacia adelante (es decir, la pata se desvía en la dirección hacia adelante para regresar a una posición neutral) en 1020. En algunas implementaciones, una o más patas motrices pueden salir de la superficie en intervalos variables. Por ejemplo, las patas motrices pueden no salir de la superficie cada vez que las fuerzas netas están hacia arriba porque las fuerzas pueden no superar un impulso descendente de un salto anterior. Además, la cantidad de tiempo que las patas motrices salen de la superficie puede variar para diferentes saltos (por ejemplo, dependiendo de la altura del salto, que a su vez puede depender del grado en el que la rotación del contrapeso está en fase con el resorte de las patas).

Durante el movimiento hacia adelante del dispositivo, se pueden generar diferentes fuerzas de arrastre en cada cara lateral del dispositivo en 1025. Generalmente, estas diferentes fuerzas de arrastre se pueden generar mediante patas traseras que tienden a arrastrarse (o al menos que arrastran más que las patas motrices delanteras) y alteran las características de giro del dispositivo (por ejemplo, para contrarrestar o mejorar las tendencias de giro). Típicamente, las patas se pueden disponer en (por ejemplo, dos) filas a lo largo de cada cara lateral del dispositivo, de modo que una o más de las patas en una fila se arrastran más que las patas correspondientes en otra fila. Las diferentes técnicas

para hacer que el dispositivo genere estas diferentes fuerzas de arrastre se describen anteriormente.

Si el dispositivo se vuelca, se induce el rodamiento del dispositivo a 1030. En general, esta tendencia a la rodadura puede ser inducida por la rotación del contrapeso y hace que el dispositivo tienda a enderezarse independientemente.

- 5 Tal como se analizó anteriormente, la forma externa del dispositivo a lo largo de la dimensión longitudinal (por ejemplo, sustancialmente paralela al eje de rotación y/o la dirección de avance general del movimiento del dispositivo) se puede conformar para promover el laminado (por ejemplo, mediante la emulación de la "redondez" longitudinal). El rodamiento del dispositivo también se puede detener mediante una separación relativamente amplia entre las filas de patas en 1035. En particular, si las patas son lo suficientemente anchas en relación con el CG del dispositivo, las
- 10 fuerzas de rotación generadas por el contrapeso giratorio generalmente son insuficientes (ausencia de fuerzas adicionales) para hacer que el dispositivo ruede desde la posición vertical.

- En 1040, la resiliencia de la nariz del dispositivo puede inducir un rebote cuando el dispositivo encuentra un obstáculo (por ejemplo, una pared). Esta tendencia a rebotar puede facilitar el cambio de dirección para alejarse de un obstáculo
- 15 o hacia un ángulo de incidencia más alto, particularmente cuando se combina con una nariz en forma de punta como se discutió anteriormente. La nariz resiliente se puede construir a partir de un material elastomérico y se puede moldear integralmente junto con los hombros y/o patas laterales usando el mismo material elastomérico. Finalmente, la deriva lateral se puede suprimir a 1045 en función de un coeficiente de fricción suficientemente alto en las puntas de las patas, que puede impedir que las patas tiendan a deslizarse lateralmente a medida que el contrapeso giratorio genera
- 20 fuerzas laterales.

- La FIG. 10B es un diagrama de flujo de un procedimiento 1050 para que el dispositivo activado por vibración 100 suba. Por ejemplo, el dispositivo 100 puede incluir cualquier combinación adecuada de las características descritas anteriormente (por ejemplo, apéndices que entran en contacto con superficies sustancialmente opuestas). En diversas
- 25 realizaciones, se pueden incluir diferentes subconjuntos de las características descritas anteriormente. El procedimiento 1050 se puede usar en combinación con el procedimiento 1000 (véase la FIG. 10A), por ejemplo, cuando el dispositivo 100 funciona y transita entre áreas sustancialmente planas que pueden facilitar el movimiento aleatorio a otras áreas que incluyen conductos u otro aparato en el que el dispositivo 100 puede subir.

- 30 Inicialmente, un dispositivo accionado por vibración se introduce en un conducto sustancialmente inclinado (y al menos parcialmente cerrado) en 1055. A modo de ejemplo, el conducto puede ser el conducto 901 que se muestra en la FIG. 9A. El dispositivo 100 puede entrar en el conducto 901, por ejemplo, después de que el dispositivo complete su recorrido a través de la vía de conexión 906. En otro ejemplo, el conducto puede ser el bucle del conducto 950 que se muestra en la FIG. 9C, y el dispositivo 100 puede entrar en el conducto en bucle 950 en la entrada 952. Otras
- 35 implementaciones pueden usar conductos que tienen otras formas.

- La vibración del dispositivo se induce para causar alternativamente movimiento hacia cada uno de dos o más apéndices dispuestos en diferentes direcciones en 1060. Por ejemplo, a medida que el dispositivo 100 entra en el conducto (por ejemplo, el conducto 901 o el conducto en bucle 950), la vibración inducida por la carga excéntrica
- 40 giratoria provoca alternativamente el movimiento en la dirección de las patas 104 y el apéndice escalador superior 105 (o los apéndices escaladores laterales 105a-105b). Los apéndices del dispositivo 100 están dispuestos en diferentes direcciones porque las patas 104 se proyectan generalmente hacia abajo desde el dispositivo 100, y el apéndice escalador superior 105 (o apéndices escaladores laterales 105a-105b) se proyectan hacia arriba (o sustancialmente hacia los lados) con respecto al dispositivo 100.

- 45 La vibración proporciona fuerzas sustancialmente opuestas en los apéndices en 1065. Cada fuerza opuesta está en una dirección que es sustancialmente ortogonal a la dirección hacia adelante. Por ejemplo, la vibración da como resultado una fuerza ortogonal en las patas que hace que las patas 104 entren en contacto y se compriman contra la superficie del conducto, tal como la superficie del piso del conducto 901. A medida que la vibración (y las fuerzas resiliantes de las patas 104) posteriormente hacen que el dispositivo 100 se mueva en la dirección opuesta, la vibración
- 50 da como resultado una fuerza del apéndice escalador ortogonal que hace que el apéndice escalador superior 105 entre en contacto y se comprima contra la superficie del techo con una fuerza opuesta. Las fuerzas alternas y opuestas pueden producirse en rápida sucesión y generalmente son ortogonales a la dirección de movimiento del dispositivo (p. ej., la dirección de movimiento a través del conducto 901 o del conducto en bucle 950).

- 55 El dispositivo se desvía en la dirección hacia adelante usando la resistencia al movimiento por los apéndices en la dirección hacia atrás en 1070. Por ejemplo, además de las fuerzas ortogonales inducidas por la carga excéntrica giratoria, los componentes de fuerza adicionales proporcionan movimiento hacia adelante del dispositivo. En particular, las puntas de las patas 104 y el apéndice escalador superior 105 (o los apéndices escaladores laterales 105a-105b)
- 60 tienen coeficientes de fricción que permiten que las puntas "se agarren" a las superficies del conducto para impedir que el dispositivo 100 se deslice hacia atrás.

El dispositivo se hace subir usando las fuerzas opuestas y la desviación de los apéndices en 1075. Por ejemplo, el

agarre alternado por las patas 104 y el o los apéndices escaladores permite que el dispositivo 100 tenga un movimiento de trinquete entre las superficies paralelas del conducto, lo que da como resultado que el dispositivo 100 suba por el conducto.

- 5 La FIG. 11 es un diagrama de flujo de un procedimiento 1100 para construir un dispositivo activado por vibración 100 (por ejemplo, un dispositivo que incluye cualquier combinación apropiada de las características descritas anteriormente). Inicialmente, el chasis del dispositivo se moldea en 1105. El chasis del dispositivo puede ser la cara inferior 122 que se muestra en la FIG. 1 y puede construirse a partir de un plástico duro u otro material relativamente duro o rígido, aunque el tipo de material utilizado para la cara inferior generalmente no es particularmente crítico para el funcionamiento del dispositivo. También se moldea una cubierta superior en 1110. La cubierta superior puede incluir una porción relativamente dura de la porción superior del cuerpo de la carcasa 102 que se muestra en la FIG. 1, que incluye el punto alto 120;

- La cubierta superior es co-moldeada con un cuerpo elastomérico en 1115 para formar el cuerpo superior del dispositivo. El cuerpo elastomérico puede incluir una única pieza formada integralmente que incluye apéndices (p. ej., patas 104), hombros 112 y nariz 108. El co-moldeo de una cubierta superior dura y un cuerpo elastomérico más resiliente puede proporcionar una mejor constructibilidad (p. ej., la porción dura puede hacer que sea más fácil de acoplar al chasis del dispositivo usando tornillos o postes), proporcionar más rigidez longitudinal, puede facilitar el auto-enderezamiento (como se explicó anteriormente) y puede proporcionar patas que facilitan el salto, el movimiento hacia adelante y los ajustes del giro. En algunas implementaciones, los apéndices que se moldean integralmente con el cuerpo elastomérico resiliente pueden incluir uno o más apéndices escaladores superiores 105 y/o dos o más apéndices escaladores laterales (por ejemplo, los apéndices escaladores laterales 105a y 105b), o combinaciones de los mismos. En implementaciones en las que los apéndices tales como los apéndices escaladores 105, 105a y 105b se pueden unir de forma extraíble, el cuerpo se puede moldear para incluir la pestaña perforada 722, las muescas del cuerpo 744 u otras características útiles para acoplar los apéndices.

La carcasa está montada en 1120. La carcasa generalmente incluye una batería, un interruptor, un motor de rotación y una carga excéntrica, que pueden estar todos encerrados entre el chasis del dispositivo y la parte superior del cuerpo.

30 Hábitats

- La FIG. 12A muestra un hábitat de tubo de ejemplo 1200 en el que múltiples dispositivos 100 pueden funcionar e interactuar. En este ejemplo, el hábitat de tubo 1200 incluye tres arenas 1202a-1202c, cada una de las cuales puede tener forma hexagonal como se muestra. Como se muestra en la FIG. 12A, las arenas 1202a-1202c están en tres elevaciones diferentes y están sustancialmente niveladas y paralelas entre sí, pero son posibles otras configuraciones. La arena 1202a es la más alta de las tres arenas, con la arena 1202c en la parte inferior y la arena 1202b sustancialmente en el medio.

- Las arenas 1202a-1202c están conectadas con conjuntos de tubos 1204a- 1204e de varias longitudes, formas y configuraciones. Por ejemplo, los montajes de tubo 1204a y 1204c conectan cada uno la arena 1202a a la arena 1202c. De manera similar, los montajes de tubo 1204b y 1204d conectan cada uno la arena 1202a a la arena 1202b. Finalmente, el montaje de tubo 1204e conecta la arena 1202c a sí misma por medio de un bucle en el montaje de tubo 1204e que pasa sobre la parte superior de la arena 1202b. Las conexiones entre las arenas 1202a-1202c y los montajes de tubo 1204a-1204e se realizan en las aberturas de compuerta a lo largo de los lados de las arenas 1202a-1202c. Las compuertas cerradas, donde los montajes de tubo 1204a-e no están conectados a las arenas 1202a-1202c, pueden impedir que los dispositivos 100 salgan del hábitat de tubo 1200 durante la operación. En algunas implementaciones, los montajes de tubo 1204a-e pueden ensamblarse usando componentes de tubo y conectores descritos a continuación con referencia a las FIGS. 13A-13W y 14A-14H. Son posibles otras configuraciones de montajes de tubo, que incluyen montajes de tubo de una pieza sólida y/o montajes de tubo que usan componentes no descritos en las FIGS. 13A-13W y 14A-14H.

La FIG. 12B muestra una vista superior del hábitat de tubo 1200. Esta vista muestra más claramente ambas caras laterales del montaje de tubo 1204e. Las compuertas 1208 se muestran en un estado abierto.

- 55 Se pueden usar varios conectores para conectar los componentes del hábitat de tubo 1200. Por ejemplo, un tipo de conector 1206a (por ejemplo, refiérase a las FIGS. 14E-H) puede conectar cualquiera de varios tipos de tubos a cualquiera de las arenas 1202a-1202c. Un segundo tipo de conector 1206b (p. ej., refiérase a las FIGS. 14A-D) puede conectar un par de tubos.

- 60 Las FIGS. 13A a 13D muestran varias vistas de un ejemplo de montaje de tubo recto 1300. Específicamente, la FIG. 13A es una vista superior, la FIG. 13B es una vista en perspectiva, la FIG. 13C es una vista lateral y la FIG. 13D es una vista frontal. Las FIGS. 13B y 13D muestran una abertura 1302 a través de la cual el dispositivo 100 puede desplazarse, por ejemplo, a través de la longitud del montaje de tubo recto 1300. En algunas implementaciones, el

montaje de tubo recto 1300 puede ser lo suficientemente ancho como para que existan dos carriles, permitiendo que pasen dos dispositivos 100. Los carriles no son carriles formales o carriles definidos como tales, pero la abertura 1302 tiene un ancho que es igual o superior al doble del ancho del dispositivo 100 (en su punto más ancho). De hecho, dos dispositivos 100 pueden encontrarse esencialmente de frente dentro del montaje de tubo recto 1300 (y otros montajes de tubo descritos en este documento), y los dos dispositivos 100 pueden resolver su encuentro, desviarse entre sí y continuar.

En algunas implementaciones, el montaje de tubo recto 1300 puede incluir crestas 1304 (u otras características) que pueden facilitar el posicionamiento adecuado de los conectores. Por ejemplo, los conectores, como se describe en detalle a continuación, pueden conectar el montaje de tubo recto 1300 a otro montaje de tubo o a otro componente utilizado en un hábitat para el dispositivo 100 (por ejemplo, el hábitat de tubo 1200). En algunas implementaciones, los conectores pueden acoplarse con las crestas 1304, tal como ajustándose sobre la parte superior del montaje 1300 y colindante con la cresta 1304. Por lo tanto, las crestas 1304 son puntos de detención, por ejemplo, que proporcionan un tope para un conector que se desliza sobre el extremo del montaje de tubo recto 1300.

En algunas implementaciones, el montaje de tubo recto 1300 se fabrica a partir de dos piezas (por ejemplo, sustancialmente dos mitades) que se unen en las costuras 1306. En algunas implementaciones, el montaje de tubo recto 1300 se fabrica como una sola pieza.

Las FIGS. 13E a 13G muestran ejemplos de dimensiones del montaje de tubo recto 1300. También se muestran las dimensiones del dispositivo 100, ya que esas dimensiones están relacionadas con las dimensiones del montaje de tubo recto 1300. Las FIGS. 13E a 13G muestran vistas superior, lateral y frontal, respectivamente, del dispositivo 100 con su extremo posterior dentro del montaje de tubo recto 1300.

