(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 816 149**

(51) Int. CI.:

A61B 34/30 (2006.01)
A61B 46/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.10.2017 PCT/EP2017/077791**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **30.08.2018 WO18153512**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2017 E 17790788 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 3585297**

(54) Título: **Sistema robótico quirúrgico con carro y unidad manipuladora**

(30) Prioridad:

27.02.2017 EP 17158110

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.03.2021

(73) Titular/es:

MICROSURE B.V. (100.0%)
Science Park 5080
5692 EA Son, NL

(72) Inventor/es:

CAU, RAIMONDO

(74) Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

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

Sistema robótico quirúrgico con carro y unidad manipuladora

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La invención se refiere a un sistema robótico quirúrgico que comprende un carro y una unidad manipuladora, y un cobertor para su uso con el sistema robótico quirúrgico.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Hoy en día muchas cirugías se realizan mediante robots quirúrgicos. Estos robots quirúrgicos pueden comprender los denominados brazos manipuladores que generalmente presentan un efector final que maneja una herramienta quirúrgica que actúa sobre el paciente. Puede ser deseable que el brazo manipulador pueda moverse a lo largo de una estructura de suspensión para permitir que el brazo manipulador se mueva o se reposicione fácilmente durante la cirugía.

Por ejemplo, DE 10 2014 203 921 A1 describe un sistema de guía para robots quirúrgicos. El sistema de guía tiene una guía con por lo menos un carril. Por lo menos un carro está conectado a la guía y puede desplazarse a lo largo de la misma. A tal efecto, el carro puede comprender un motor eléctrico. Además, el carro tiene un receptáculo para por lo menos un brazo de robot en el que el brazo de robot puede conectarse de manera separable al receptáculo.

Otro ejemplo es US 20060149418 A1, que describe un sistema robótico para realizar operaciones quirúrgicas utilizando una pluralidad de brazos robóticos controlados a distancia por al menos una consola de operador. El sistema comprende un sistema de carriles configurado para montarse en una mesa de soporte del paciente y una pluralidad de estaciones base para acoplar operativamente cada uno de los brazos robóticos al sistema de carriles, de manera que cada una de las estaciones base incluye una carcasa, un primer conector para acoplar la carcasa al sistema de carriles, el primer conector configurado para facilitar el movimiento de la carcasa a lo largo del sistema de carriles mientras está acoplado al mismo, y un segundo conector para acoplar la carcasa al extremo proximal de por lo menos uno de los brazos robóticos, el segundo conector configurado para proporcionar por lo menos una fuente de alimentación, señalización de control, y comunicación de datos respecto al brazo robótico acoplado.

US 8 246 633 B2 y WO 2013/018932 A1 representan técnica anterior de ejemplo adicional.

Desfavorablemente, los sistemas robóticos conocidos no permiten al usuario conectar y desconectar un brazo manipulador durante la cirugía de una manera suficientemente segura.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Un objetivo de la invención es un sistema robótico quirúrgico que permita a un usuario conectar y desconectar un brazo manipulador durante la cirugía de una manera más segura.

Un primer aspecto de la invención presenta un sistema robótico quirúrgico, que comprende:

- una estructura de suspensión que comprende un carril;
- una unidad manipuladora que comprende:

  - un carro dispuesto para montarse en la estructura de suspensión, en el que el carro comprende un actuador eléctrico para el movimiento del carro a lo largo del carril;
  - un brazo manipulador dispuesto para acoplarse de manera desmontable al carro mediante un mecanismo de acoplamiento;
  - comprendiendo el mecanismo de acoplamiento un primer conector de acoplamiento en el brazo manipulador y un segundo conector de acoplamiento en el carro, en el que el primer y el segundo conector de acoplamiento establecen una conexión eléctrica entre el brazo manipulador y el carro cuando el brazo manipulador está acoplado;

en el que el brazo manipulador comprende un conector para conectar el brazo manipulador mediante un cable a una fuente de alimentación eléctrica,
en el que el brazo manipulador está configurado para suministrar energía eléctrica al carro a través de la conexión eléctrica cuando el brazo manipulador está acoplado.

El sistema robótico quirúrgico descrito anteriormente comprende un carro que está montado en una estructura de suspensión. Como tal, el carro puede estar acoplado de manera semipermanente a la estructura de suspensión y

puede no estar destinado a retirarse durante la cirugía. El carro puede ser accionado por un actuador eléctrico y por lo tanto moverse a lo largo de un carril de la estructura de suspensión. Se dispone un brazo manipulador que puede acoplarse al carro a través de un mecanismo de acoplamiento, que también permite desacoplarlo del carro. Esto permite introducir y/o retirar el brazo manipulador durante la cirugía. Por ejemplo, el brazo manipulador puede acoplarse cuando sea necesario durante la cirugía, mientras que, en otros momentos, se mantiene libre el espacio quirúrgico desacoplándolo del carro. Por el contrario, el brazo manipulador puede retirarse del carro y, por lo tanto, del espacio quirúrgico cuando ya no se necesite, cuando el cirujano requiera un mejor acceso al lugar de la cirugía, si se va a utilizar un brazo manipulador diferente, etc.

Para accionar el carro y, en particular, para accionar su actuador eléctrico, puede ser necesario que el carro esté conectado a una fuente de alimentación eléctrica. En el sistema robótico quirúrgico descrito anteriormente, se proporciona energía eléctrica al carro de la siguiente manera. El brazo manipulador comprende un conector al que puede conectarse un cable mediante el cual, cuando está conectado, puede suministrarse energía eléctrica desde una fuente de alimentación eléctrica al brazo manipulador. El mecanismo de acoplamiento, que también puede acoplar mecánicamente el brazo manipulador al carro, proporciona una interfaz eléctrica entre el carro y el brazo manipulador cuando el brazo manipulador está acoplado al mismo. La energía eléctrica la puede suministrar el brazo manipulador al carro a través de esta interfaz eléctrica cuando el brazo manipulador está acoplado.

Por lo tanto, sólo puede suministrarse energía eléctrica al carro cuando el brazo manipulador está acoplado al carro. Cuando el brazo manipulador está desacoplado, no se establece ninguna conexión eléctrica entre el brazo manipulador y el carro y, por tanto, no puede suministrarse energía eléctrica desde el brazo manipulador al carro.

Esto puede tener el efecto ventajoso de que el carro no puede accionarse o de otro modo activarse eléctricamente salvo que el brazo manipulador esté acoplado al carro. De este modo, se evita que el carro sea accionado involuntariamente en caso de que el brazo manipulador no esté acoplado, lo que puede interrumpir la cirugía y, en casos extremos, incluso poner en peligro al paciente o al personal del quirófano. Efectivamente, si se retira el brazo manipulador, el carro se desactiva automáticamente al desconectarse de la alimentación eléctrica. Sólo puede accionarse el carro cuando el brazo manipulador está acoplado, lo que normalmente implica que la atención del operador también se centra en controlar el sistema robótico quirúrgico. Esto proporciona una manera segura de operar el sistema robótico.

En una realización equivalente, el actuador eléctrico puede estar comprendido en la estructura de suspensión y ser alimentado con energía eléctrica a través del carro, por ejemplo, a través de una interfaz eléctrica entre el carro y la estructura de suspensión, con el propio carro alimentado con energía eléctrica por el brazo manipulador de la manera descrita anteriormente. Esta realización proporciona los mismos efectos ventajosos.

Opcionalmente, el brazo manipulador comprende un primer circuito de control configurado para controlar el suministro de energía eléctrica a uno o más actuadores en el brazo manipulador, en el que el primer circuito de control está configurado para evitar el suministro de energía eléctrica a uno o más actuadores si el brazo manipulador no está acoplado al carro. Aunque el carro puede desactivarse automáticamente al desacoplar el brazo manipulador, es decir, al desconectarse de la fuente de alimentación, en algunos casos, el brazo manipulador puede permanecer conectado a la fuente de alimentación incluso cuando está desacoplado. En tal situación, el accionamiento de accionadores eléctricos en el brazo manipulador puede ser inseguro o por lo menos puede no ser deseable ya que el brazo manipulador puede estar en una posición desconocida o indefinida. Por tanto, puede ser deseable no sólo desactivar el carro tras el desacoplamiento, sino también desactivar cualquier actuador en el brazo manipulador y, a la inversa, activar el carro y el brazo manipulador sólo cuando el brazo manipulador esté acoplado. Para ese fin, puede disponerse un circuito de control que, en algunas realizaciones, esté constituido o comprendido en una placa de circuito impreso de "base", para (des)activar cualquier actuador eléctrico cuando el brazo manipulador está (des)acoplado.

