



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 233 171**

② Número de solicitud: 200300800

⑤ Int. Cl.7: **H01B 1/12**

B25J 9/10

F01B 19/00

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **04.04.2003**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **01.06.2005**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
01.06.2005

⑦ Solicitante/s:
Universidad Politécnica de Cartagena
Paseo Alfonso XIII, 22 (Edificio Regidor)
30201 Cartagena, Murcia, ES

⑦ Inventor/es: **Fernández Otero, Toribio y**
Vázquez Arenas, Gemma

⑦ Agente: **Astiz Suárez, José Enrique**

⑤ Título: **Preparación y aplicación de músculos artificiales, actuadores y dispositivos poliméricos para desplazamientos longitudinales y de válvula.**

⑤ Resumen:

Preparación y aplicación de músculos artificiales, actuadores y dispositivos poliméricos para desplazamientos longitudinales y de válvula.

Esta invención describe un dispositivo capaz de transformar los movimientos angulares, característicos de los músculos artificiales basados en polímeros conductores, en movimientos longitudinales lineales, bajo el estímulo de una corriente eléctrica. Como en los músculos artificiales constituyentes estos dispositivos son totalmente poliméricos y están formados por bicapas, o tricapas de polímeros conductores electrónicos intrínsecos y de polímeros no conductores, adherentes y flexibles. El movimiento lineal del dispositivo, se consigue por combinación de dos o más elementos básicos: bicapas o tricapas, lo que da lugar, así mismo, a dispositivos de apertura y cierre, como pueden ser válvulas, totalmente poliméricas. Estos dispositivos pueden abarcar diferentes sectores de la técnica como son:

Mecánica y micro-mecánica: posicionadores, actuadores, elevadores, mecanismos reversibles, elementos de sujeción.

Microelectrónica: sensores, contactores, disparadores.

Biomedicina: catéteres, micro-separadores, micro-obturadores, micro-válvulas.

Dispositivos similares se pueden construir con cualquier tipo de actuador polimérico y electromecánico basados en mecanismos: electroquímicos, electroforéticos, electroosmóticos, de transferencia y migración iónica, piezoeléctricos o electrostrictivos (fenómenos electromecánicos de primer orden o de segundo orden).

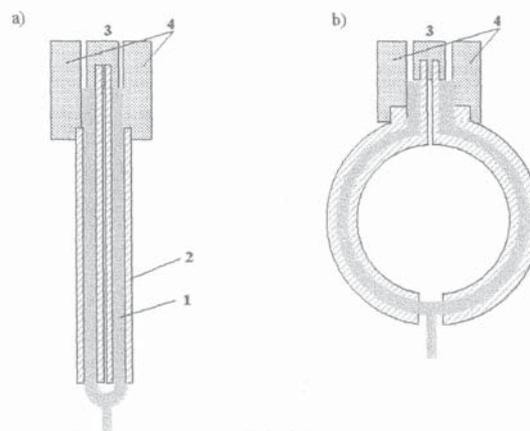


FIGURA 1

ES 2 233 171 A1

DESCRIPCIÓN

Preparación y aplicación de músculos artificiales, actuadores y dispositivos poliméricos para desplazamientos longitudinales y de válvula.

Objeto de la invención

La presente invención se refiere a dispositivos capaces de transformar los movimientos angulares, característicos de los músculos artificiales poliméricos, en movimientos lineales longitudinales, junto con movimientos de apertura y cierre de orificios circulares análogos a los de una válvula. Los dispositivos se basan en músculos artificiales de polímeros conductores, los cuales están formados por multicapas de polímero conductor-polímero no conductor adherente y flexible - polímero conductor.

Estos dispositivos actúan en un medio electrolítico al paso de una corriente eléctrica, que puede estar originada bien por una intensidad constante aplicada sobre el conjunto, o bien al someterlo a un gradiente de potencial constante.