Con referencia a la FIG. 13E, una distancia entre la nariz y el apéndice escalador 1310 (por ejemplo, 15 mm) define la distancia desde la nariz 108 hasta la parte delantera del apéndice escalador 105. Con referencia a la FIG. 13F, una elevación del apéndice escalador 1312 (por ejemplo, 22 mm) define la elevación de la parte superior del apéndice escalador 105 con respecto a las partes inferiores de las patas 104. Con referencia a la FIG. 13G, un ancho de tubo 1314 (por ejemplo, 30 mm) y una altura de tubo 1316 (por ejemplo, 20 mm) definen el ancho y la altura interior, respectivamente, del montaje de tubo recto 1300. En algunas implementaciones, el ancho de tubo 1314 y la altura de tubo 1316 se pueden utilizar en otros componentes, por ejemplo, otros montajes de tubo recto (por ejemplo, de diferentes longitudes), montajes curvos y/o montajes de otras formas o configuraciones. Una dimensión de desplazamiento de pata 1318 (por ejemplo, 14 mm) se incluye aquí para mostrar el ancho relativo del dispositivo 100 en su punto más ancho, por ejemplo, los bordes externos de sus patas 104. Por ejemplo, debido a que la dimensión de desplazamiento de la pata de ejemplo 1318 de 14 mm es inferior a la mitad del ancho de tubo de ejemplo 1314 de 30 mm, existe un amplio espacio horizontal en el montaje de tubo recto 1300 para que pasen dos dispositivos 100.

Las FIGS. 13H a 13K muestran varias vistas de un ejemplo de montaje de tubo curvo 1322. Específicamente, la FIG. 13H es una vista lateral, la FIG. 13I es una vista posterior, la FIG. 13J es una vista inferior y la FIG. 13K es una vista en perspectiva. Con referencia a la FIG. 13H, el dispositivo 100 puede entrar en el montaje de tubo curvo 1322 a través de una abertura delantera 1324 en la parte delantera del montaje de tubo curvo 1322. La FIG. 13K muestra una abertura 1326 desde la cual el dispositivo 100 puede salir del montaje de tubo curvo 1322 después de entrar en la abertura frontal 1324 y subir a través del tubo. Los dispositivos 100 pueden desplazarse en cualquier dirección a través del montaje de tubo curvo 1322.

El montaje de tubo curvo 1322 puede tener las mismas dimensiones interiores o similares que el montaje de tubo recto 1300 (por ejemplo, un ancho de 30 mm y una altura de 20 mm). Como resultado, cuando el montaje de tubo curvo 1322 se conecta a otros componentes tales como el montaje de tubo recto 1300, el dispositivo 100 puede esperar una transición sustancialmente suave en los puntos de conexión. Además, el montaje de tubo curvo 1322 es lo suficientemente ancho para que pasen dos dispositivos 100.

En algunas implementaciones, el montaje de tubo curvo 1322 puede incluir crestas 1328 (u otras características), que pueden facilitar un ajuste a presión con conectores. Por ejemplo, los conectores, como se describe en detalle a continuación, pueden conectar el montaje de tubo curvo 1322 a otro montaje de tubo o a otro componente utilizado en un hábitat para el dispositivo 100 (por ejemplo, el hábitat de tubo 1200).

Las FIGS. 13L a 13Q muestran varias vistas de un ejemplo de montaje de tubo en forma de Y 1334. Específicamente, la FIG. 13L es una vista lateral, la FIG. 13M es una vista frontal, la FIG. 13N es una vista en perspectiva, la FIG. 13O es una vista inferior, la FIG. 13P es una vista lateral recortada y la FIG. 13Q es una vista en perspectiva recortada.

El montaje de tubo en forma de Y 1334 incluye una aleta 1336 en la intersección de una sección recta 1338 y una sección curva 1340. La aleta 1336 puede controlar la dirección de movimiento mediante dispositivos 100 dentro del montaje de tubo en forma de Y 1334. Con referencia a las FIGS. 13P y 13Q, la aleta 1336 se muestra cerrada, por

ejemplo, colgando en una posición hacia abajo, sustancialmente paralela a la sección recta 1338. Cuando la aleta 1336 está cerrada, los dispositivos 100 pueden desplazarse directamente hacia abajo o hacia arriba a través de la sección recta 1338, y un dispositivo 100 que se desplaza hacia arriba no puede ingresar a la sección curva 1340. La aleta 1336 cuelga hacia abajo desde su punto de conexión en un pasador de pivote 1342, sobre el cual la aleta 1336 puede pivotar.

Cuando la aleta 1336 está cerrada, un dispositivo 100 que se desplaza hacia abajo a través de la sección curva 1340 puede abrir la aleta 1336. La nariz 108 u otras partes del dispositivo 100 pueden empujar la aleta 1336 hacia afuera. En ese momento, la parte inferior de la aleta 1336 puede entrar en contacto con la sección recta 1338 sustancialmente cerca de una posición 1344 en la sección recta 1338. La parte inferior de la sección curva 1340 tiene una forma tal que, cuando la aleta 1336 está abierta y se extiende hasta la posición 1344, la distancia entre la aleta 1336 y una parte sustancialmente paralela de la sección curva 1340 es sustancialmente uniforme (por ejemplo, alrededor de 20 mm). Esta distancia es consistente con la altura interior (por ejemplo, 20 mm) del resto del montaje de tubo en forma de Y 1334, que permite que el dispositivo 100 permanezca en contacto sustancialmente continuo con las superficies del montaje de tubo en forma de Y 1334. De esta manera, el progreso hacia adelante del dispositivo 100 es esencialmente continuo, aunque no necesariamente a una velocidad constante.

En algunas implementaciones, después de que uno o más dispositivos 100 se acoplan y a continuación pasan a través de la aleta 1336, la gravedad puede hacer que la aleta 1336 regrese a su posición cerrada o hacia abajo. En algunas implementaciones, durante el corto periodo de tiempo que la aleta 1336 está abierta, un dispositivo 100 que se desplaza hacia arriba a través de la sección recta 1338 puede entrar en la sección curva 1340.

Las FIGS. 13R a 13W muestran varias vistas de un ejemplo de montaje de tubo en bucle 1350. Específicamente, la FIG. 13R es una vista lateral, la FIG. 13S es una vista frontal, la FIG. 13T es una vista en perspectiva, la FIG. 13U es una vista inferior, la FIG. 13V es una vista lateral recortada y la FIG. 13W es una vista en perspectiva recortada. En este ejemplo, el montaje de tubo en bucle 1350 proporciona un elemento de *hacer el looping*. Por ejemplo, un dispositivo 100 que entra en cualquiera de los extremos (p. ej., la abertura 1352) completará el bucle y saldrá del extremo opuesto (p. ej., la abertura 1354).

El montaje de tubo en bucle 1350 incluye aletas 1356 y 1358 que permiten que el montaje de tubo en bucle 1350 sea bidireccional. Una sección de enlace 1360 unida a las aletas 1356 y 1358 hace que las aletas 1356 y 1358 se muevan sustancialmente al unísono, por ejemplo, movimiento de una en reacción al movimiento de la otra. En algunas implementaciones, la sección de enlace 1360 puede incluir múltiples (por ejemplo, tres) palancas articuladas interconectadas. Por ejemplo, cuando un dispositivo 100 entra en el montaje de tubo en bucle 1350 en la abertura 1352 y empuja la aleta 1356 hacia arriba (si no está ya hacia arriba), la sección de enlace 1360 hace que la aleta 1358 caiga. Por lo tanto, la aleta 1358 desvía el dispositivo 100 hacia la parte circular del montaje de tubo en bucle 1350. A continuación, cuando el dispositivo 100 ha navegado casi por completo por la parte circular, el dispositivo 100 entra en contacto y empuja hacia abajo la aleta 1356. Simultáneamente, la sección de enlace acoplada 1360 hace que la aleta 1358 se eleve, lo que permite que el dispositivo 100 pase por debajo de la aleta 1358 y salga del montaje de tubo en bucle 1350 en la abertura 1354. Se produce una secuencia similar de eventos si el dispositivo 100 entra en el montaje de tubo en bucle 1350 a través de la abertura 1354.

En algunas implementaciones, un usuario puede utilizar la sección de enlace 1360 y/u otros controles para controlar el funcionamiento de las aletas 1356 y 1358. De esta manera, el usuario puede controlar la dirección de movimiento de los dispositivos 100 dentro del montaje de tubo en bucle 1350. Por ejemplo, las perillas controlables por el usuario u otros controles se pueden unir a la sección de enlace 1360.

En algunas implementaciones, la sección de enlace 1360 puede incluir brazos unidos que son sustancialmente perpendiculares a las palancas de la sección de enlace 1360. Los brazos pueden ajustarse a través de las ranuras 1362 para acoplarse a las aletas 1356 y 1358, por ejemplo, a lo largo de la cara inferior de las aletas 1356 y 1358.

En algunas implementaciones, dos dispositivos 100, que viajan en direcciones opuestas, pueden estar dentro del montaje de tubo en bucle 1350 al mismo tiempo. Si los dos dispositivos 100 se encuentran en la parte circular, por ejemplo, el dispositivo 100

que alcance su respectiva aleta 1356 o 1358 primero será el primero en salir del montaje de tubo en bucle 1350. En algunas situaciones, un dispositivo 100 puede retrasarse temporalmente en cualquiera de las aletas 1356 o 1358 mientras el otro dispositivo 100 pasa por debajo en la dirección opuesta.

Las FIGS. 14A a 14D muestran varias vistas de un ejemplo de conector 1400. Específicamente, la FIG. 14A es una vista superior, la FIG. 14B es una vista en perspectiva, la FIG. 14C es una vista frontal y la FIG. 14D es una vista lateral. El conector 1400 se puede usar para conectar un par de tubos tales como cualesquiera dos combinaciones de los tubos 1300, 1322, 1334 y 1350 descritos anteriormente con referencia a las FIGS. 13A-13W. El conector 1400

incluye las secciones 1402A, 1402B y 1404. Las secciones 1402a y 1042b son idénticas, lo que hace que el conector 1400 sea simétrico e intercambiable, lo que permite que cualquiera de las secciones 1402a o 1402b se una a cualquiera de los tubos 1300, 1322, 1334 y 1350. La sección 1404 tiene las mismas dimensiones de altura y ancho que los tubos 1300, 1322, 1334 y 1350. En algunas implementaciones, el conector 1400 se puede utilizar como el
5 conector 1206b descrito anteriormente con referencia a las FIGS. 12A y 12B. Otros tipos de conectores se pueden utilizar en otras implementaciones.

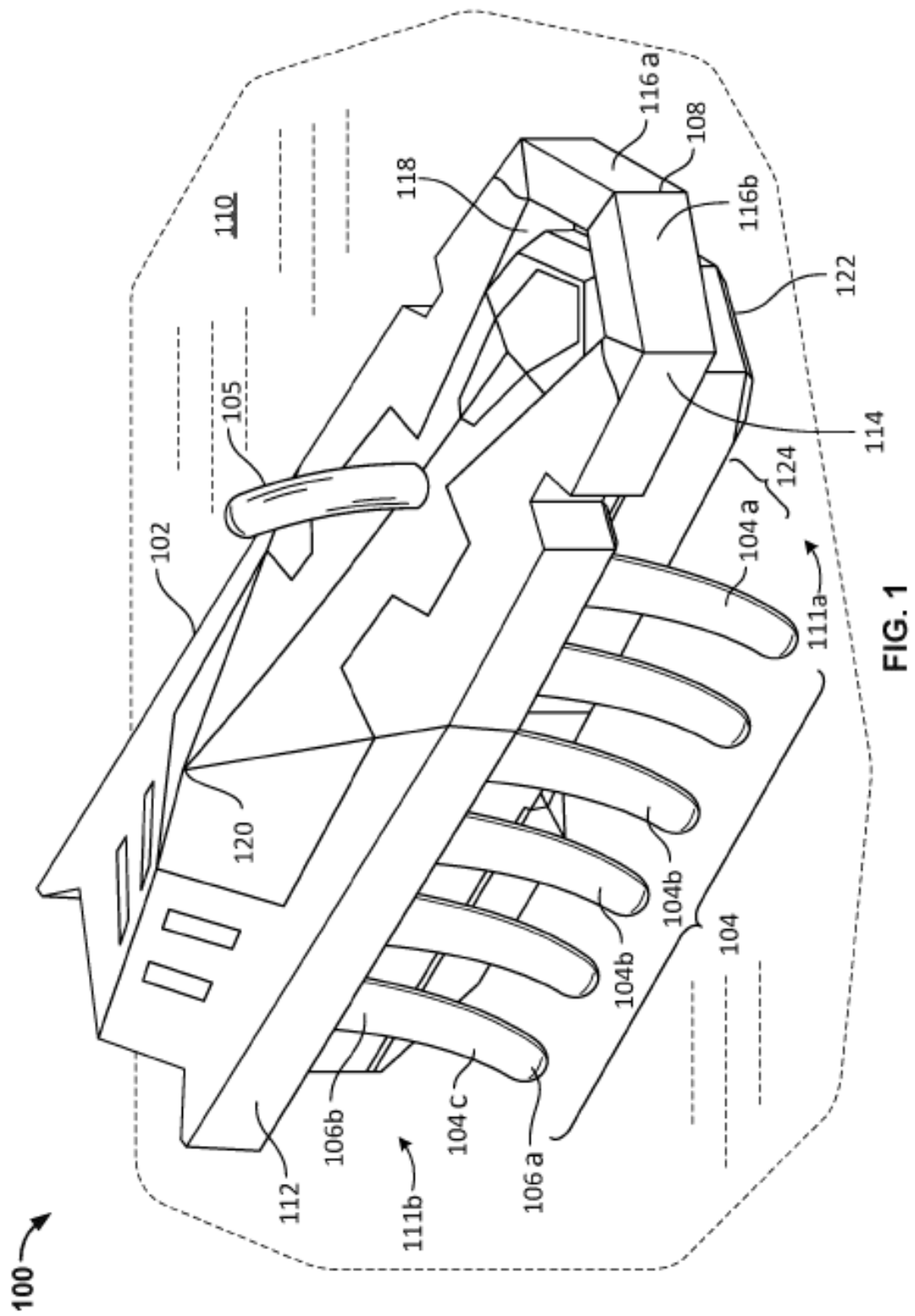
Las FIGS. 14E a 14H muestran varias vistas de otro conector de ejemplo 1410. Específicamente, la FIG. 14E es una vista superior, la FIG. 14F es una vista en perspectiva, la FIG. 14G es una vista frontal y la FIG. 14H es una vista
10 lateral. El conector 1410 se puede usar para conectar una arena (por ejemplo, una de las arenas 1202a-c) a cualquiera de los tubos 1300, 1322, 1334 y 1350 descritos anteriormente con referencia a las FIGS. 13A-13W. El conector 1410 también se puede utilizar para conectar un tubo a otros tipos de componentes que tienen una conexión de pestaña de bloqueo 1412.