Opcionalmente, el carro comprende un segundo circuito de control configurado para comunicarse con el primer circuito de control a través de la conexión eléctrica cuando el brazo manipulador está acoplado al carro, en el que el primer circuito de control está configurado para evitar el suministro de energía eléctrica al uno o más actuadores si el primer circuito de control no puede comunicarse con el segundo circuito de control. En consecuencia, los accionadores eléctricos en el brazo manipulador sólo pueden activarse cuando el circuito de control en el brazo manipulador puede comunicarse con un circuito de control correspondiente en el carro, lo que puede indicar, de ese modo, que el brazo manipulador está acoplado de manera segura.

Opcionalmente, el conector está configurado para recibir datos de control a través del cable, en el que los datos de control comprenden datos de control del carro para controlar el movimiento del carro a lo largo del carril, en el que el brazo manipulador está configurado para proporcionar al carro los datos de control del carro a través de la conexión eléctrica. Por lo tanto, la conexión y desconexión de la fuente de alimentación descrita anteriormente también se aplica a cualquier dato de control del carro que se proporcione a través del cable al brazo manipulador.

Opcionalmente, el brazo manipulador comprende un mango de bloqueo operable en una posición abierta y cerrada, en el que el mango de bloqueo, cuando se acciona manualmente de la posición abierta a la cerrada, precarga y bloquea mecánicamente el mecanismo de acoplamiento. Por ejemplo, el mango de bloqueo, en la posición cerrada, puede presionar entre sí ambos conectores del mecanismo de acoplamiento, por ejemplo, utilizando una fuerza mecánica, para garantizar un contacto eléctrico y/o mecánico suficiente entre ambos conectores.

Opcionalmente, el brazo manipulador comprende una empuñadura para permitir sujetar el brazo manipulador antes y/o después de acoplarlo al carro, en el que la empuñadura de bloqueo bloquea físicamente por lo menos parte de la empuñadura en la posición cerrada. La empuñadura puede disponerse para permitir que un usuario sujete el brazo manipulador durante el acoplamiento y el desacoplamiento. Con el mango de bloqueo bloqueando físicamente por lo menos parte de la empuñadura en la posición cerrada, puede ser inmediatamente evidente para el usuario que primero es necesario desbloquear el mango de bloqueo antes de intentar desacoplar el brazo manipulador. Opcionalmente, el mango de bloqueo, en la posición cerrada, puede bloquear físicamente la empuñadura hasta el punto de que el usuario ni siquiera pueda sostener la empuñadura.

Opcionalmente, en la posición abierta, el mango de bloqueo bloquea físicamente el conector, lo que impide que el cable se conecte al conector. En la posición abierta, el mango de bloqueo puede ocupar un mismo espacio, por ejemplo, encima del conector, que estaría ocupado por el cable cuando está conectado al conector. Como tal, si el cable está conectado, es posible que el mango de bloqueo no se disponga en la posición abierta o, a la inversa, es posible que sea necesario desconectar el cable para que el mango de bloqueo se disponga en la posición abierta. Esto crea un mecanismo de seguridad adicional, ya que puede ser necesario que el usuario primero desconecte el cable antes de poder desacoplar el brazo manipulador. Puede evitarse así cualquier accionamiento no deseado del brazo manipulador, o un posible cortocircuito o descarga eléctrica al usuario en caso de un mal funcionamiento, cuando el brazo manipulador está desacoplado.

Opcionalmente, el mecanismo de acoplamiento comprende, además, ayudas de alineamiento mecánico dispuestas en una primera superficie del brazo manipulador y ayudas de alineamiento mecánico complementarias dispuestas en una segunda superficie del carro para proporcionar un alineamiento mecánico entre el brazo manipulador y el carro durante el acoplamiento. Al proporcionar ayudas de alineamiento mecánico, puede asegurarse que el brazo manipulador quede acoplado al carro de una manera bien definida, por ejemplo, en una posición conocida y constante entre sí.

Opcionalmente, las ayudas de alineamiento mecánico y las ayudas de alineamiento mecánico complementarias están conectadas entre sí para establecer una conexión mecánica entre el brazo manipulador y el carro cuando el brazo manipulador está acoplado.

Opcionalmente, las ayudas de alineamiento mecánico comprenden una o más cavidades y las ayudas de alineamiento mecánico complementarias comprenden uno o más salientes, tales como semiesferas, que encajan en una o más cavidades. Las semiesferas y los salientes de tipo similar pueden ser ventajosas ya que sus superficies redondeadas pueden evitar daños en el (los) cobertor(es) dispuestos entre el brazo manipulador y el carro.

Opcionalmente, la segunda superficie del carro es una superficie que está orientada hacia arriba, en el que el carro comprende, además, una superficie que está orientada hacia abajo, en el que el brazo manipulador está dispuesto para sujetar el carro ejerciendo una fuerza de sujeción en la superficie superior y la superficie inferior cuando está acoplado al carro. Debido a que el brazo manipulador sujeta el carro desde arriba y abajo, en lugar de, por ejemplo, desde los lados, el acoplamiento es relativamente robusto para que el usuario coloque incorrectamente el brazo manipulador respecto al carro durante el procedimiento de acoplamiento debido a la fuerza de la gravedad.

Opcionalmente, durante el uso del sistema robótico quirúrgico, entre el brazo manipulador y el carro se dispone un cobertor, en el que el cobertor comprende una interfaz del cobertor para permitir que el primer conector de acoplamiento establezca la conexión eléctrica con el segundo conector de acoplamiento a través del cobertor. Por ejemplo, el cobertor puede comprender un orificio que permita acoplar los conectores entre sí a través del cobertor.

Opcionalmente, la interfaz del cobertor es un cuerpo intermedio que comprende una interfaz eléctrica, en el que el primer conector de acoplamiento y el segundo conector de acoplamiento están colocados y/o conformados mutuamente de modo que, cuando el brazo manipulador está acoplado, la conexión eléctrica sólo se establece si el cobertor está dispuesto con el cuerpo intermedio entre ambos conectores para establecer la interfaz eléctrica entre ambos conectores. Ambos conectores del mecanismo de acoplamiento pueden diseñarse de manera que, cuando el brazo manipulador esté acoplado al carro, todavía se requiera un cuerpo intermedio entre ambos conectores para establecer una conexión eléctrica entre los dos conectores. Esto puede garantizar que el carro y/o el brazo manipulador sólo se activen cuando haya un cobertor colocado correctamente entre el brazo manipulador y el carro, por lo menos respecto a la interfaz del cobertor. A tal efecto, el primer conector y el segundo conector pueden

colocarse y/o configurarse de manera que, sin el cuerpo intermedio, no pueda establecerse una conexión eléctrica. Esto tiene el efecto ventajoso de que se dispone un mecanismo de seguridad adicional que asegura que se aplique un cobertor al sistema robótico durante el uso. En un aspecto de ejemplo, se dispone un cobertor que comprende la interfaz del cobertor. Dicho cobertor puede fabricarse y venderse por separado.

Los expertos en la materia apreciarán que dos o más de las realizaciones, implementaciones, aspectos y/o aspectos opcionales de la invención mencionados anteriormente pueden combinarse de cualquier manera que se considere útil.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Éstos y otros aspectos de la invención son evidentes y serán claros con referencia a las realizaciones que se describen a continuación. En los dibujos,

La figura 1 muestra parte de un sistema robótico quirúrgico, a saber, una estructura de suspensión en la cual está montado un carro y un brazo manipulador acoplable;
La figura 2 presenta una vista en sección transversal de la estructura de suspensión;
La figura 3 muestra el exterior del carro;
La figura 4 presenta una vista parcialmente transparente del carro;
La figura 5 muestra el brazo manipulador;
La figura 6 muestra el exterior de una parte superior del brazo manipulador;
La figura 7 presenta una vista parcialmente transparente de la parte superior;
La figura 8 muestra la parte superior del brazo manipulador que comprende un conector de datos/alimentación y un mango de bloqueo que se encuentra en posición cerrado;
La figura 9 es similar a la figura 8 pero muestra el mango de bloqueo en una posición abierta;
La figura 10 ilustra el cobertor del sistema robótico quirúrgico;
Las figuras 11 y 12 presentan, cada una, una vista en sección transversal del mecanismo de acoplamiento cuando se aplica un cobertor que tiene un orificio como interfaz del cobertor; y
Las figuras 13 y 14 presentan cada uno una vista en sección transversal del mecanismo de acoplamiento cuando se aplica un cobertor que tiene un cuerpo intermedio como interfaz del cobertor.

Cabe señalar que los elementos que tienen los mismos números de referencia en diferentes figuras tienen las mismas características estructurales y las mismas funciones, o son las mismas señales. Cuando se ha explicado la función y/o estructura de dicho elemento, no hay necesidad de una explicación repetida del mismo en la descripción detallada.