Antecedentes de la invención

Como pasos anteriores a este dispositivo existen otras patentes pertenecientes a nuestro grupo de trabajo sobre la que nos hemos basado para desarrollarlo y cuyos registros son P-9200095 y P-9502628. En el primer caso se describen bicapas polímero conductor / polímero no conductor y en el segundo tricapas polímero conductor / polímero no conductor/ polímero conductor, pero ambos dispositivos eran capaces de desarrollar grandes movimientos angulares en muy cortos períodos de tiempo, manteniendo uno de sus extremos sujeto y siempre que se encontrasen en un medio electrolítico. El medio electrolítico puede ser una disolución (E.W.H. Jager, E. Smela, O. Ingnas 2000, *Science* 190; A. Della Santa, D. De Rossi, A. Mazzoldi, *Synth. Met.* 1997, 90, 93; T.F. Otero, J.M. Sansiñena, *Bioelectrochem. Bioenerg.* 1997, 42, 117), una pequeña cantidad de disolución encapsulada en una envoltura flexible (K. Kaneto, M. Kaneto, Y. Min and A.G. MacDiarmid *Synth. Met.* 1995, 71, 2211), o un polímero conductor fónico para constituir un dispositivo sólido capaz de trabajar al aire (J.M. Sansiñena, V. Olazabal, T.F. Otero, C.N. de Fonseca, M.A. de Paoli *Chem. Comm.* 1997, 22, 2217; K. Yamada, Y. Kume, H. Tabé *Jpn.J. Appl. Phys.* 1998, vol. 37, 5798; J.D. Madden, R.A. Crush, T.S. Kanihan, C.J. Brenan, I.W. Hunter *Synth. Met.* 1999, 105, 61). Los dispositivos actúan al mismo tiempo como sensores y actuadores (T.F. Otero and M.T. Costés, I. Boyano *Smart Struct. Mat.* 2002: Electroactive Polymer Actuator and Devices (EAPAD), 395-402) desarrollando, incluso, sensibilidad táctil (T.F. Otero and M.T. Cortés *Adv. Mat.* 2003, 15, 279). La base de actuación de los dispositivos son las reacciones electroquímicas que provocan aumentos y disminuciones controladas del volumen de los polímeros conductores durante los procesos de oxidación/reducción. En los polímeros que incorporan aniones, aumentan de volumen durante la oxidación y se contraen durante la reducción (T.F. Otero, H. Grande, J. Rodríguez, *J. Electroan. Chem.* 1995, 394, 211; T.F. Otero, J.M. Sansiñena *Adv. Mat.* 1998, 10, 461; T.F. Otero, H. Grande, J. Rodríguez *J. Phys. Org. Chem.* 1996, 9, 381). En los polímeros que expulsan cationes durante la oxidación se origina una contracción simultánea, expandiéndose durante la reducción (G.M. Spinks, L. Liu, G.G. Wallace, D.Z. Zhou *Adv. Funct. Mat.* 2002

12 (6-7) 437; W. Bantikassegn, P. Dannetun, O. Ingnas, W.R. Salaneck *Synth. Met.* 1993, Vol 55, Iss 1, 36). Con ambas familias de materiales se pueden construir músculos formados por multicapas, dando respuestas angulares en sentidos opuestos al paso de una corriente eléctrica.

Movimientos angulares análogos se pueden conseguir con polímeros no conductores electrónicos con alto contenido de metales y sus iones (K. Oguro, K. Asaka, Y. Nishimura, Y. Misuhata, H. Takenaka *Polym. J.* 1995, 27, 436), con geles poliméricos (Y. Osada *Adv. Polim. Sci.* 1987, 82, 1-46), con polímeros piezoeléctricos (C. Cui, R.H. Baughman, Z. Iqbal, *et al. Synth. Met.* 1997, 85 (1-3), 1391) o electrostrictivos (R.E. Pelrine, R.D. Kornbluh, J.P. Joseph *Sensor Actuat. A-Phys.* 1998, 64 (1), 77-85).

La ventaja de los dispositivos basados en los polímeros conductores es el perfecto control que se tiene sobre la velocidad y dirección del movimiento, mediante la intensidad de corriente eléctrica que fluye y el sentido de flujo. Al cesar el flujo de corriente, el movimiento se detiene en un punto y la posición alcanzada se mantiene estable. La desventaja, respecto a la mayor parte de los dispositivos construidos con el resto de los materiales descritos es la menor velocidad de los movimientos, al ir asociados a las reacciones electroquímicas que provocan las variaciones de volumen.

Uno de los problemas fundamentales relacionados con las posibles aplicaciones de los diferentes dispositivos es la generación de movimientos angulares primarios. Las posibles aplicaciones, sin embargo, requieren también dispositivos capaces de producir movimientos lineales amplios. Las variaciones lineales de los polímeros conductores sólo alcanzan a un 10% de la longitud del dispositivo.

Descripción de la invención

El desarrollo de movimientos lineales amplios, junto con los angulares, permitirían la obtención de cualquier tipo de movimiento: oscilante, basculante o pendular. El objetivo de esta invención es el desarrollo de movimientos lineales de gran amplitud, a partir de los dispositivos primarios que producen amplios movimientos angulares.