REIVINDICACIONES

1. - Un aparato (100) que comprende:
 - 5 - un cuerpo (102) que tiene una parte superior y una parte inferior;
- un mecanismo vibratorio acoplado al cuerpo (102); y
- una pluralidad de patas (104), cada una con una base de pata (106b) proximal al cuerpo (102) y una punta de pata (106a) distal al cuerpo (102), donde la pluralidad de patas (104) se construyen a partir de un material resiliente y tienen características resilientes y se extienden hacia abajo desde el cuerpo y están configuradas para hacer que el aparato (100) se propulse a través de una superficie (110) en una dirección hacia adelante y configuradas además para hacer que una porción de la pluralidad de patas (104) salga de la superficie (110) a medida que el aparato (100) se traslada en la dirección hacia adelante definida generalmente por un desplazamiento longitudinal entre la base de la pata (106b) y la punta de la pata (106a) a medida que el mecanismo vibratorio hace que el aparato (100) vibre; donde cada pata (104) tiene un diámetro que varía entre 5 % y 60 %, preferentemente entre 15 % y 25 % de una longitud de la pata (104) entre la base de la pata (106b) y la parte superior de la pata (106a), **caracterizada porque** el aparato comprende además
- un apéndice escalador superior (105) que se extiende desde el cuerpo (102) de modo que una punta de apéndice escalador definida en el apéndice escalador (105) se posiciona por encima de la parte superior del cuerpo (102) sustancialmente centrada y es lo suficientemente grande como para impedir que el cuerpo (102) se acueste sobre la parte superior del cuerpo (102), y donde el apéndice escalador (105) es un apéndice vibratorio no giratorio, y donde las patas (104) se extienden desde el cuerpo (102) de modo que cada punta de pata (106a) se posiciona por debajo de la parte inferior del cuerpo (102);
de modo que el apéndice escalador (105) y las patas (104) están configurados para entrar en contacto con superficies opuestas,
25 por lo que el apéndice escalador (105) y las patas (104) están configurados para aplicar fuerzas contra superficies opuestas para producir una fuerza neta en una dirección generalmente definida por el desplazamiento longitudinal de modo que la fuerza neta impulse el aparato (100) en la dirección hacia adelante entre las superficies opuestas;
y donde el apéndice escalador superior (105) tiene un diámetro que varía entre 5 % y 60 %, preferentemente entre 15 % y 25 % de una longitud del apéndice escalador superior (105) entre la base del apéndice escalador superior y la punta del apéndice escalador superior.
30
2. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde el apéndice escalador superior (105) y las patas (104) están configurados para extenderse lejos del cuerpo (102) de modo que la punta del apéndice escalador superior y las puntas de las patas están adaptadas para entrar en contacto con superficies opuestas que son sustancialmente paralelas entre sí.
35
3. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde el apéndice escalador superior (105) y las patas (104) están configurados para extenderse lejos del cuerpo (102) de modo que la punta del apéndice escalador superior y las puntas de las patas (106a) están adaptadas para entrar en contacto con al menos dos superficies opuestas dispuestas en un conducto al menos sustancialmente cerrado (901).
40
4. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde la fuerza neta en una dirección generalmente definida por un desplazamiento entre la base de la pata (106b) y la punta de la pata (106a) excede una fuerza gravitacional opuesta sobre el aparato (100).
45
5. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde el apéndice escalador superior (105) y las patas (104), como resultado del contacto con una superficie correspondiente, producen una fuerza neta que incluye una fuerza de componente positiva en una dirección sustancialmente perpendicular a la superficie correspondiente y una fuerza de componente positiva en una dirección definida generalmente por un desplazamiento longitudinal entre la base de la pata (106b) y la punta de la pata (106a).
50
6. El aparato (100) de la reivindicación 5, donde la fuerza de la componente positiva en la dirección sustancialmente perpendicular a la superficie correspondiente para el apéndice escalador superior (105) y las patas (104), se opone sustancialmente a la fuerza de la componente positiva en la dirección sustancialmente perpendicular a la superficie correspondiente para al menos otro apéndice del apéndice escalador superior (105) y las patas (104).
55
7. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde el apéndice escalador superior (105) y las patas (104) están adaptados para permitir que el aparato (100) suba entre superficies opuestas sustancialmente verticales que están separadas de modo que la punta del apéndice escalador superior y las puntas de las patas (106a) apliquen fuerzas alternas sobre las superficies opuestas.
60
8. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde las patas (104) están dispuestas en dos filas, con la base

de las patas (106b) en cada fila acoplada al cuerpo (102) sustancialmente a lo largo de un borde lateral del cuerpo (102).

9. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde al menos uno del apéndice escalador superior (105) o las patas (104), se acopla de forma extraíble al cuerpo (102).
10. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde el mecanismo vibratorio incluye un motor de rotación (202) que hace girar una carga excéntrica (210).
- 10 11. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde el apéndice escalador superior (105) y las patas (104) están hacia adelante de un centro de gravedad longitudinal del aparato (100).
12. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde cada uno del apéndice escalador superior (105) y las patas (104) están: contruidos a partir de un material flexible; moldeados por inyección; y acoplados integralmente al cuerpo (102) en la base del apéndice escalador superior o en la base de la pata (106b).
13. El aparato (100) de la reivindicación 10, donde las fuerzas de rotación de la carga excéntrica interactúan con una característica resiliente de al menos una pata motriz (104) o apéndice escalador superior (105) para hacer que la al menos una pata motriz (104) o el apéndice escalador superior (105) salga de una superficie de apoyo a medida que el aparato (100) se traslada en la dirección hacia adelante.
14. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde un coeficiente de fricción de una porción de la pluralidad de patas (104) es suficiente para eliminar sustancialmente la deriva en una dirección lateral.
- 25 15. El aparato (100) de la reivindicación 13, donde la carga excéntrica está configurada para ubicarse hacia un extremo delantero del aparato (100) con respecto a las patas motrices (104) o el apéndice escalador superior (105), donde el extremo delantero del aparato (100) está definido por un extremo en una dirección en la que el aparato (100) tiende principalmente a moverse a medida que el motor de rotación (201) gira la carga excéntrica (210).
- 30 16. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde el apéndice escalador superior (105) y las patas (104) están moldeadas integralmente con al menos una porción del cuerpo (102).
17. El aparato (100) de la reivindicación 1, donde el apéndice escalador superior (105) y/o al menos un subconjunto de las patas (104) son curvas, y una relación de un radio de curvatura con respecto a la longitud se encuentra en un intervalo de 2,5 a 20.
- 35



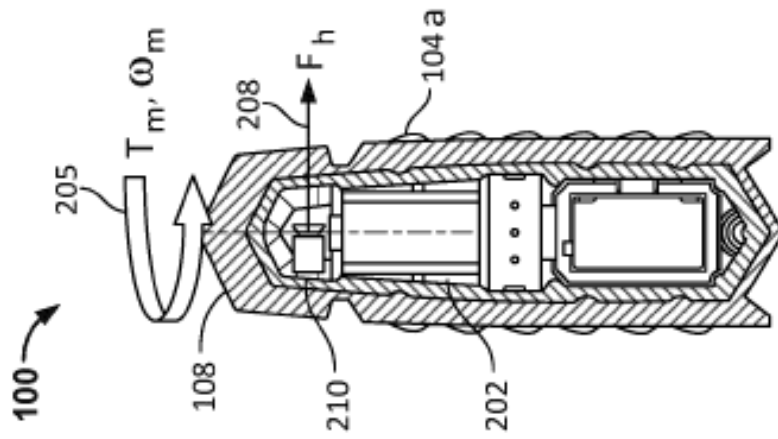


FIG. 2B

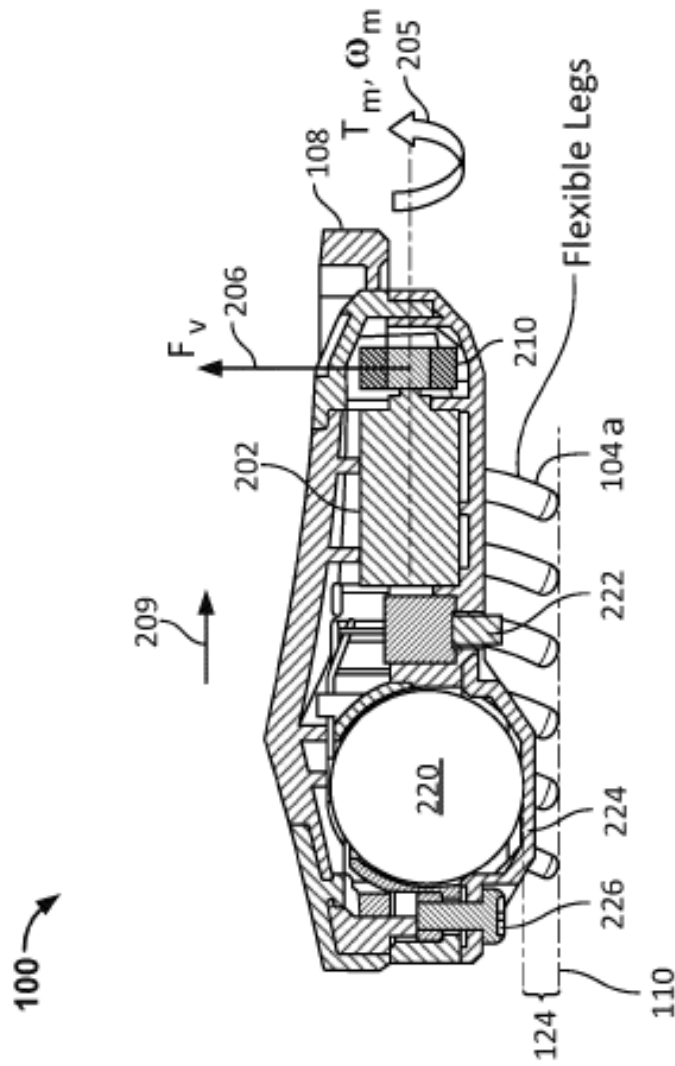
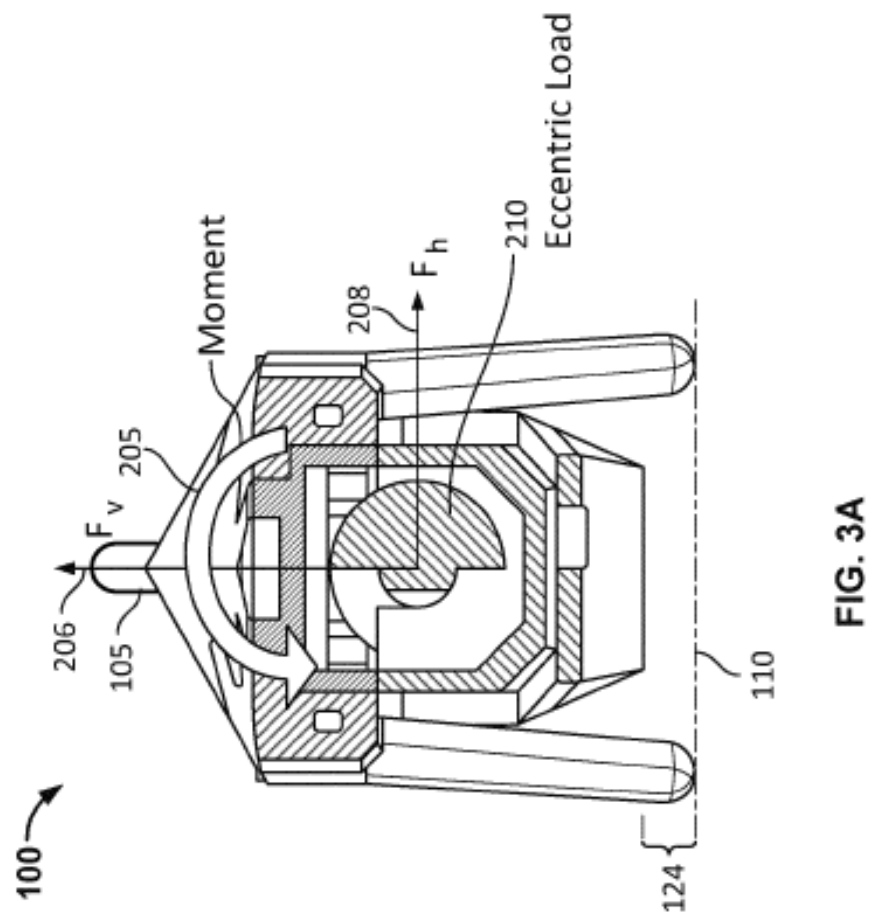
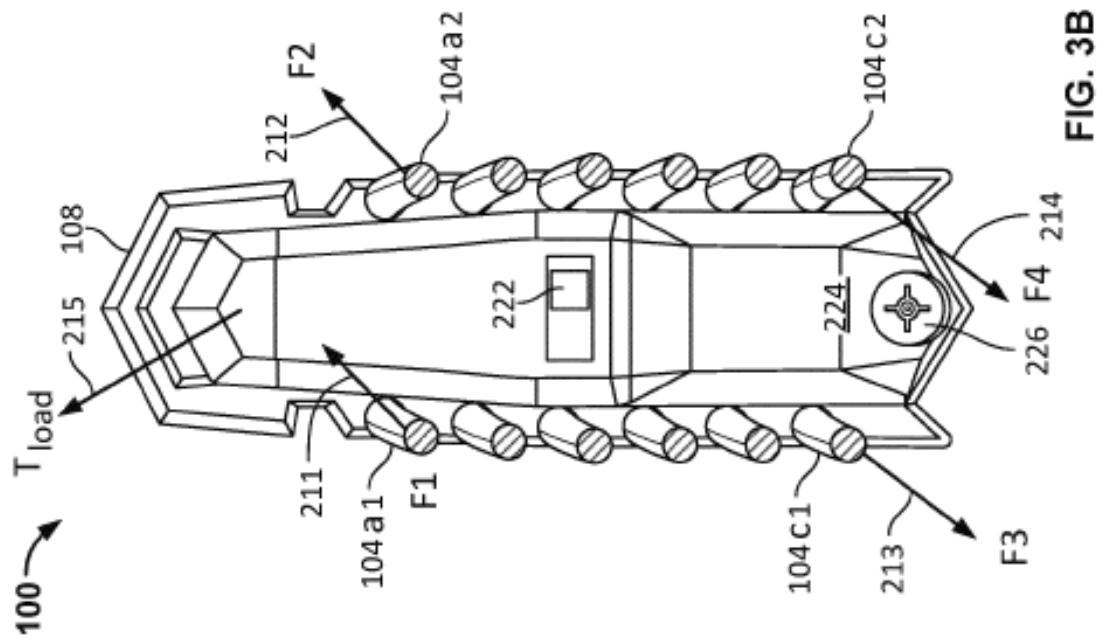