Lista de referencias y abreviaturas

La siguiente lista de referencias y abreviaturas se dan para facilitar la interpretación de los dibujos y no debe interpretarse como una limitación de las reivindicaciones.

1 estructura de suspensión
2 carro
3 brazo manipulador
4 carriles de guiado
5 carril de conducción
6 anillo sensor
7 rodillos de guía pasivos
8 rodillos de guía activos
9 transmisión
10 motor eléctrico
11 codificador del motor
12 codificador del anillo
13 placa de circuito impreso del carro
14 conector de acoplamiento
15 parte superior del brazo manipulador
16 placa base de circuito impreso
17 conector de datos/alimentación
18 cable de datos/alimentación
19 placa de circuito impreso de acoplamiento
20 conector de acoplamiento
21 conjunto de semiesferas
22 conjunto de cavidades

23 mango de bloqueo
24 empuñadura
25 primera cortina
26 primera interfaz del cobertor
27 segundo cobertor
28 segunda interfaz del cobertor

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES

La figura 1 muestra parte de un sistema robótico quirúrgico en forma de estructura de suspensión 1 sobre el cual va montado un carro 2 y un brazo manipulador 3 que puede acoplarse al carro 2. El carro 2 y el brazo manipulador 3 forman juntos una unidad manipuladora. La unidad manipuladora puede ser, en caso de que el sistema robótico quirúrgico sea un sistema robótico maestro-esclavo, una unidad esclava del sistema robótico maestro-esclavo. Cabe señalar que, además, de las partes descritas en esta memoria, el sistema robótico quirúrgico puede comprender opcionalmente, además, elementos convencionales, que incluyen, entre otras, una o más unidades maestras, un armario de control externo, una fuente de alimentación externa, etc.

En lugar de montar el brazo manipulador 3 directamente sobre la estructura de suspensión 1, el sistema que se muestra en la figura 1 comprende tres partes, a saber, el bastidor de suspensión 1, el carro 2 que puede estar montado de manera permanente o semipermanente en el bastidor de suspensión 1, y un brazo manipulador 3 que puede fijarse, por ejemplo, por medio de un acoplamiento, o retirarse del carro 2 de la manera que se describe más adelante.

En general, esta división puede facilitar un alineamiento adecuado del carro 2 respecto a la estructura de suspensión 3, y puede facilitar un movimiento sin obstáculos y sin compromisos del carro 2 alrededor de la estructura de suspensión 1. El movimiento puede ser accionado por el propio carro 2, por ejemplo, mediante un actuador eléctrico o un motor eléctrico en el carro 2. En este caso, puede no ser necesario que la interfaz entre el carro 2 y el brazo manipulador 3 transfiera energía mecánica. Esto puede permitir el uso de un cobertor relativamente simple entre el carro 2 y el brazo manipulador 3. Es decir, el cobertor no tiene que ser muy elástico a pares o fuerzas dinámicas que, de otro modo, podrían dañar el cobertor durante el movimiento. Como resultado, la interfaz entre el carro 2 y el brazo manipulador 3 puede mantenerse relativamente simple.

La figura 2 presenta una vista en sección transversal de la estructura de suspensión 1, la cual se muestra comprendiendo un conjunto de carriles de guía 4 y un carril de conducción 5, así como un anillo sensor 6 con una rejilla. Se observa que la estructura de suspensión es, a modo de ejemplo, una estructura en forma de anillo. Alternativamente, la estructura de suspensión puede tener cualquier otra forma, incluyendo una estructura en forma de anillo parcial, una estructura elíptica, una curva, una línea recta, etc., pero sin limitarse a éstas, o puede estar constituida por una combinación de dichas formas.

La figura 3 presenta una vista más detallada del exterior del carro 2 el cual se muestra comprendiendo un conector de acoplamiento macho 14 y un conjunto de semiesferas 21.

La figura 4 presenta una vista parcialmente transparente del carro 2 la cual muestra el carro 2 que comprendiendo unos rodillos de guía pasivos 7 que hacen contacto con los carriles de guía de la estructura de suspensión y un rodillo de guía activo 8 que hace contacto con el carril de conducción de la estructura de suspensión. El rodillo de guía activo 8 puede ser accionado por una transmisión 9 y un motor eléctrico 10. El giro del eje del motor puede medirse mediante un codificador del motor 11. El carro 2 también puede comprender un codificador de anillo 12 que puede medir la posición del carro 2 a lo largo del sensor de anillo 6 de la estructura de suspensión. El motor eléctrico 10, el codificador de motor 11 y el codificador de anillo 12 pueden conectarse electrónicamente a una placa de circuito impreso del carro (PCB) 13 que puede activar y controlar estos componentes y que puede comunicarse con otros componentes del sistema. La parte superior de la PCB del carro 13 puede sobresalir de la superficie superior del carro 2 y comprender el conector de acoplamiento macho 14.

Se apreciará que el carro y la estructura de suspensión también pueden tener varios otros diseños respecto al movimiento del carro a lo largo y la fijación del carro a la estructura de suspensión. Por ejemplo, en lugar de utilizar rodillos de guía, el carro puede ser guiado a lo largo de la estructura de suspensión utilizando uno o más cojinetes neumáticos, cojinetes planos, cojinetes lineales, cojinetes esféricos, cojinetes magnéticos, barras o placas, o un mecanismo elástico. De manera similar, en lugar de utilizar un motor eléctrico, o específicamente un sistema de transmisión de rodillos, también puede utilizarse un sistema de transmisión por engranajes, un sistema de transmisión por correa, un sistema de transmisión magnética, un sistema actuador piezoeléctrico o un sistema de transmisión directa para efectuar el movimiento del carro. En general, puede utilizarse cualquier otro tipo adecuado de montaje móvil de un carro en una estructura de suspensión.

La figura 5 muestra el brazo manipulador 3 que incluye una parte superior 15 del brazo manipulador, mientras que la figura 6 muestra el exterior de la parte superior 15 y la figura 7 presenta una vista parcialmente transparente de la parte superior 15. Tal como también puede apreciarse en estas figuras, la parte superior 15 puede incluir una PCB de base 16 que recibe datos y energía eléctrica de un cable de datos/alimentación 18 que puede conectarse a un conector de datos/alimentación 17 del brazo manipulador 3. Durante el funcionamiento el cable de datos/alimentación 18 puede conectarse a un armario de control externo (no mostrado) que puede comprender una fuente de alimentación eléctrica, tal como una conexión a una red eléctrica. La PCB de base 16 puede comprender una unidad de procesamiento, un CI de comunicaciones y otros componentes para comunicarse con otros componentes del sistema y para activar y controlar el brazo manipulador. La parte superior 15 también puede comprender una PCB de acoplamiento 19 con un conector de acoplamiento hembra 20 que puede sobresalir de la superficie inferior de la parte superior 15, y que puede ser la contraparte del conector de acoplamiento macho del carro. Alternativamente, la PCB de acoplamiento 19 y la PCB de base 16 pueden ser un elemento.

Con referencia adicional a la figura 3, la superficie superior e inferior del carro 2 pueden comprender una serie de semiesferas 21 que sirven de referencia para alineamiento/acoplamiento mecánico con la parte superior 15 del brazo manipulador 3. Para tal fin, la parte superior 15 puede comprender un conjunto de cavidades 22 que coinciden con las semiesferas 21. De este modo, la parte superior 15 puede alinearse y acoplarse mecánicamente al carro 2, mientras que los conectores de acoplamiento 14, 20 pueden alinearse y acoplarse simultáneamente, creando un acoplamiento electromecánico entre la parte superior 15 y el carro 2.

Se apreciará que también pueden utilizarse otros tipos de ayudas de alineamiento mecánico en lugar de semiesferas y cavidades correspondientes. Por ejemplo, puede utilizarse cualquier forma que sobresalga con una superficie adecuadamente redondeada junto con cavidades correspondientes. Se observa, además, que el carro también puede comprender las cavidades y el brazo manipulador los salientes, en lugar de a la inversa.

En las figuras puede apreciarse que el brazo manipulador 3 y el carro 2 pueden diseñarse de manera que, cuando el brazo manipulador 3 no esté acoplado al carro 2, por ejemplo, por medio de su parte superior 15, no se transmita energía eléctrica desde la PCB de base 16 al carro 2 ni a los accionadores eléctricos del propio brazo manipulador 3.

La figura 8 muestra la parte superior 15 que comprende un conector de datos/alimentación 17 y un mango de bloqueo 23 que está dispuesto en una posición cerrada. El mango de bloqueo 23 puede accionar un mecanismo que precarga y bloquea la parte superior 15 sobre el carro 2. Como tal, la posición cerrada del mango de bloqueo 23 puede precargar y bloquear el mecanismo de acoplamiento. En la posición cerrada, el mango de bloqueo 23 puede bloquear visual y mecánicamente una empuñadura 24, lo que puede evitar que el usuario desacople la parte superior 15 del carro 2 salvo que el mango de bloqueo quede colocado primero en la posición abierta.