FIG. 2A



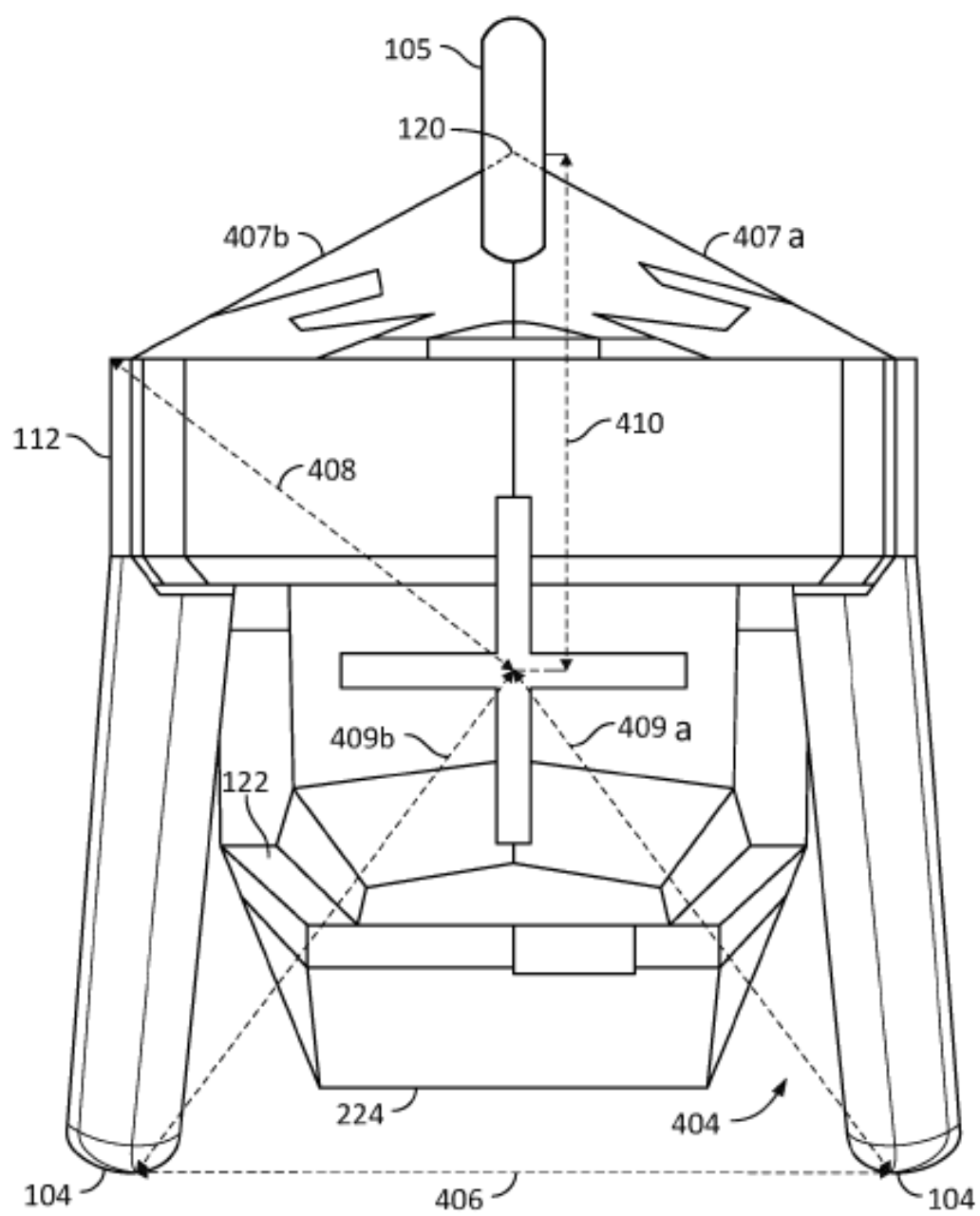


FIG. 4

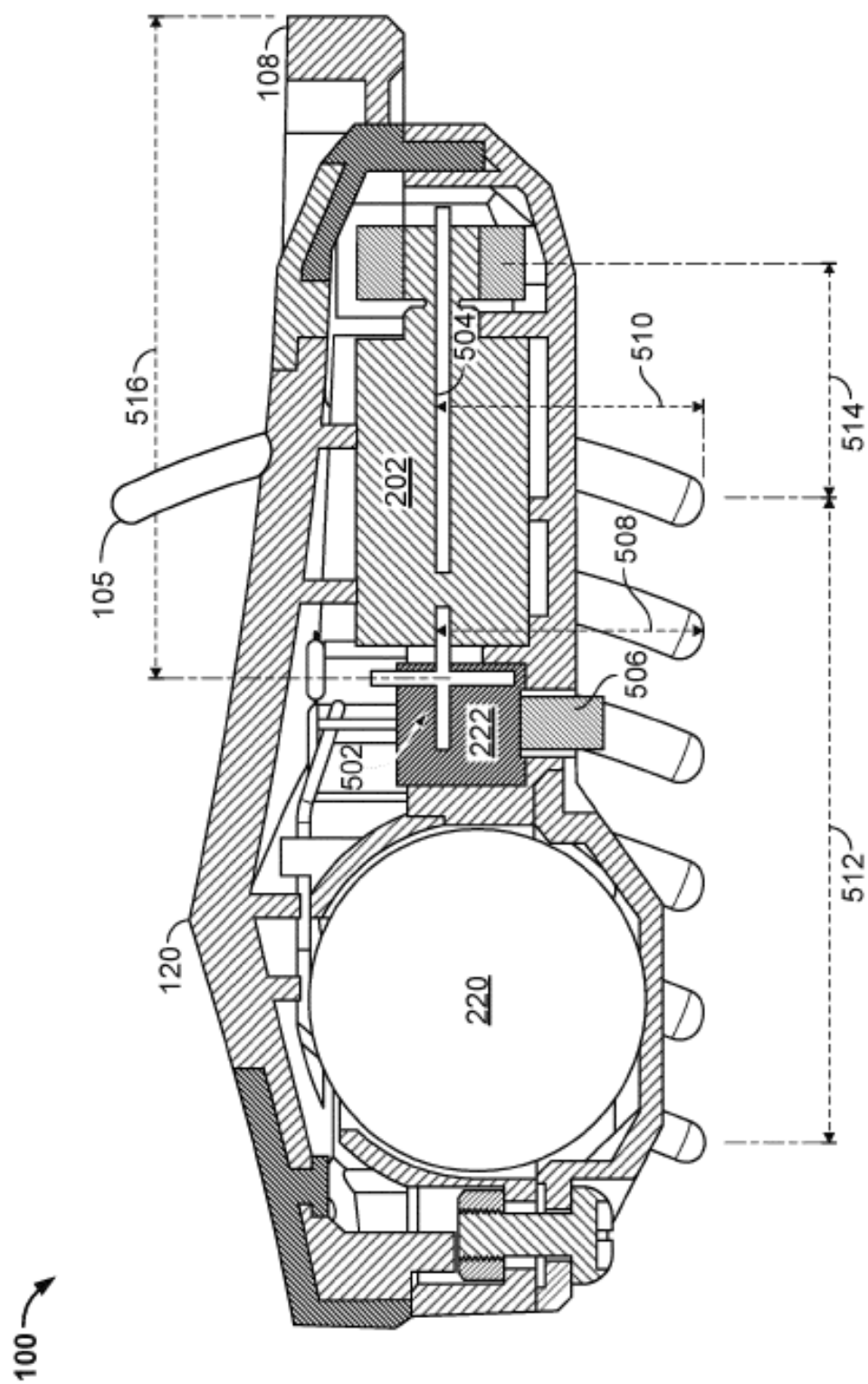


FIG. 5

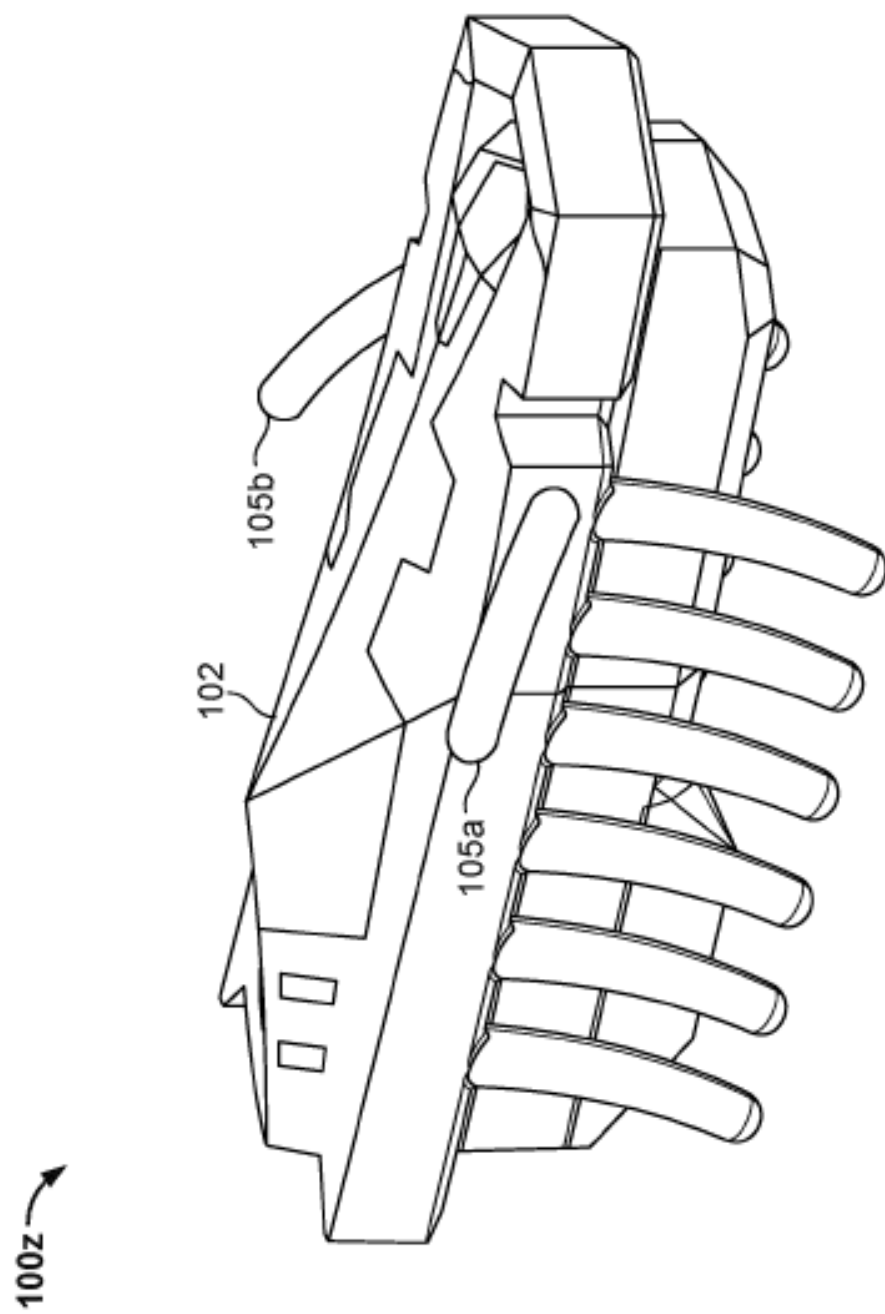


FIG. 6

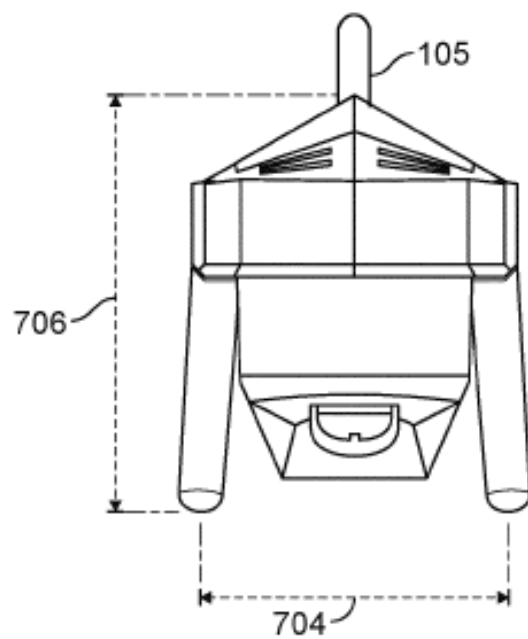


FIG. 7A

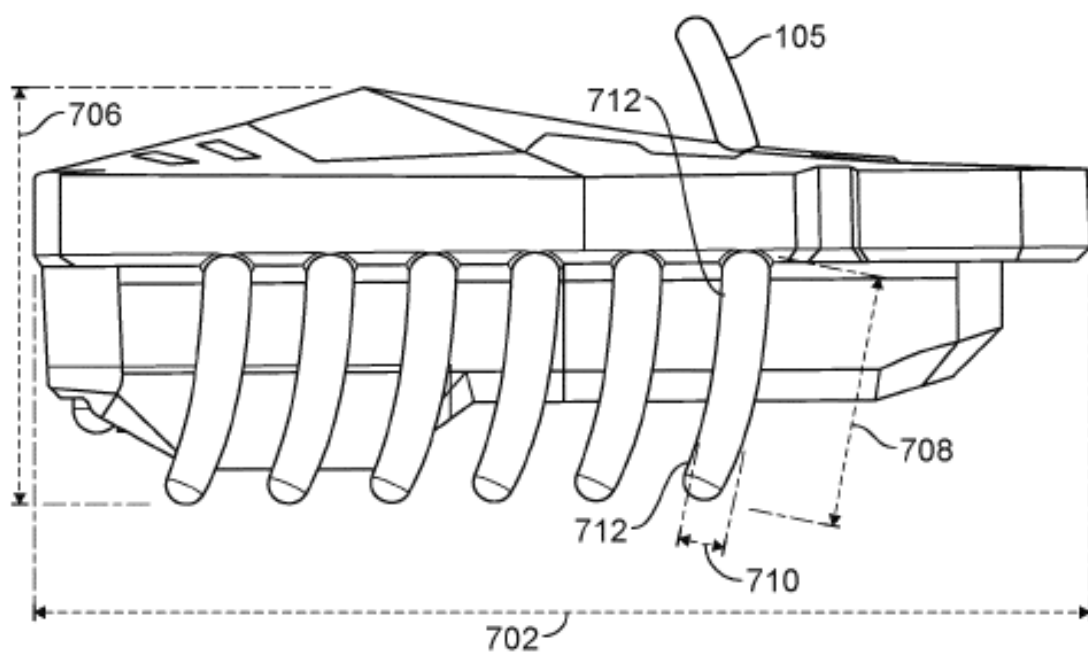


FIG. 7B

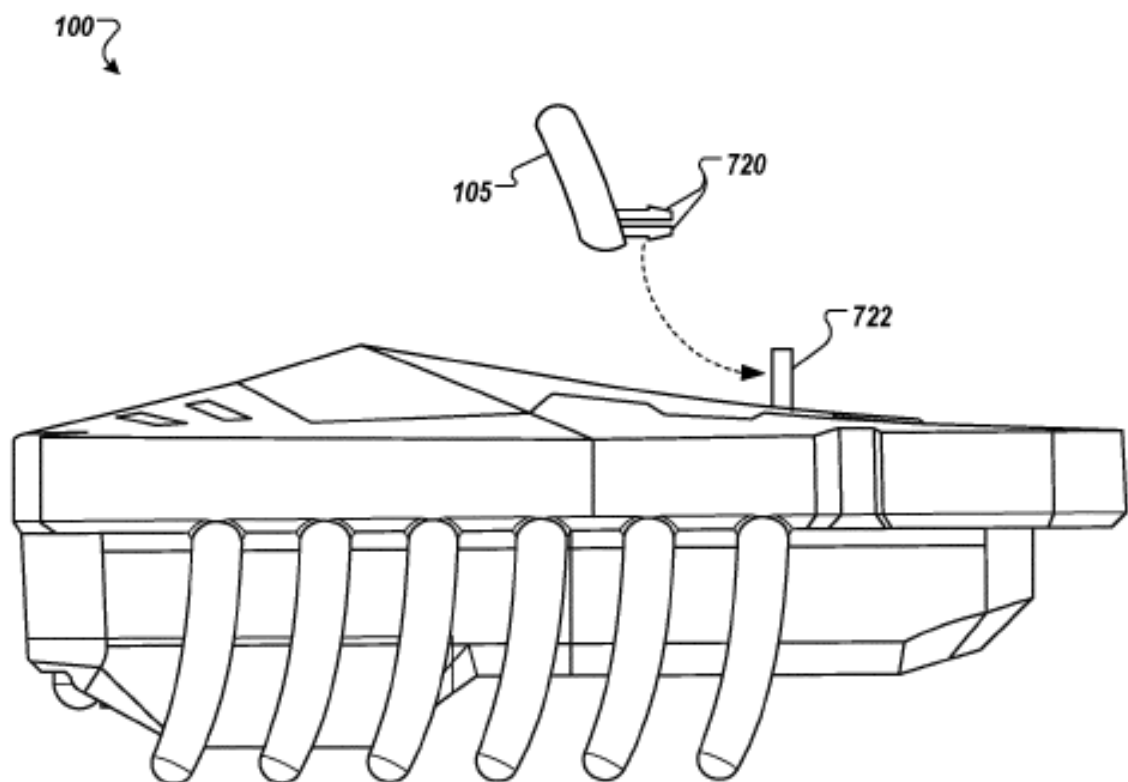


FIG. 7C

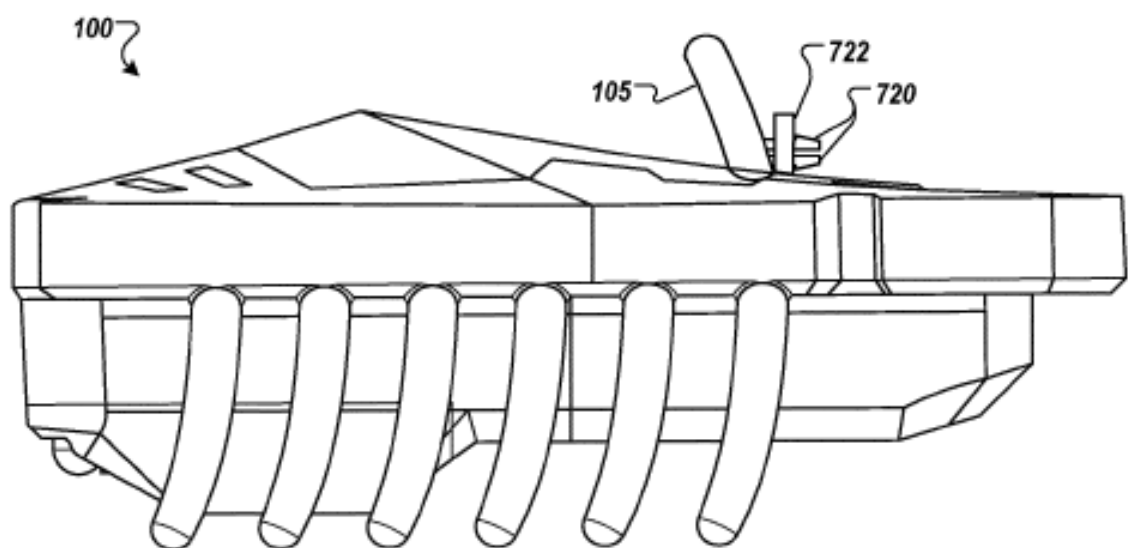


FIG. 7D

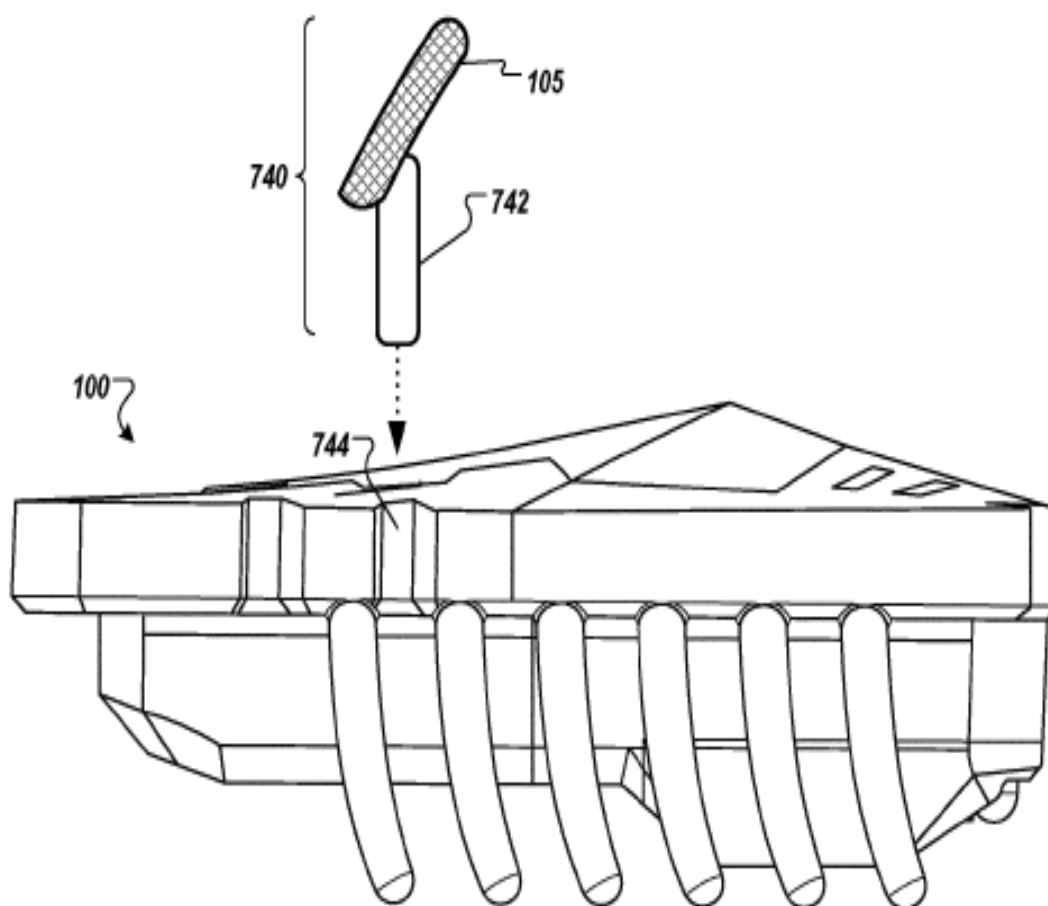


FIG. 7E

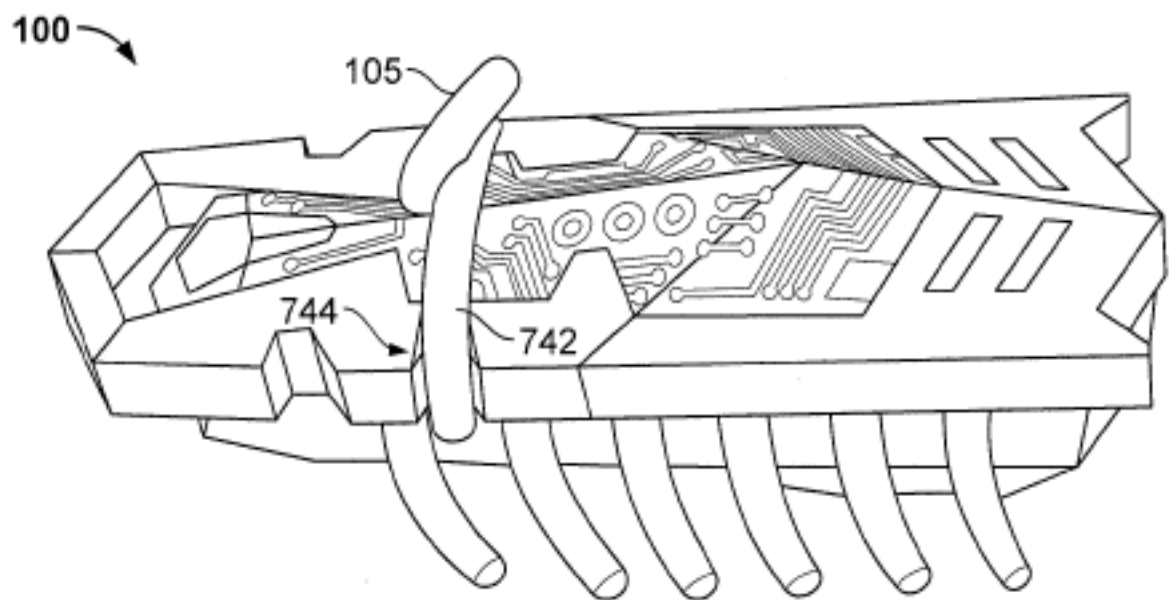


FIG. 7F

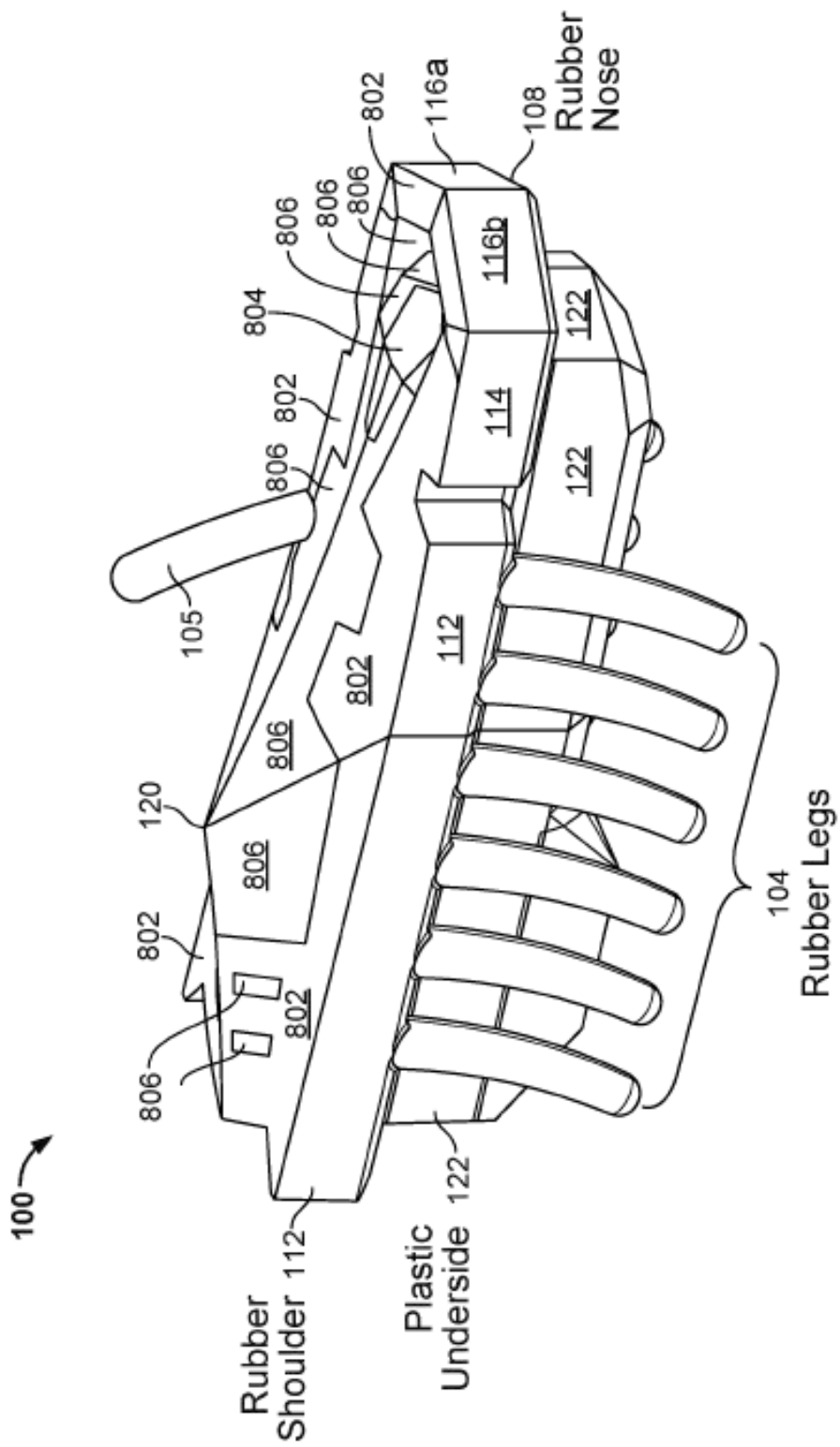


FIG. 8

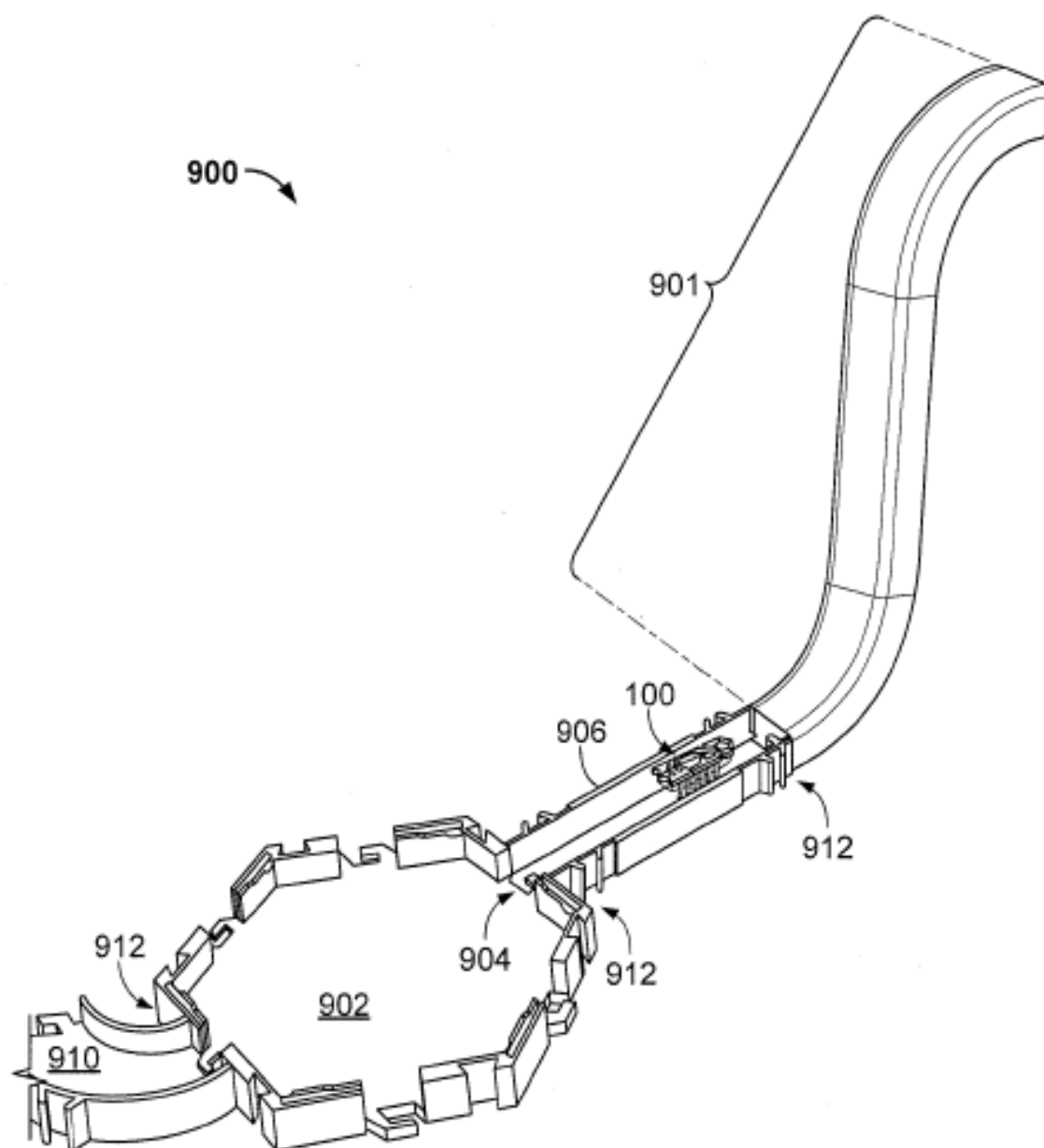


FIG. 9A

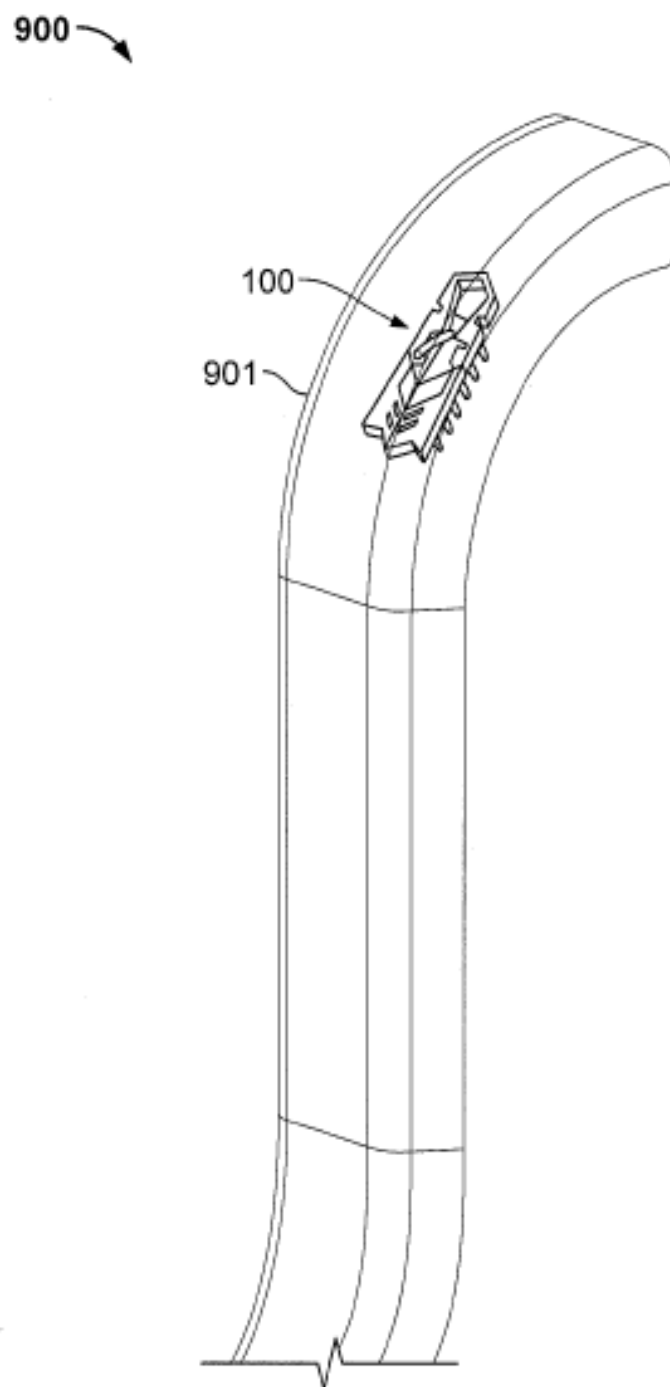


FIG. 9B

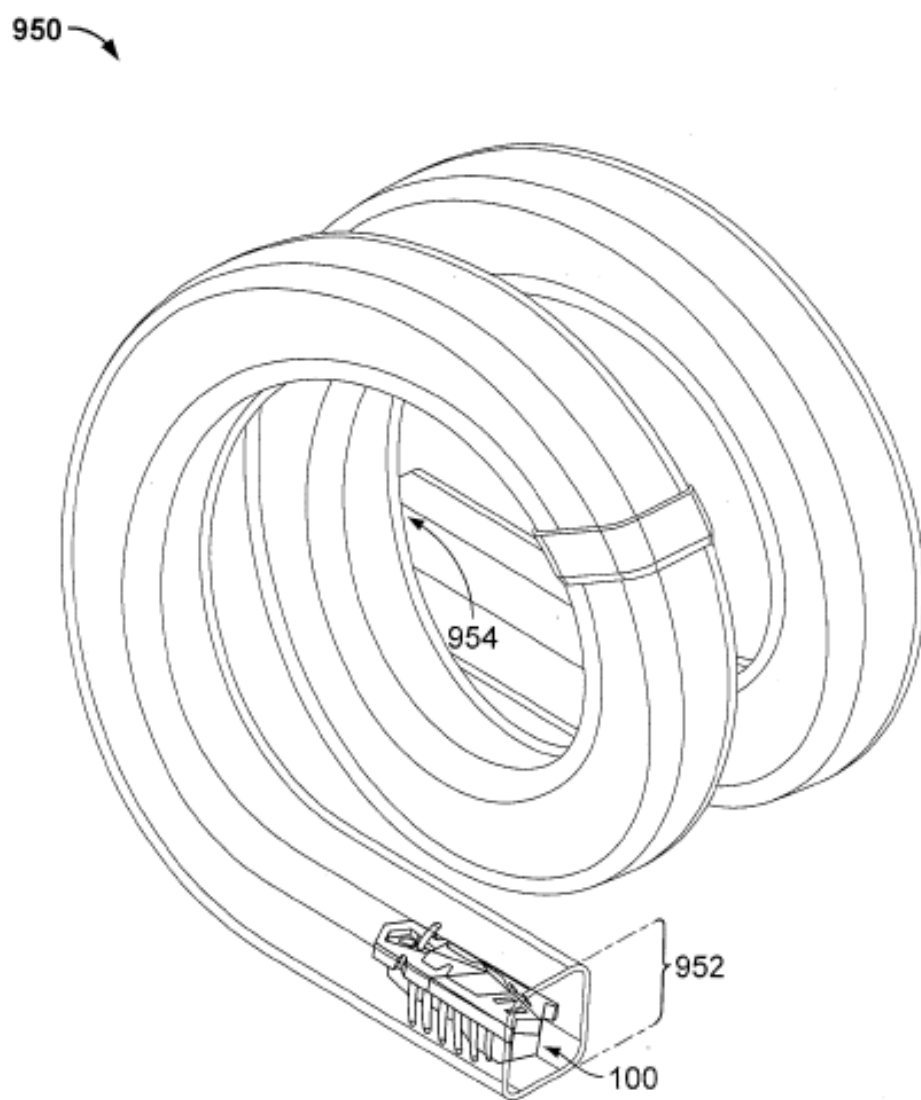


FIG. 9C

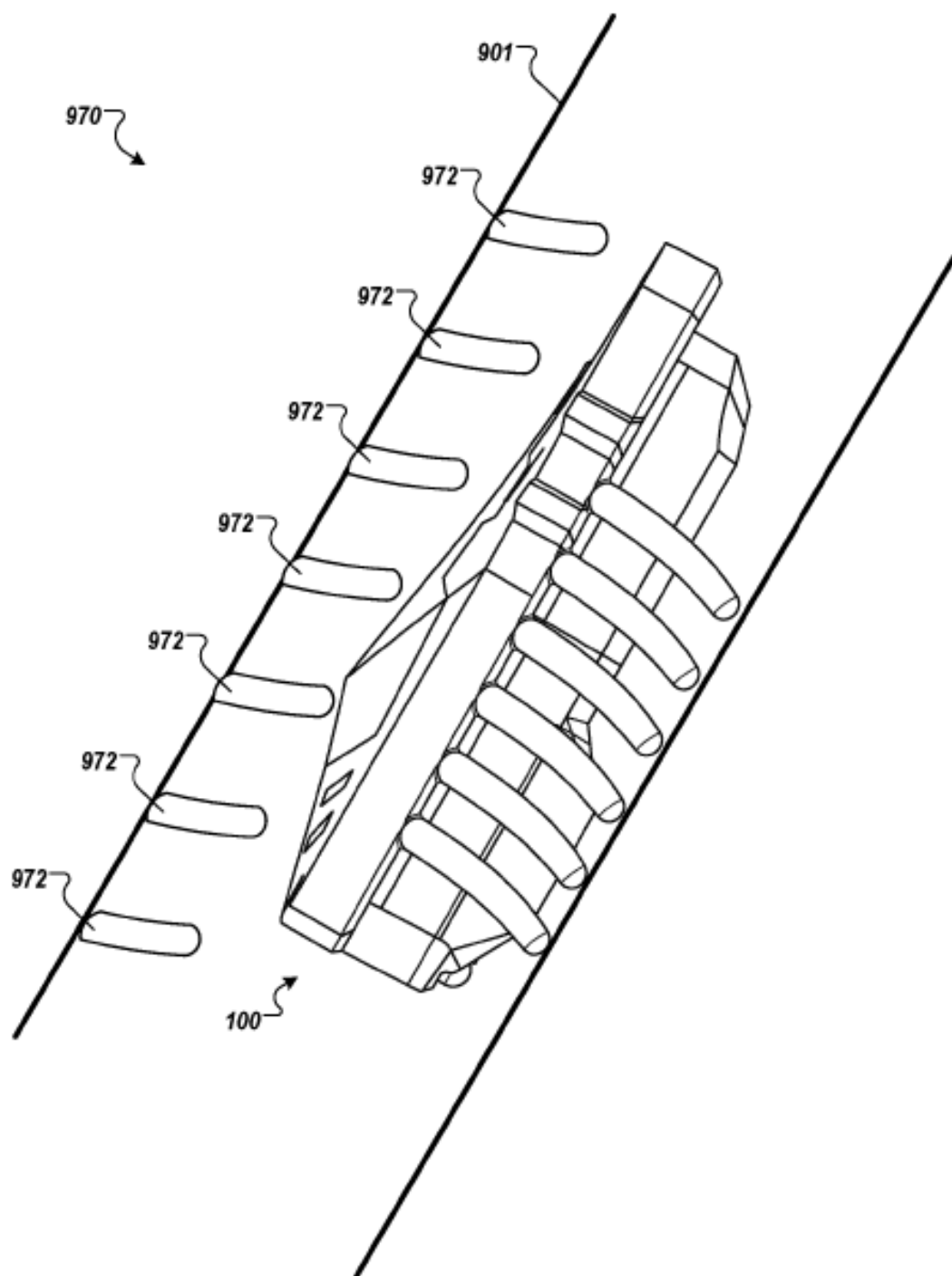


FIG. 9D

1000

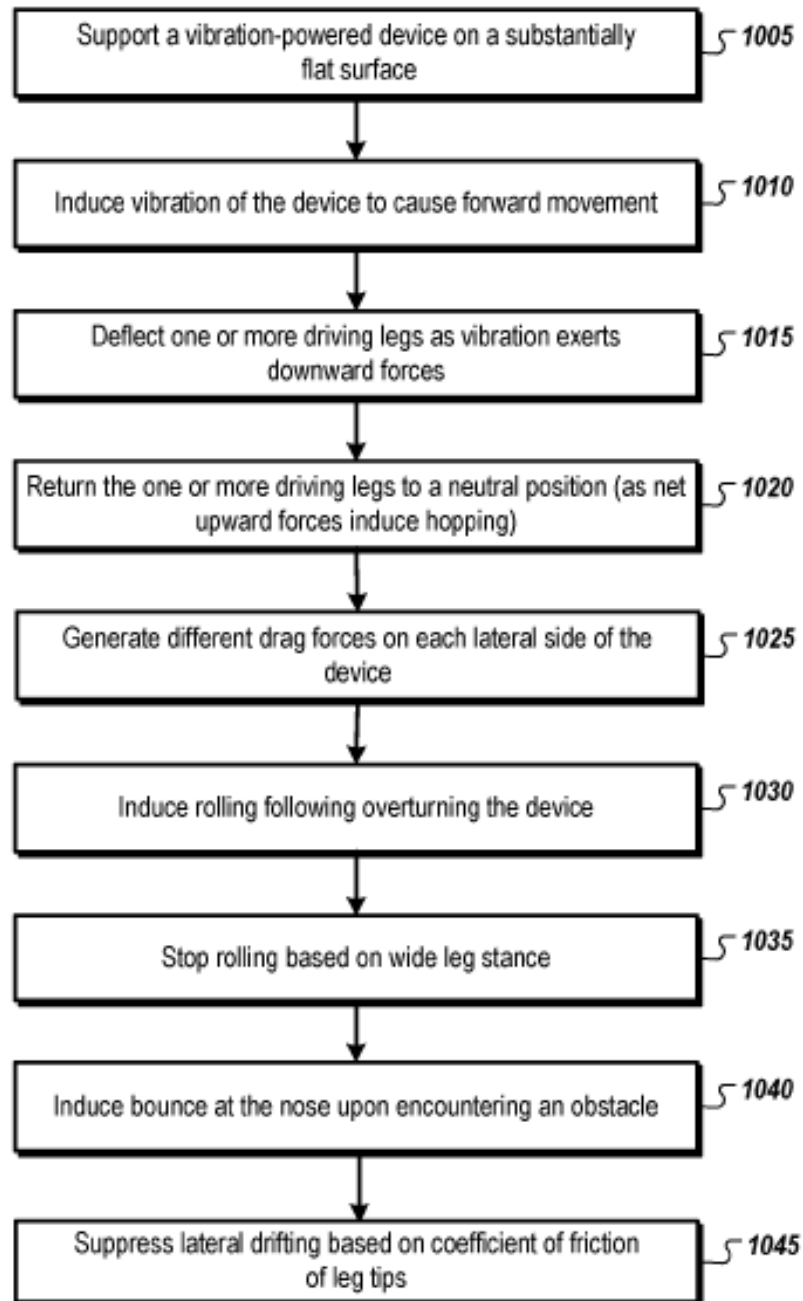


FIG. 10A

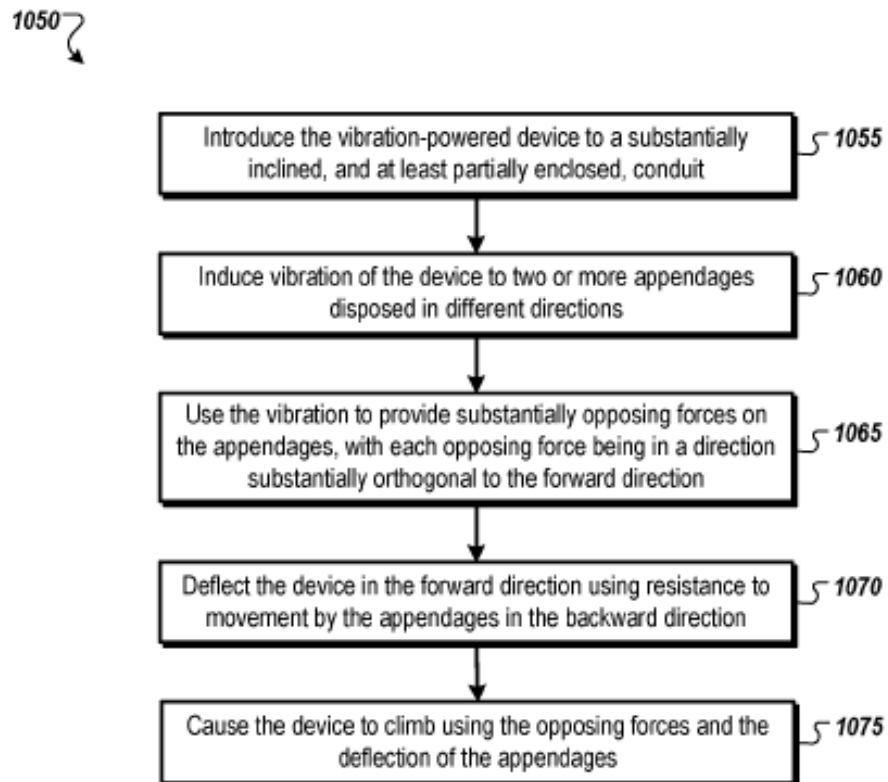


FIG. 10B

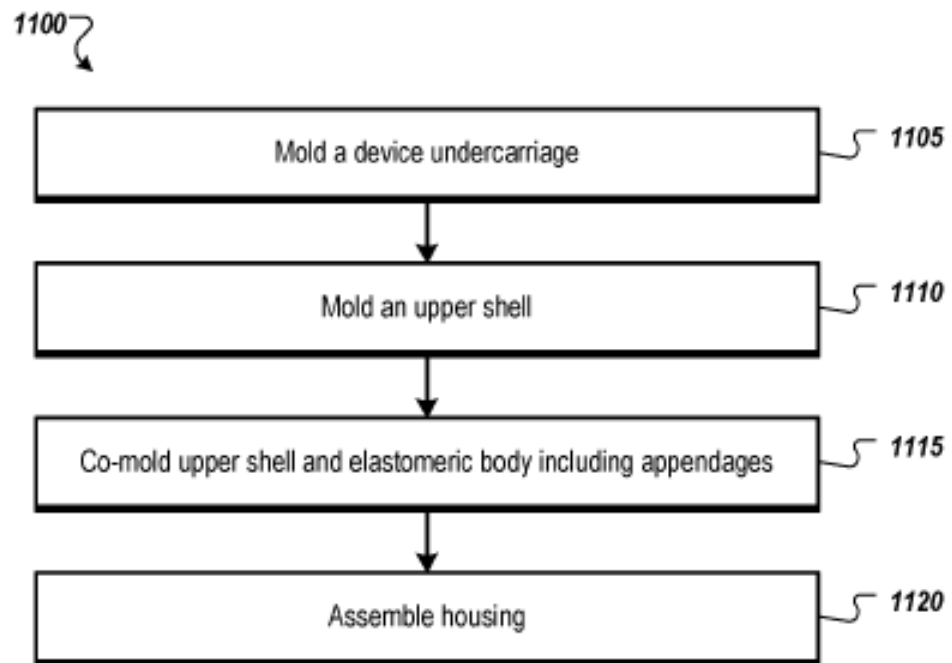


FIG. 11

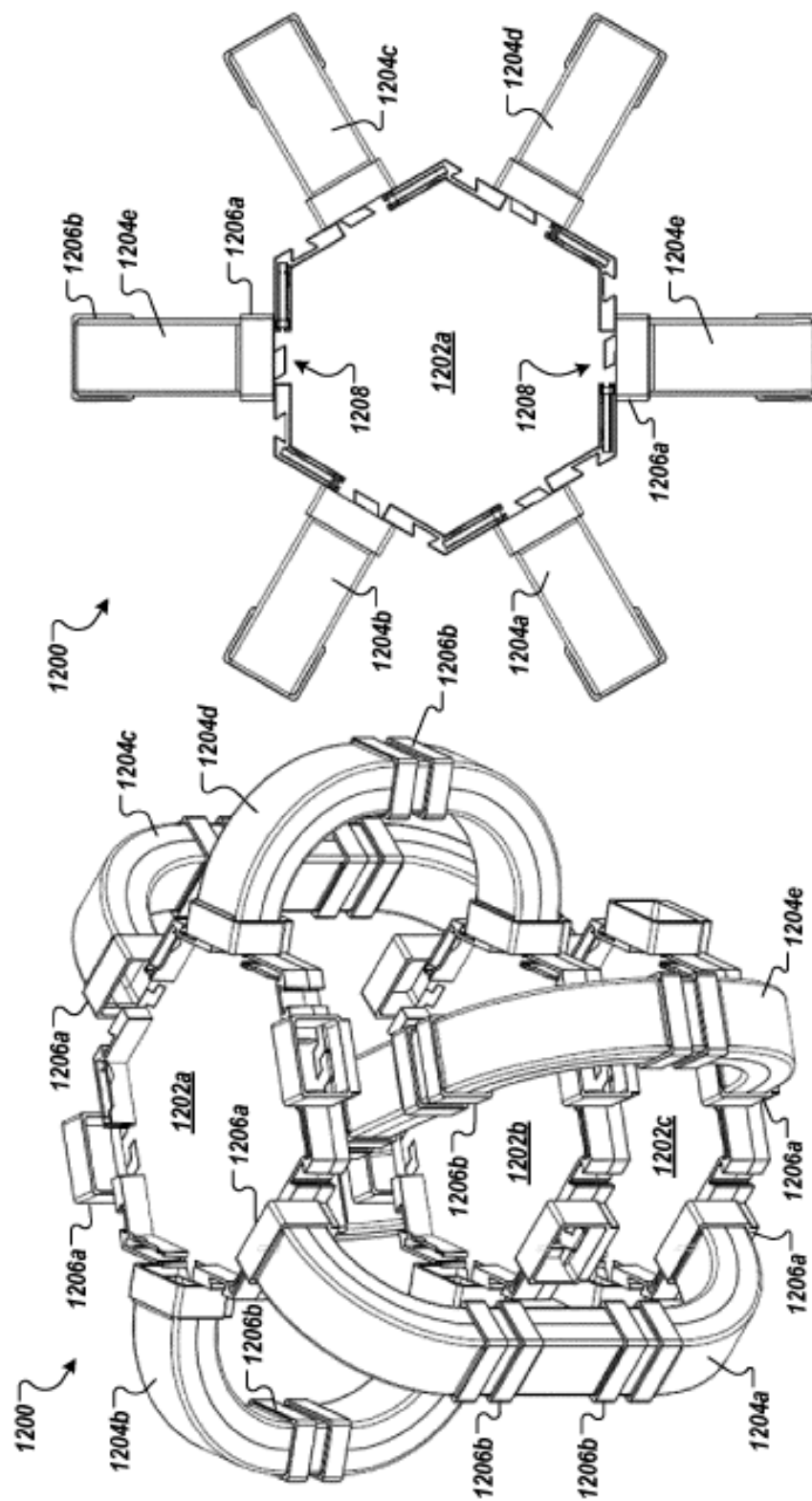


FIG. 12B

FIG. 12A

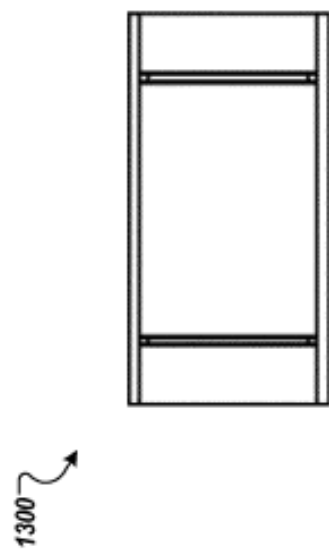