La figura 9 muestra el mango de bloqueo 23 en la posición abierta, en cuya posición el mango de bloqueo 23 puede desbloquear el mecanismo de acoplamiento para que la parte superior 15 pueda acoplarse o desacoplarse del carro 2. Tal como puede apreciarse en la figura 9, la posición abierta del mango de bloqueo 23 sólo puede obtenerse si el cable de datos/alimentación 18 no está conectado. En consecuencia, la parte superior 15 sólo puede acoplarse o desacoplarse del carro 2 si el cable de datos/alimentación 18 no está conectado al conector 17.

Se apreciará que la combinación de las medidas descritas anteriormente puede crear un mecanismo de seguridad triple para que llegue a activarse la unidad manipuladora. Es decir, 1) puede ser necesario que el brazo manipulador y el carro estén acoplados, 2) puede ser necesario que el mango de bloqueo se encuentre en una posición cerrada y 3) puede ser necesario que el cable de datos/alimentación esté conectado. Si no se cumple alguno de estos requisitos, el brazo manipulador y el carro pueden quedar ambos inactivos como medida. Sólo si se cumplen todos estos requisitos, el brazo manipulador y el carro pueden activarse. Además, el brazo manipulador no puede estar activo mientras el carro está inactivo y viceversa. Por diseño, el usuario puede ser guiado automáticamente para seguir el procedimiento correcto para acoplar o desacoplar el brazo manipulador de manera segura. Este triple mecanismo de seguridad puede evitar errores de uso que pueden dar lugar a una situación peligrosa en la que los elementos del mecanismo de acoplamiento no queden conectados correctamente, pero sigan activados, dando lugar a un movimiento potencialmente peligroso o inestable. El mecanismo de seguridad triple también puede garantizar que, en caso de fallo técnico dentro de la unidad manipuladora, la unidad manipuladora en conjunto se vuelva inactiva, pero permanezca en un estado pasivamente seguro.

Se apreciará que, aunque es ventajoso, no es necesario que todas las medidas del mecanismo de seguridad triple se implementen juntas. Más bien, las medidas individuales ya pueden obtener mejoras sobre los sistemas robóticos conocidos.

La figura 10 ilustra el cobertor del sistema robótico, que puede comprender dos partes separadas. Un primer cobertor 25 puede envolver el brazo manipulador 3. Tal como se ha descrito anteriormente, la superficie inferior de la

parte superior del brazo manipulador 3, incluyendo las cavidades de alineamiento, puede diseñarse para que sea lo suficientemente lisa para evitar una ruptura del cobertor estéril 25 provocada por bordes afilados. El primer cobertor 25 puede comprender una interfaz del cobertor 26 que permita la transmisión de energía eléctrica y datos hacia y desde el conector de acoplamiento hembra de la parte superior del manipulador. La interfaz del cobertor 26 puede ser un orificio y una junta, o un cuerpo intermedio, o un cuerpo intermedio con un conector de puente, o un conector de puente encerrado en el cobertor. El primer cobertor 25 puede diseñarse para que tenga suficiente holgura para permitir un uso adecuado del mango de bloqueo 23.

Un segundo cobertor 27 puede envolver la estructura de suspensión 1 y el carro 2. Tal como se ha descrito anteriormente, la superficie exterior del carro 2, incluyendo los salientes de alineamiento semiesféricos 21, puede diseñarse para que sea lo suficientemente lisa para evitar una ruptura del cobertor estéril 27 provocada por bordes afilados. El segundo cobertor 27 puede comprender una interfaz del cobertor 28 que permita la transmisión de energía eléctrica y datos hacia y desde el conector de acoplamiento macho del carro 2. La interfaz del cobertor 28 puede ser un orificio y una junta, un cuerpo intermedio o un cuerpo intermedio con un conector de puente, o un conector de puente incluido en el cobertor.

Las figuras 11 y 12 muestran unas secciones transversales de diferentes interfaces de acoplamiento entre el carro 2 y el brazo manipulador 3, mostrando la figura 11 una superficie de contacto plana y la figura 12 mostrando una superficie de contacto ranurada/saliente. En ambas figuras, se muestran las ayudas de alineamiento mecánico 21, 22, los conectores 14, 20 y un cobertor 27, siendo el cobertor, en este ejemplo, el segundo cobertor 27 pero también aplicándose al primer cobertor. Aquí, la interfaz del cobertor 28 comprende un orificio y (no mostrado explícitamente) una junta alrededor del orificio. Los conectores 14, 20 pueden acoplarse entre sí a través del orificio si el brazo manipulador 3 está acoplado y, por lo tanto, en contacto con el carro 2.

Las figuras 13 y 14 muestran unas secciones transversales de diferentes interfaces de acoplamiento entre el carro 2 y el brazo manipulador 3 en las que los conectores 14, 20 quedan situados mutuamente de modo que, cuando el brazo manipulador 3 está acoplado, la conexión eléctrica solamente se establece si el cobertor 27 está dispuesto entre ambos conectores para establecer la interfaz eléctrica entre ambos conectores. Para este fin, la interfaz del cobertor 28 puede estar constituida o comprender un cuerpo intermedio 28 que actúe de interfaz eléctrica entre los dos conectores 14, 20. En estos ejemplos, cuando el brazo manipulador 3 está acoplado al carro 2, el cuerpo intermedio puede cerrar mecánica y/o eléctricamente el espacio entre ambos conectores.

Aunque en las figuras 13 y 14 solamente se muestra para un cobertor 27, los conectores de acoplamiento 14, 20 y las interfaces de cobertor de ambos cobertores pueden diseñarse de manera que se requiera que ambos cobertores se apliquen para cerrar mecánica y/o eléctricamente el espacio entre ambos conectores. Por ejemplo, una interfaz del cobertor por sí sola puede ser insuficiente para cerrar mecánica y/o eléctricamente el espacio entre ambos conectores, por ejemplo, al ser insuficientemente gruesa o al no establecer una interfaz eléctrica completa.

En general, la interfaz o interfaces de cobertor pueden proporcionar un cuarto mecanismo de seguridad, en el que solamente puede crearse una conexión de datos y/o energía eléctrica entre el carro 2 y el brazo manipulador 3 si por lo menos una de las interfaces de cobertor 25, 26 o, en una realización, ambas interfaces de cobertor 25, 26, están correctamente alineadas y, por lo tanto, sólo si se aplican cobertores 25, 27. Como resultado, el cuarto mecanismo de seguridad puede garantizar que haya una barrera estéril en posición antes de que se active el sistema. Por el contrario, si los cobertores no se encuentran allí, los componentes del sistema robótico permanecen inactivos.

Se apreciará que el mecanismo de acoplamiento que se describe en el contexto de una unidad manipuladora, tal como una unidad esclava de un robot maestro-esclavo, también puede aplicarse en una unidad maestra de un robot maestro-esclavo. La unidad maestra puede acoplarse de manera móvil a una estructura de suspensión de la manera descrita para la unidad manipuladora. En lugar de comprender un brazo manipulador, la unidad maestra puede comprender un dispositivo de entrada, tal como, entre otros, un joystick o cualquier otra (combinación de) modalidad de entrada. El dispositivo de entrada puede acoplarse a un carro de la misma manera que se ha descrito para el brazo manipulador. Pueden obtenerse los mismos efectos ventajosos.

Las modificaciones de la unidad maestra que corresponden a las modificaciones descritas de la unidad manipuladora están al alcance de los expertos.

Cabe señalar que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran en lugar de limitar la invención, y que los expertos en la materia podrán diseñar muchas realizaciones alternativas.

En las reivindicaciones, los signos de referencia entre paréntesis no han de interpretarse como una limitación de la reivindicación. El uso del verbo "comprender" y sus conjugaciones no excluye la presencia de elementos o etapas distintos a los indicados en una reivindicación. El artículo "un" o "una" que precede a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos. El mero hecho de que se mencionen determinadas medidas en

reivindicaciones dependientes diferentes entre sí no indica que no pueda utilizarse ventajosamente una combinación de estas medidas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema robótico quirúrgico, que comprende:

- una estructura de suspensión (1) que comprende un carril (4, 5);
- una unidad manipuladora que comprende:

  - un carro (2) dispuesto para montarse en la estructura de suspensión, en el que el carro comprende un actuador eléctrico para el movimiento del carro a lo largo del carril; y
  - un brazo manipulador (3) dispuesto para acoplarse de manera desmontable al carro mediante un mecanismo de acoplamiento;
  - comprendiendo el mecanismo de acoplamiento un primer conector de acoplamiento (20) en el brazo manipulador y un segundo conector de acoplamiento (14) en el carro, en el que el primer y el segundo conector de acoplamiento establecen una conexión eléctrica entre el brazo manipulador y el carro cuando el brazo manipulador está acoplado;

en el que el brazo manipulador comprende un conector (17) para conectar el brazo manipulador mediante un cable (18) a una fuente de alimentación eléctrica,
en el que el brazo manipulador está configurado para suministrar energía eléctrica al carro a través de la conexión eléctrica cuando el brazo manipulador está acoplado.

2. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el brazo manipulador (3) comprende un primer circuito de control (16) configurado para controlar el suministro de energía eléctrica a uno o más actuadores en el brazo manipulador, en el que el primer circuito de control está configurado para impedir el suministro de energía eléctrica a uno o más actuadores si el brazo manipulador no está acoplado al carro (2).

3. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por el hecho de que el carro (2) comprende un segundo circuito de control (13) configurado para comunicarse con el primer circuito de control (16) a través de la conexión eléctrica cuando el brazo manipulador (3) está acoplado al carro. (2), en el que el primer circuito de control está configurado para evitar el suministro de energía eléctrica a uno o más actuadores si el primer circuito de control no puede comunicarse con el segundo circuito de control.

4. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el conector (17) está configurado para recibir datos de control a través del cable (18), en el que los datos de control comprenden datos de control del carro para controlar el movimiento del carro (2) a lo largo del carril (4, 5), en el que el brazo manipulador (3) está configurado para proporcionar al carro los datos de control del carro a través de la conexión eléctrica.

5. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el brazo manipulador (3) comprende un mango de bloqueo (23) operable en una posición abierta y cerrada, en el que el mango de bloqueo, cuando se acciona manualmente de la posición abierta a la cerrada, precarga y bloquea mecánicamente el mecanismo de acoplamiento.

6. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que el brazo manipulador (3) comprende una empuñadura (24) para permitir sujetar el brazo manipulador antes y/o después de acoplarse al carro (2), en el que el mango de bloqueo bloquea físicamente por lo menos parte de la empuñadura en la posición cerrada.

7. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, caracterizado por el hecho de que el mango de bloqueo (23), en la posición abierta, bloquea físicamente el conector (17), bloqueando así el cable (18) para que no se conecte al conector.

8. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el mecanismo de acoplamiento comprende, además, ayudas de alineamiento mecánico (21) dispuestas en una primera superficie del brazo manipulador (3) y ayudas de alineamiento mecánico complementarias (22) dispuestas en una segunda superficie del carro (2) para proporcionar alineamiento mecánico entre el brazo manipulador y el carro durante el acoplamiento.

9. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por el hecho de que las ayudas de alineamiento mecánico (21) y las ayudas de alineamiento mecánico complementarias (22) están conectadas entre sí para establecer una conexión mecánica entre el brazo manipulador (3) y el carro (2) cuando el brazo manipulador está acoplado.

10. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, caracterizado por el hecho de que las ayudas de alineamiento mecánico comprenden una o más cavidades (22) y las ayudas de alineamiento mecánico complementarias comprenden uno o más salientes (21), tales como semiesferas, que encajan en una o más cavidades.

11. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que la segunda superficie del carro (2) es una superficie orientada hacia arriba, en el que el carro comprende, además, una superficie orientada hacia abajo, en el que el brazo manipulador (3) está dispuesto para sujetar el carro ejerciendo una fuerza de sujeción en la superficie superior y la superficie inferior cuando está acoplado al carro.

12. Sistema quirúrgico robótico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que, durante el funcionamiento del sistema quirúrgico robótico, entre el brazo manipulador (3) y el carro (2) hay dispuesto un cobertor (25, 27), en el que el cobertor comprende una interfaz del cobertor (26, 28) para permitir que el primer conector de acoplamiento (20) establezca la conexión eléctrica con el segundo conector de acoplamiento (14) a través del cobertor.

13. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado por el hecho de que la interfaz del cobertor (26, 28) es un cuerpo intermedio que comprende una interfaz eléctrica, en el que el primer conector de acoplamiento (20) y el segundo conector de acoplamiento (14) están colocados y/o conformados entre sí de modo que, cuando el brazo manipulador está acoplado, la conexión eléctrica solamente se establece si el cobertor (25, 27) está dispuesto con el cuerpo intermedio entre ambos conectores para establecer la interfaz eléctrica entre ambos conectores.

14. Kit de piezas que comprende el sistema robótico quirúrgico de acuerdo con la reivindicación 12 o 13 y el cobertor (25, 27) que comprende la interfaz del cobertor (26, 28).

15. Sistema robótico quirúrgico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por el hecho de que el sistema robótico quirúrgico es un sistema robótico maestro-esclavo, en el que la unidad manipuladora es una unidad esclava.