FIG. 13A

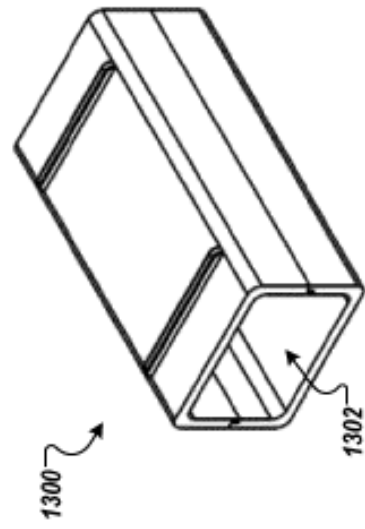


FIG. 13B

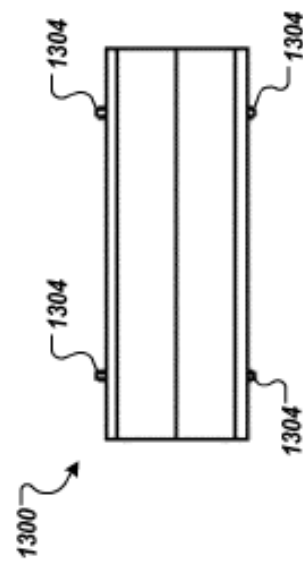


FIG. 13C

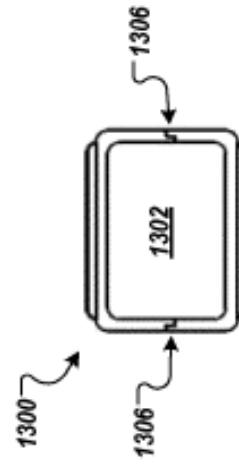


FIG. 13D

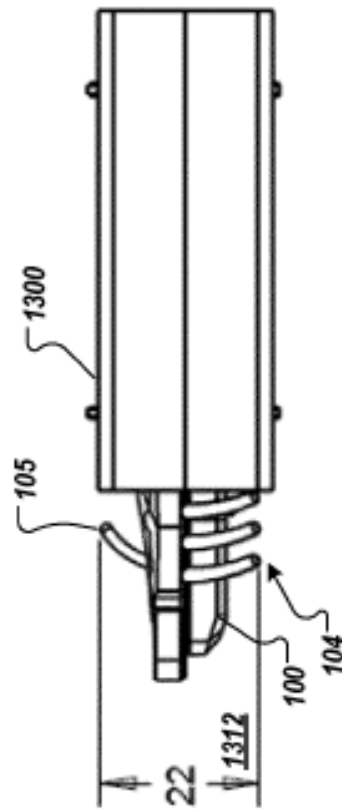


FIG. 13F

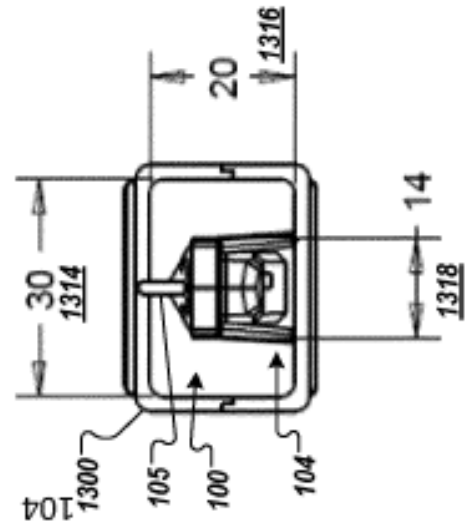


FIG. 13G

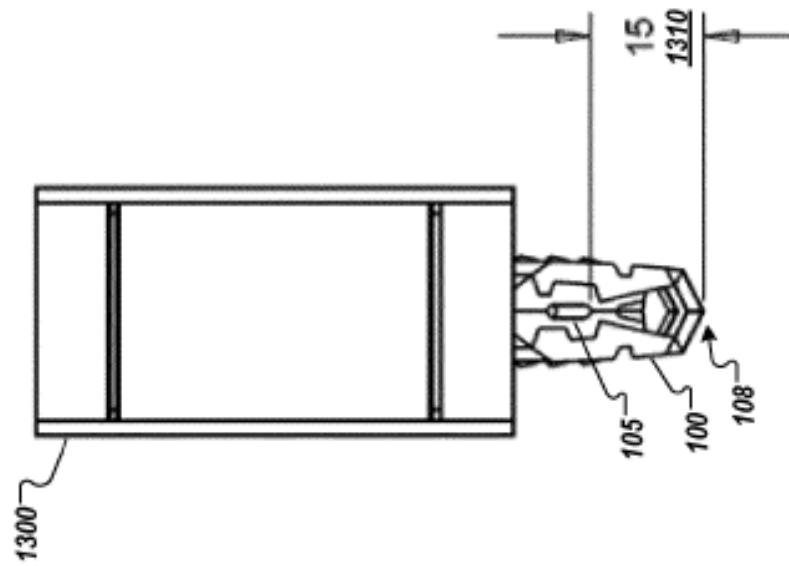


FIG. 13E

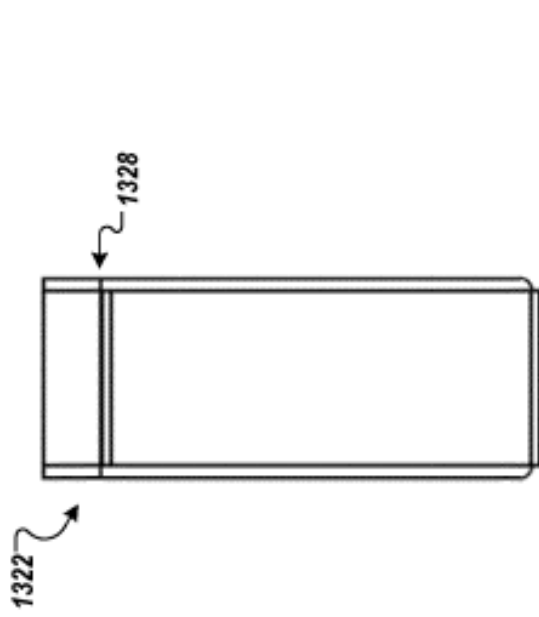


FIG. 13I

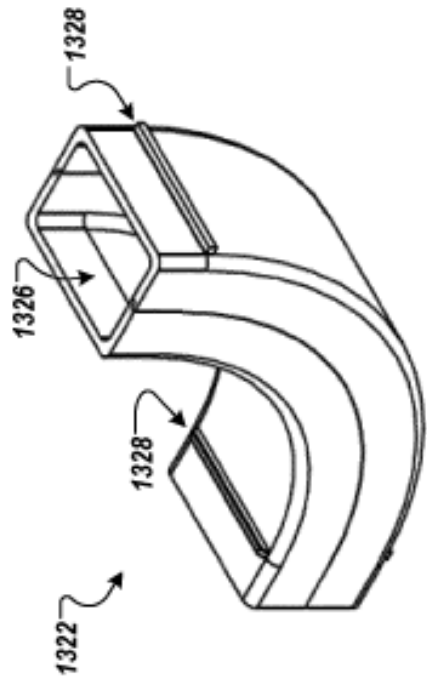


FIG. 13K

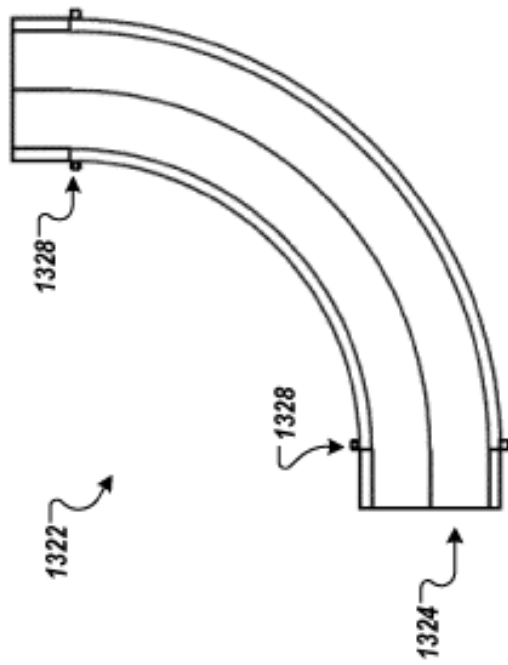