Fig. 1

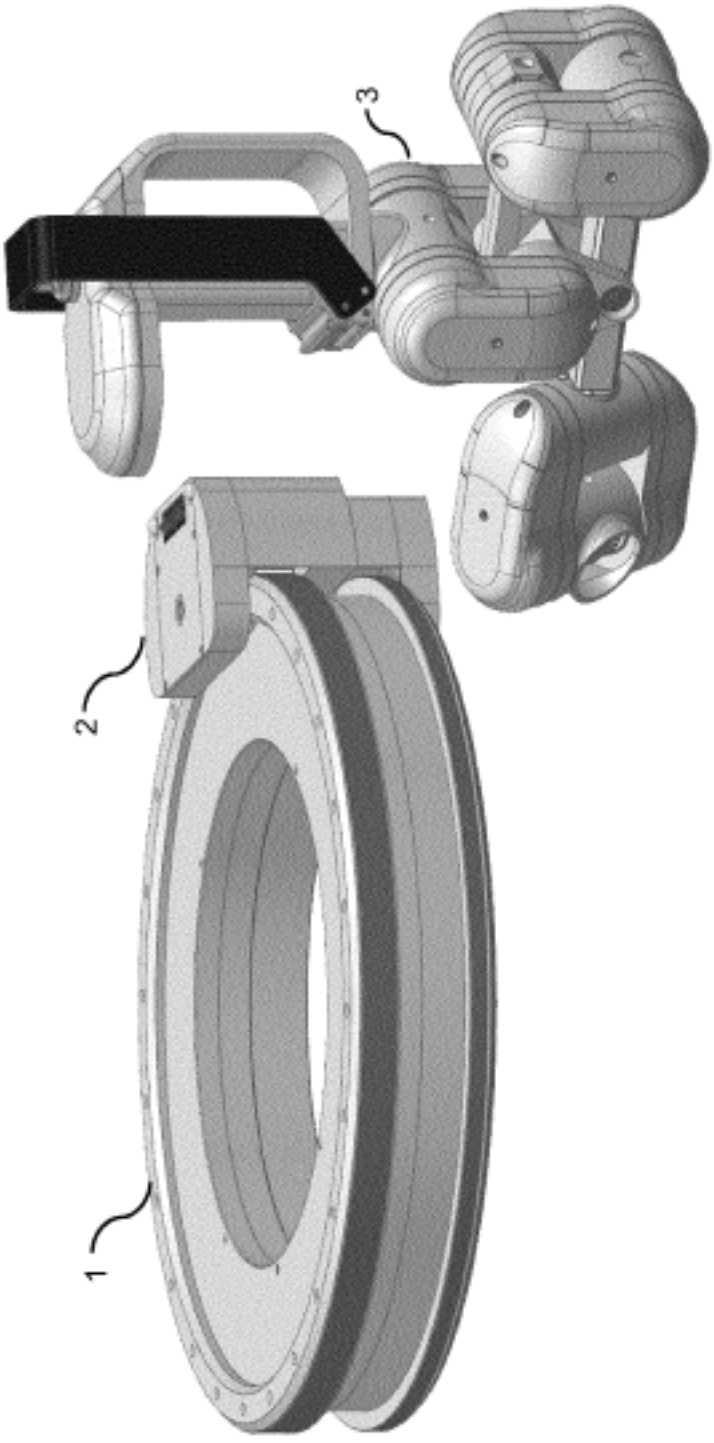


Fig. 2

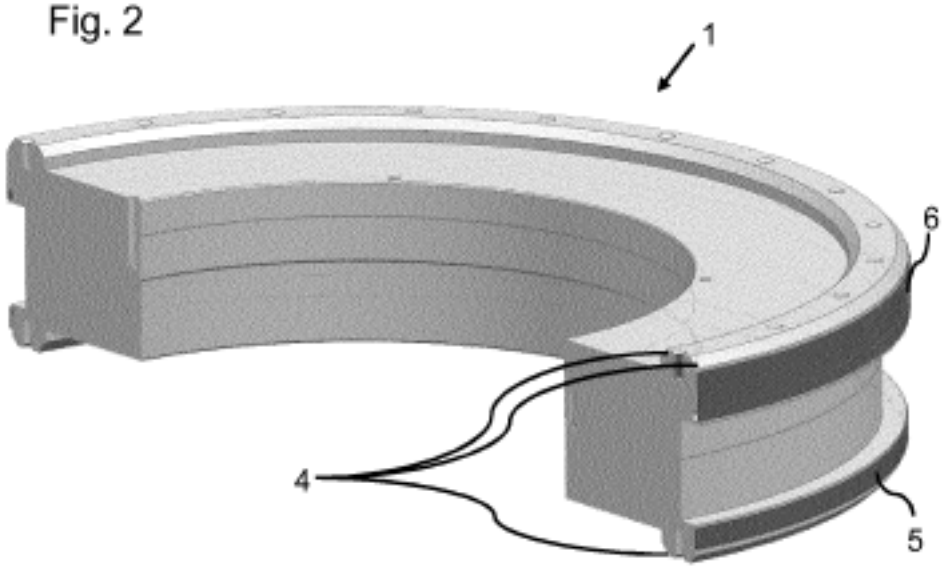


Fig. 3

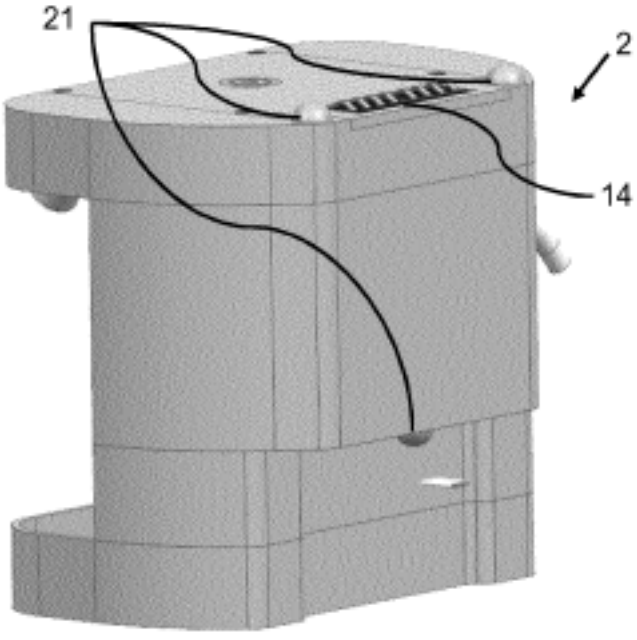


Fig. 4

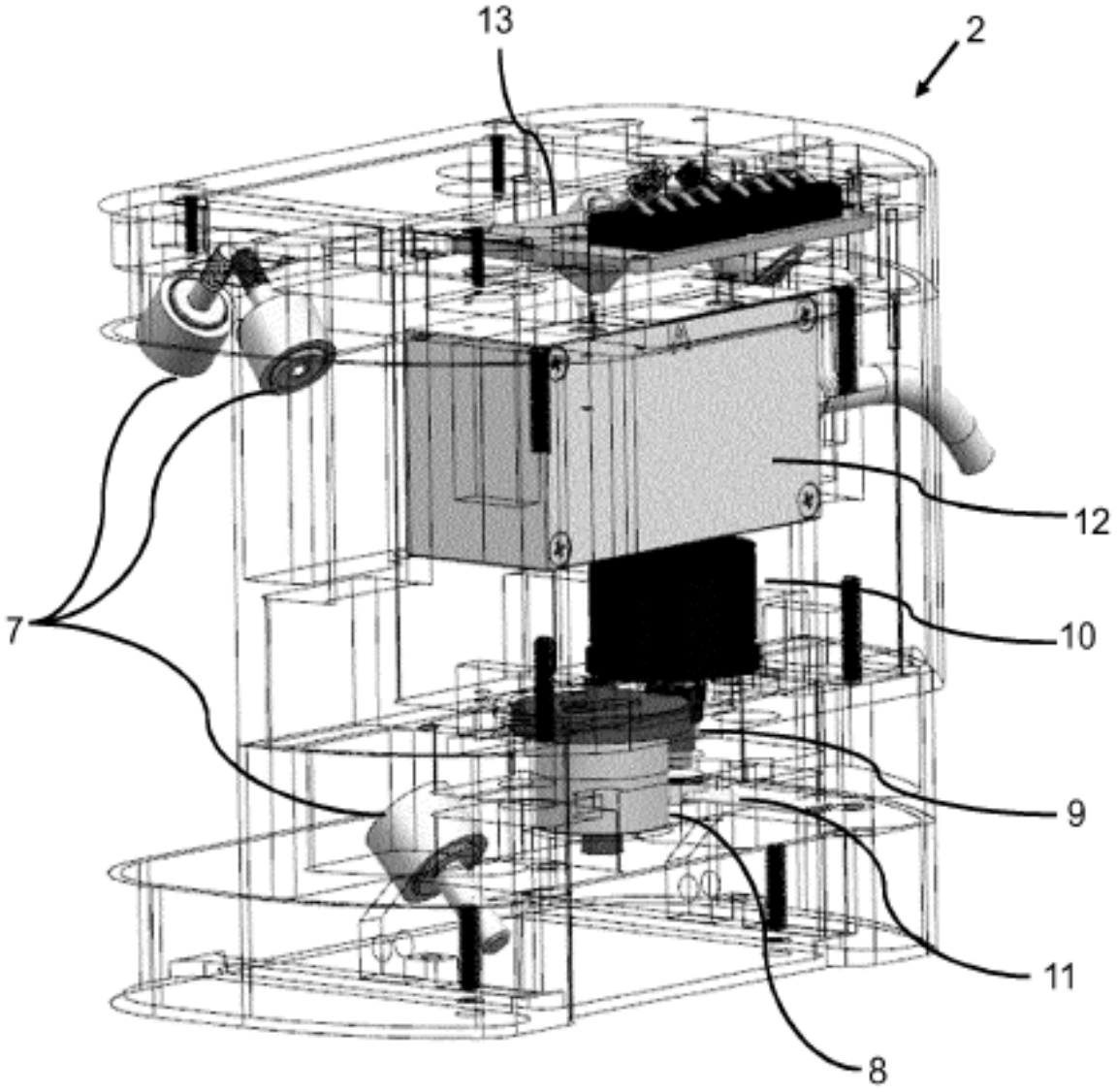


Fig. 5

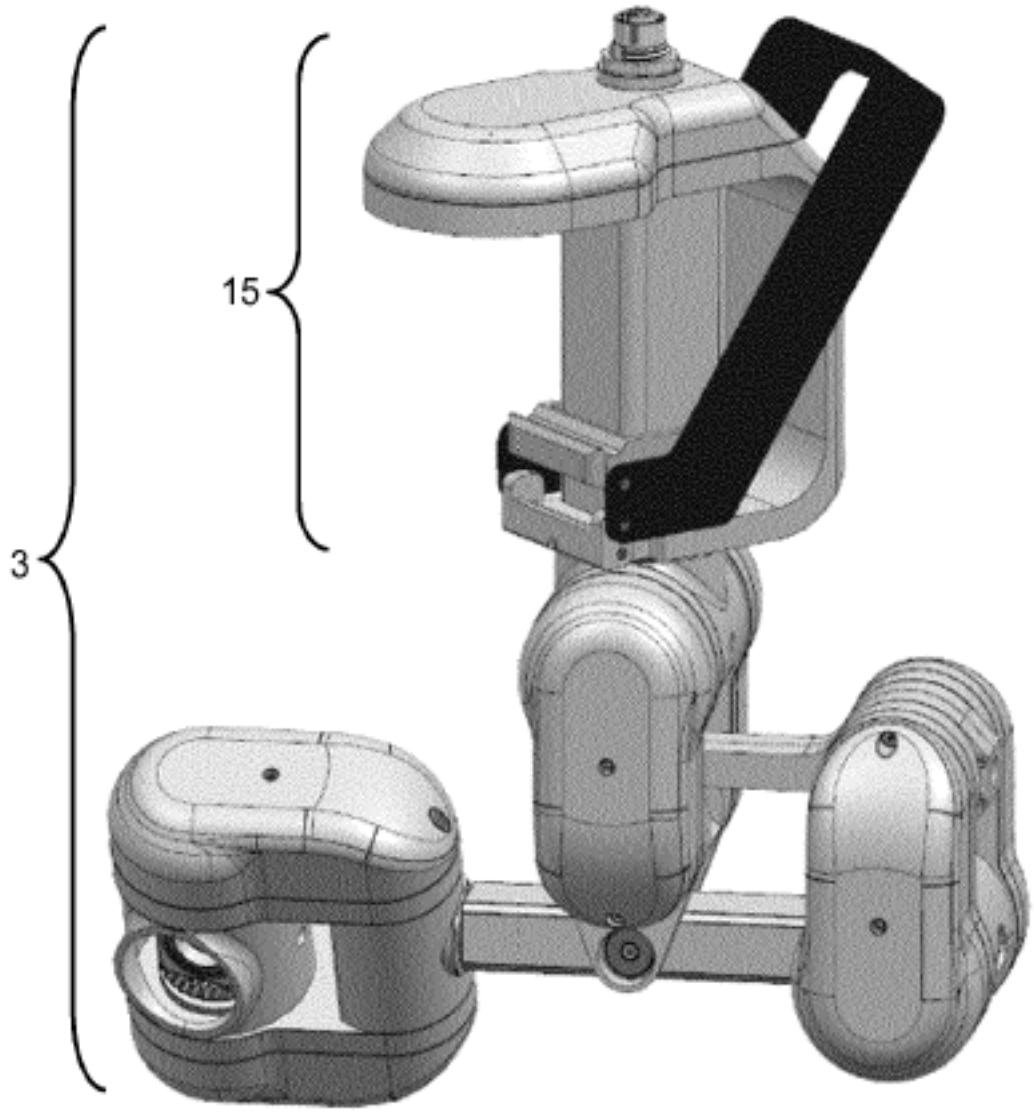


Fig. 6

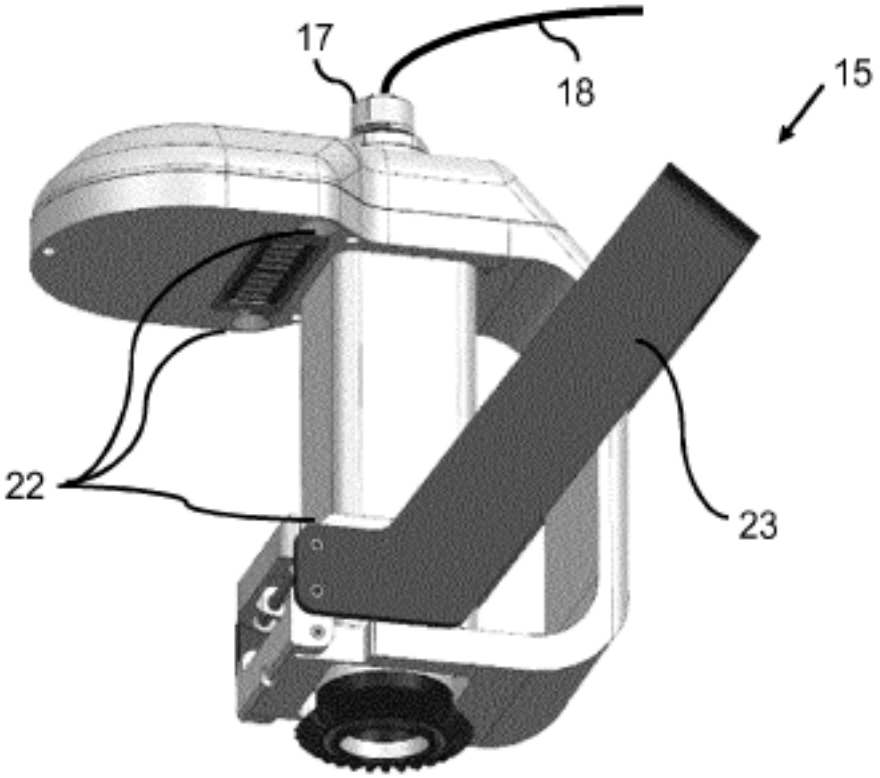


Fig. 7

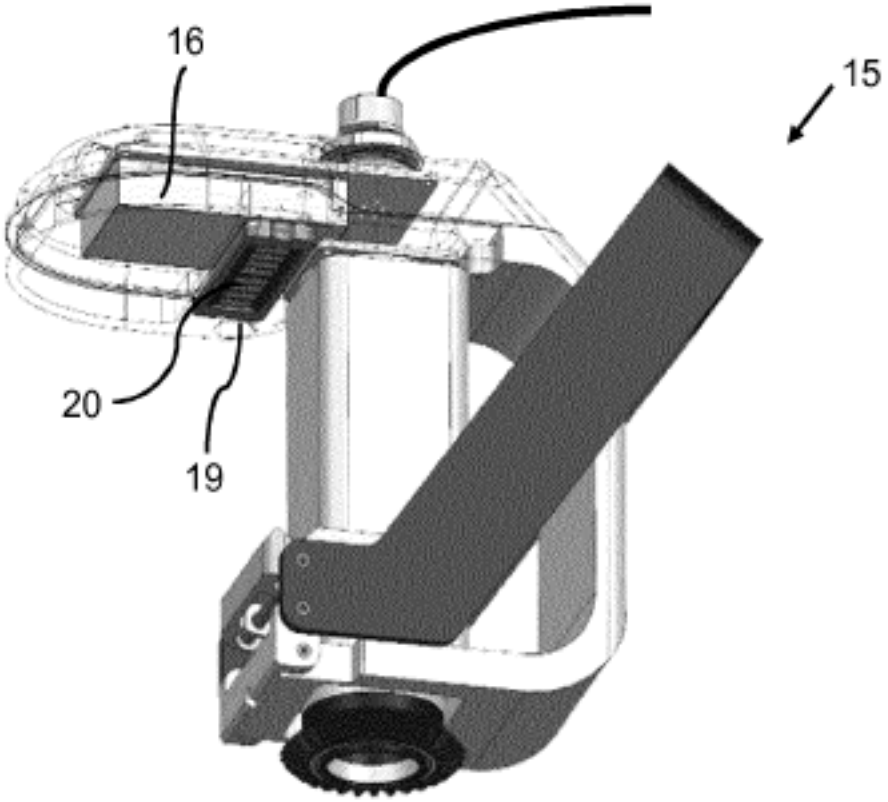


Fig. 8

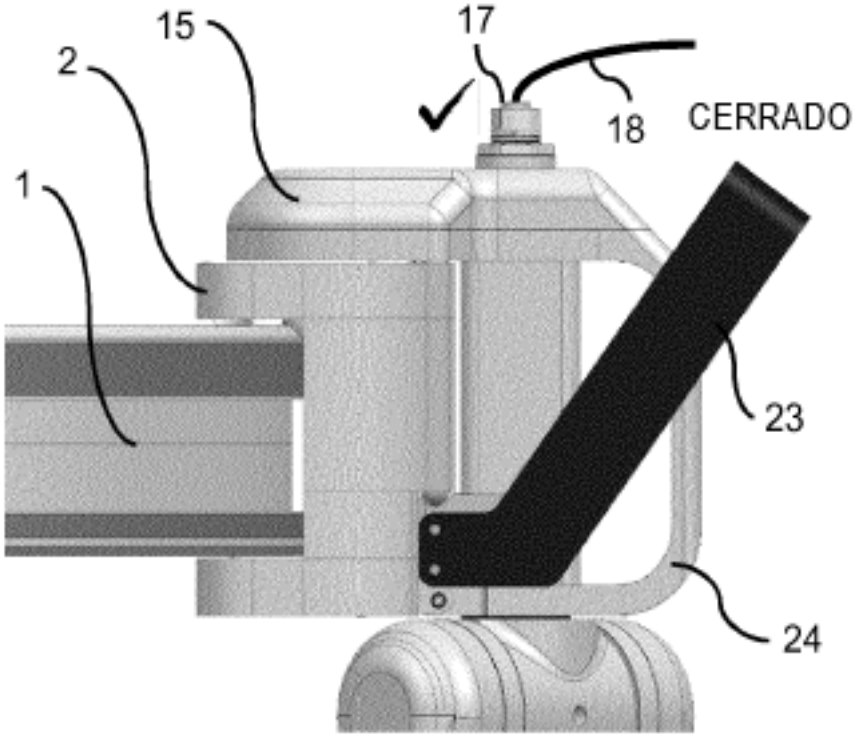


Fig. 9

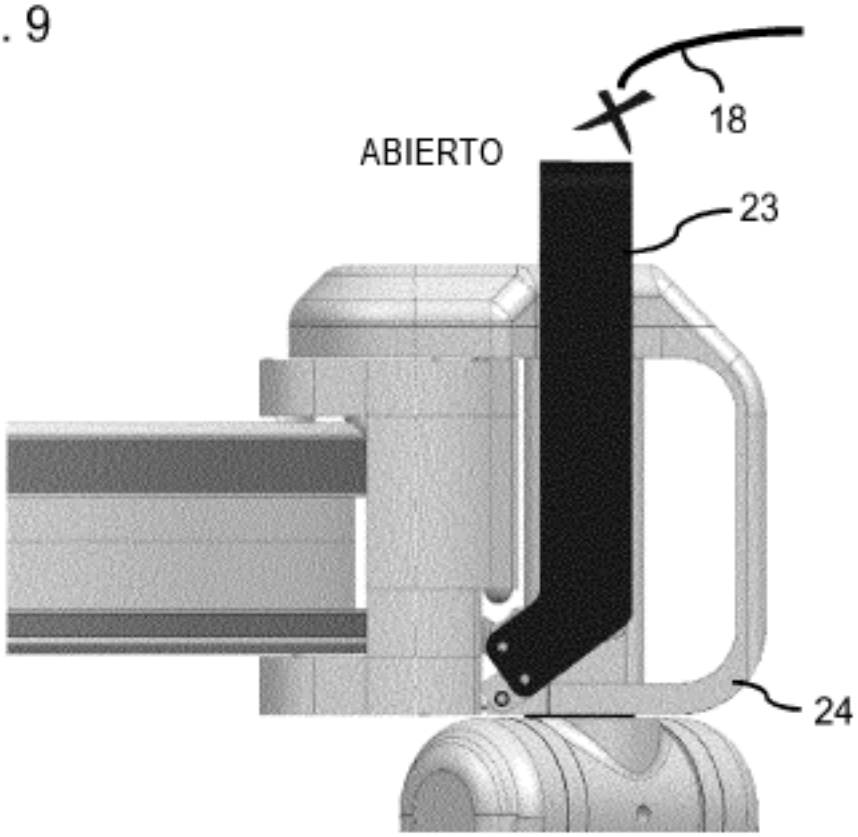


Fig. 10

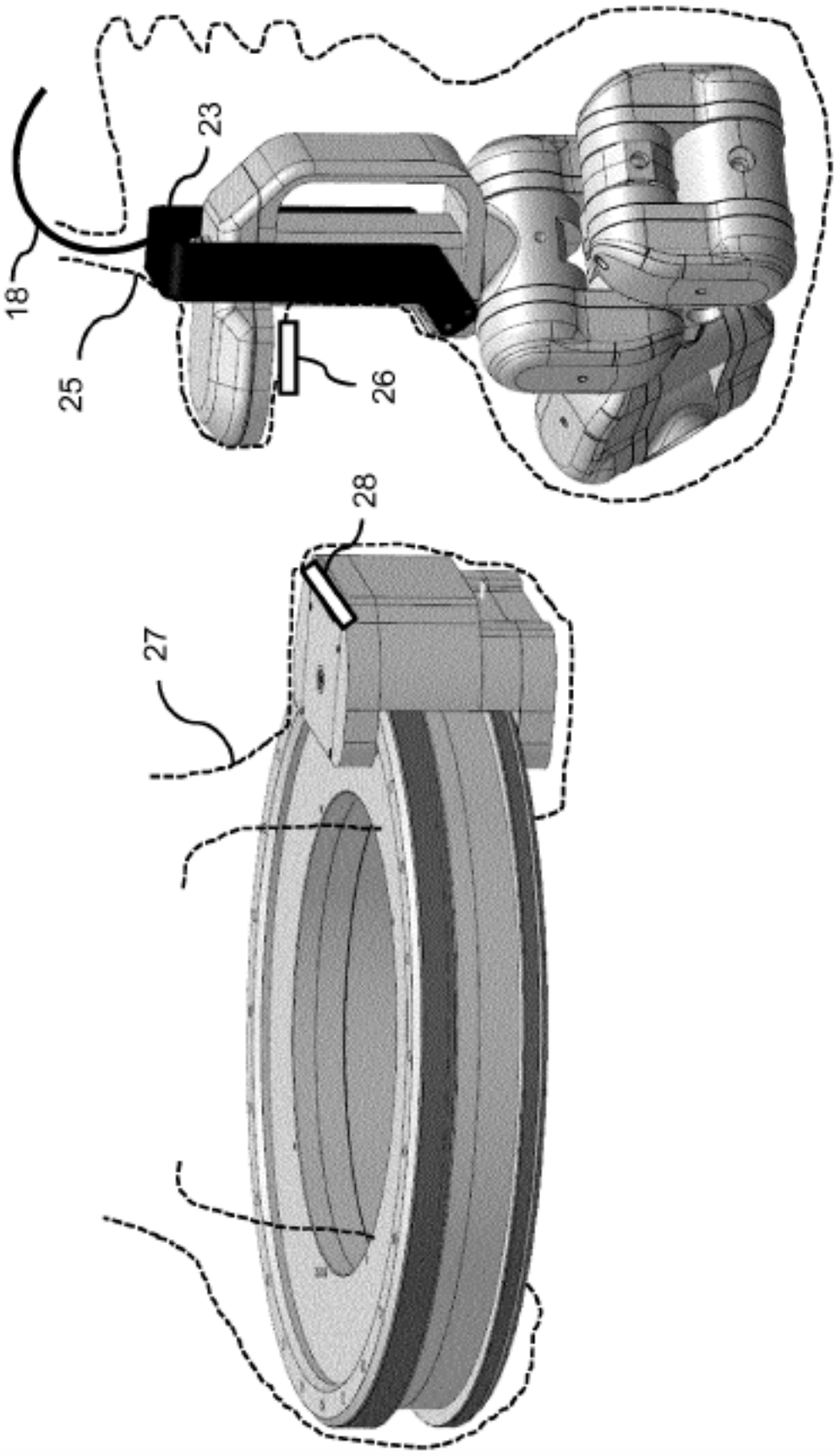


Fig. 11

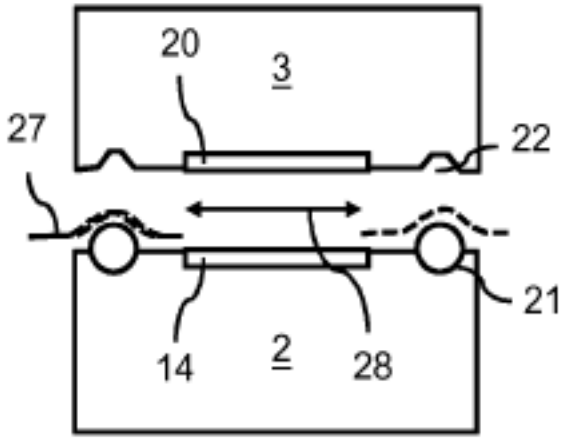


Fig. 12

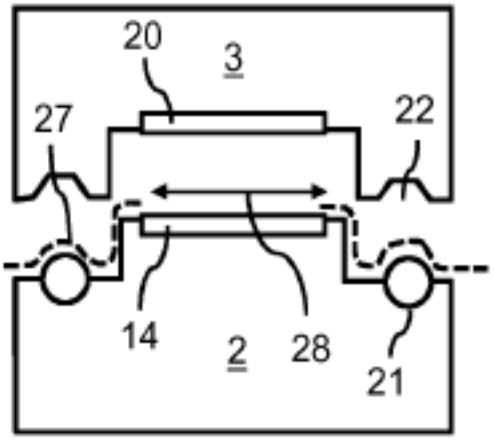


Fig. 13