FIG. 13H

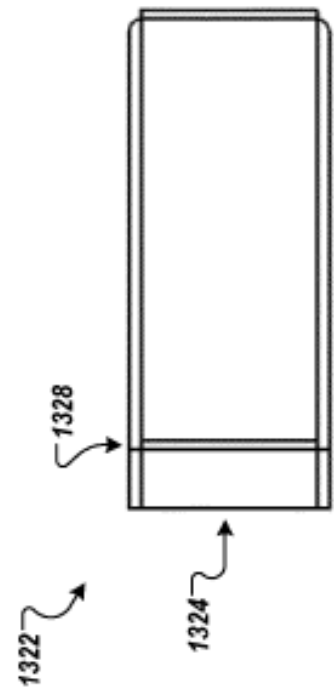
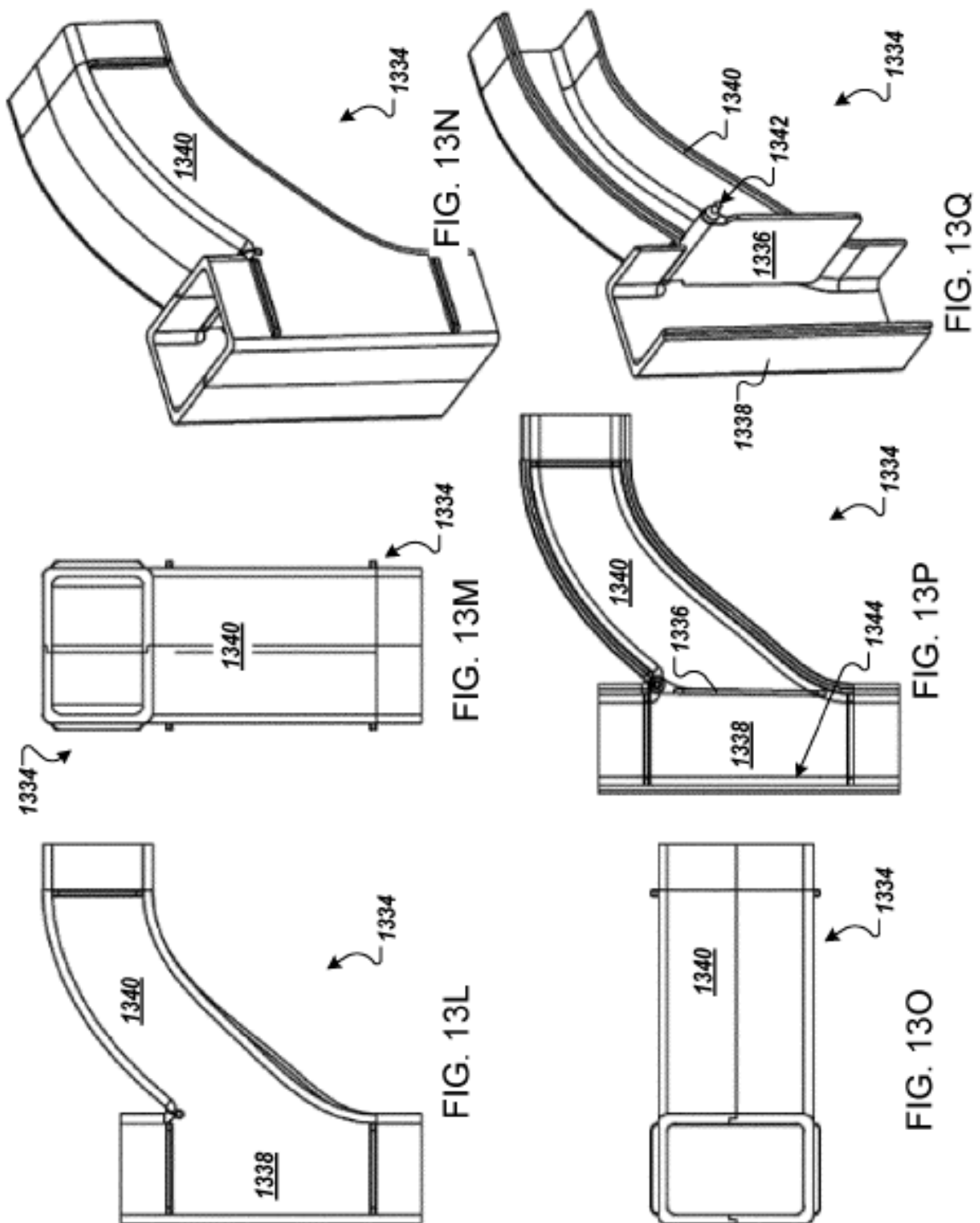
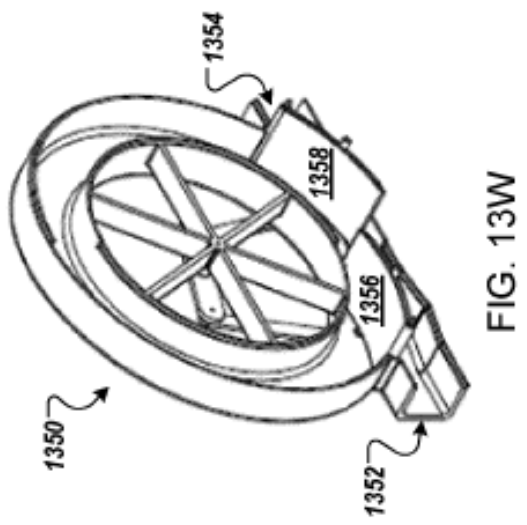
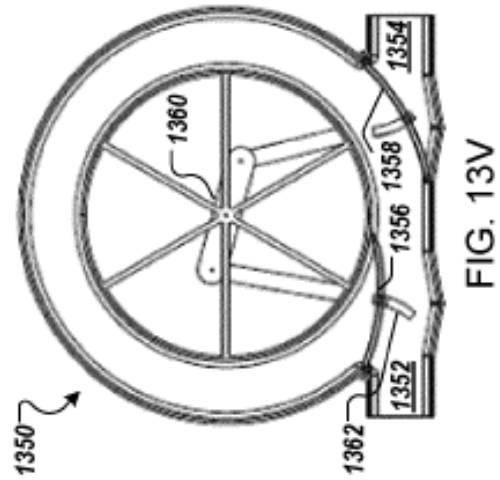
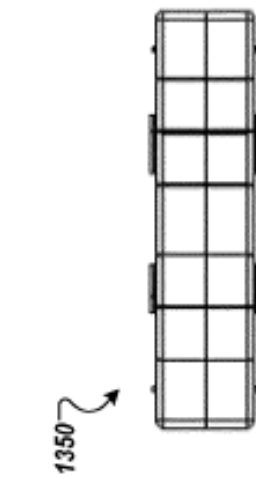
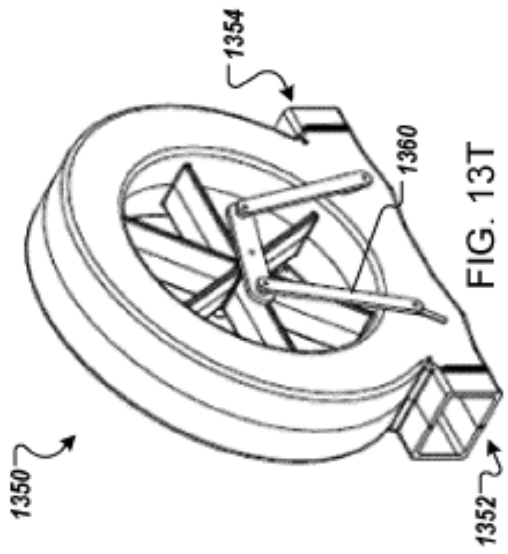
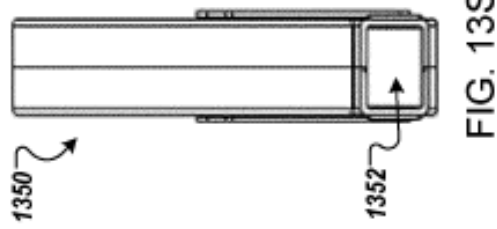
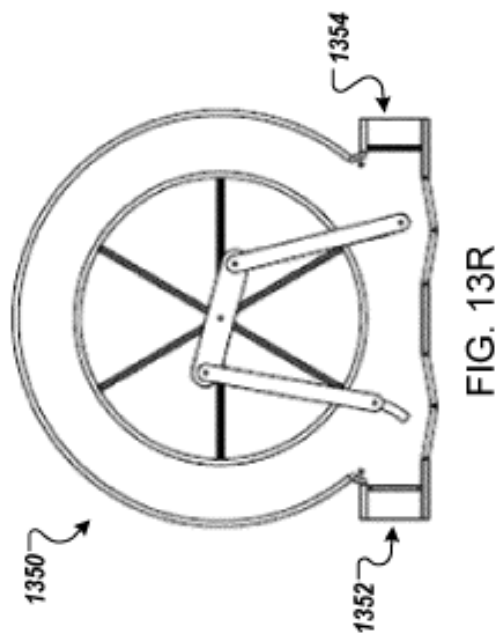


FIG. 13J





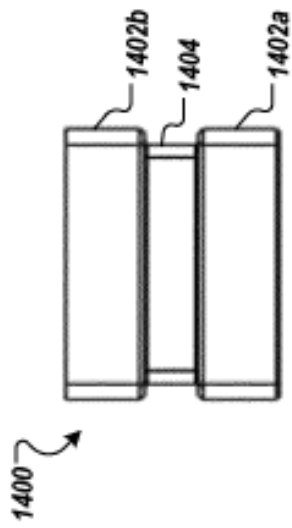


FIG. 14A

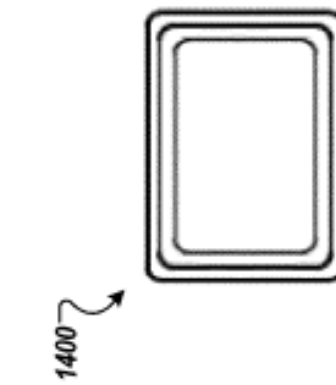


FIG. 14C

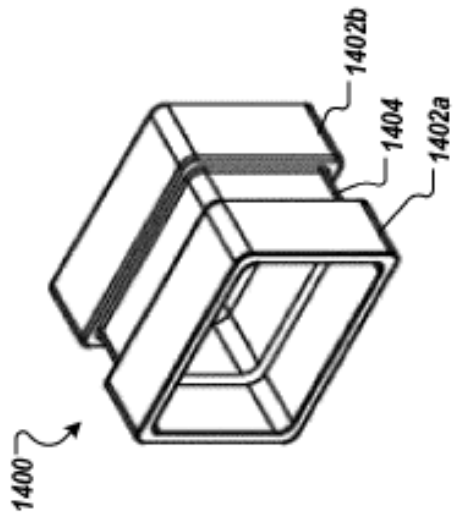