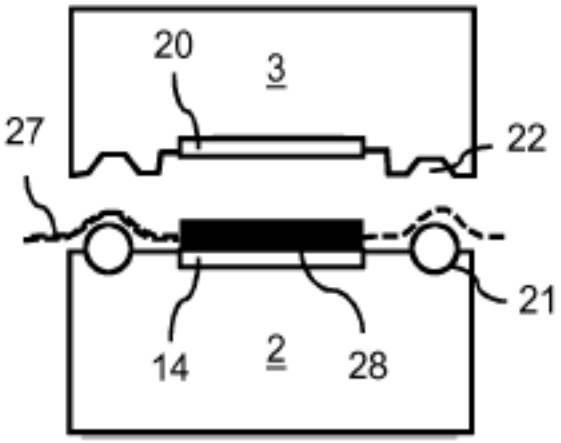
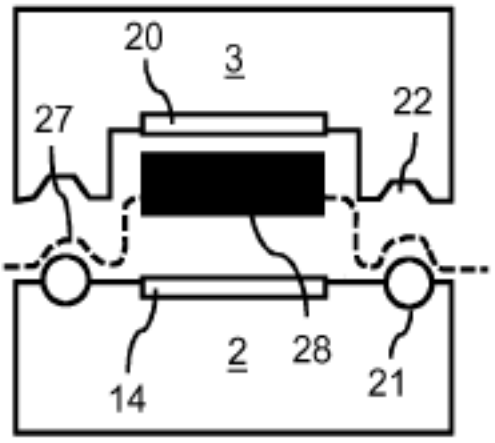


Fig. 14



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.

Documentos de patentes citados en la descripción

- DE 102014203921 A1 **[0003]**
- US 20060149418 A1 **[0004]**
- US 8246633 B2 **[0005]**
- WO 2013018932 A1 **[0005]**