FIG. 14B

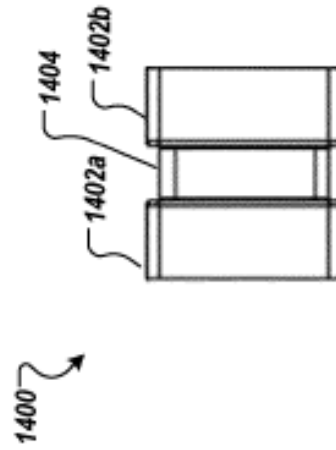


FIG. 14D

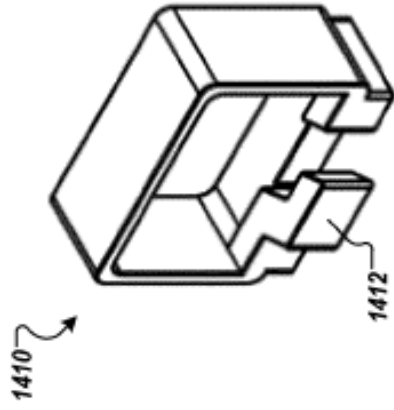


FIG. 14F

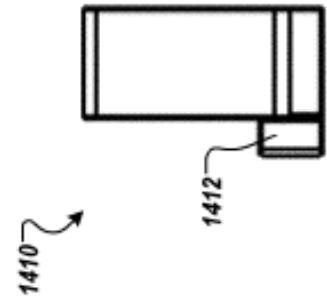


FIG. 14H

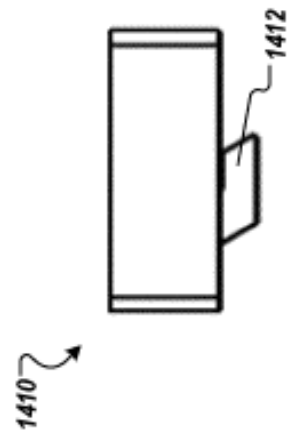


FIG. 14E

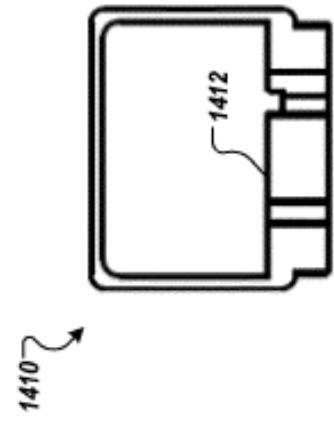


FIG. 14G

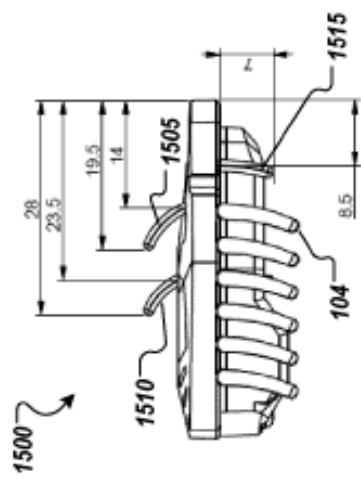


FIG. 15A

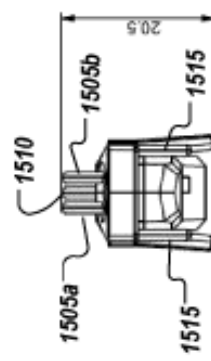


FIG. 15C

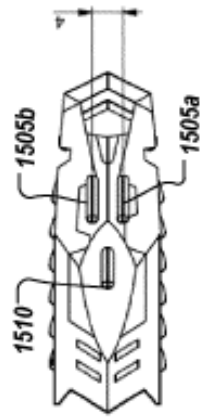


FIG. 15B

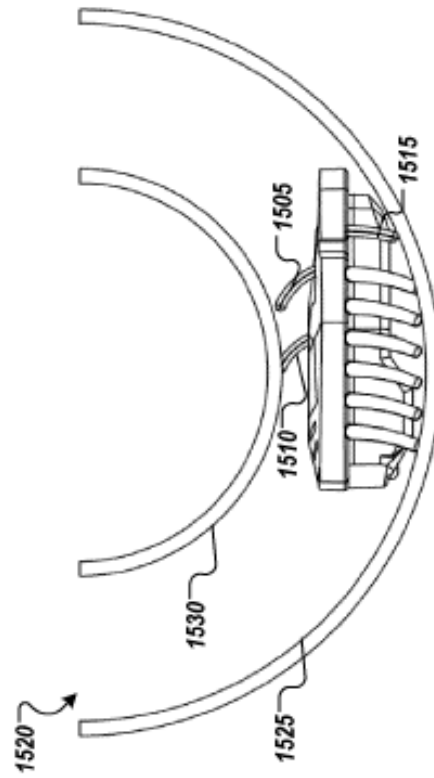


FIG. 15D