La disponibilidad de movimientos, tanto angulares, como lineales, abre grandes posibilidades para su aplicación dentro de los campos de la micromecánica y la microrrobótica. Debido a la compatibilidad biológica de estos dispositivos se pueden desarrollar aplicaciones dentro del campo de la biomedicina utilizándose como: microválvulas, microseparadores o catéteres dirigibles.

Estos dispositivos están basados en láminas de polímeros conductores que se obtienen a través de los procesos descritos en la patente cuyo registro es P/8703162 donde se especifica la generación y características de estas películas.

Una vez obtenidas estas películas se construyen tricapas formadas por láminas de polímero conductor (1) / polímero no conductor adherente y flexible(2) / polímero conductor(1). Dos de estas tricapas se colocan frente a frente sujetas por su parte superior e inferior, construyendo así el dispositivo, y se conectan a la fuente de corriente. Las laminas que van a estar cara a cara (en el interior del dispositivo) se conectan entre si, haciendo la función de contra-electrodo, mientras que las láminas exteriores también se conectarán entre si y al electrodo de trabajo del po-

tenciostato. Las láminas que se encuentran cara a cara se reducirán, contrayéndose, al paso de una corriente catódica, mientras que las que hacen el electrodo de trabajo se oxidarán, expandiéndose, al paso de dicha corriente. Los procesos opuestos ocurrirán al invertir el sentido del flujo de la corriente.

El dispositivo se conecta a la fuente de corriente, la cual aplicará una corriente constante que hará que comiencen los fenómenos de oxidación y reducción. Esto provocará que las multicapas que forman el dispositivo comiencen a moverse desarrollando un movimiento circular, empujándose la una a la otra. Así el extremo inferior del dispositivo se aproximará a su parte superior describiendo un desplazamiento longitudinal al mismo tiempo que las multicapas se separan entre sí dando lugar a la aparición de un orificio circular. Al invertir el sentido de flujo de la corriente, el extremo inferior del dispositivo se alejará de su extremo superior y el dispositivo se irá cerrando hasta recuperar su posición inicial. El desarrollo del movimiento del dispositivo se ha esquematizado en la figura 3.

El electrolito que se va a utilizar para que el dispositivo funcione estará basado en disoluciones acuosas con sales disueltas, o en geles poliméricos que contengan disoluciones de sales o en geles de polielectrolitos sólidos. En adelante la descripción del dispositivo se hará en una disolución acuosa en el que se haya disuelto LiClO_4 .

Estos dispositivos pueden ser recubiertos por un encapsulado que rodee a cada una de las multicapas formadas por polímero conductor(1) / polímero no conductor(2) / polímero conductor(1), como se puede ver en la figura 2, formado el encapsulado por dos capas, una de polielectrolito sólido, o gel que asegure la conducción iónica(5) y por una capa exterior de un polímero no permeable y flexible que selle el conjunto (6).

El electrolito líquido, sólido, o en forma de gel, proporciona los iones necesarios para que ocurran los procesos electroquímicos de oxidación y reducción, que originan las variaciones de volumen, dentro de las películas de polímero conductor al pasar la corriente eléctrica por el dispositivo. Como consecuencia se originan los movimientos mecánicos macroscópicos; todo ello convierte al dispositivo en un elemento electroquímico.

Aprovechando el movimiento de estos dispositivos y añadiéndoles un elemento de sujeción en su parte inferior, como puede ser un gancho o pinza de un material no muy pesado y resistente, el dispositivo se convierte en un elemento de elevación y arrastre vertical de objetos con un peso muy superior al propio peso del dispositivo. El dispositivo puede ser empleado como posicionador dentro de un sistema mecánico mayor, o como elementos micro-tensores en micro-electrónica o micro-robótica.

Breve descripción de los dibujos

Figura 1.- Esquema del dispositivo en su posición cerrada y abierta.

Figura 2.- Esquema de una de las tricapas del dispositivo recubierto por un encapsulado formado por una capa de polielectrolito sólido o gel y una capa exterior impermeable que sella el conjunto.

Figura 3.- Esquema del movimiento desarrollado por el dispositivo cuando las láminas externas actúan de anodo (se oxidan) y las internas de cátodo (se reducen), y viceversa cuando las externas se reducen y las internas se oxidan.

Figura 4.- Asociación longitudinal de varios dispositivos elementales.

Figura 5.- Asociación transversal de varios dispositivos elementales.

Figura 6.- Estructura tridimensional formada a partir de los dispositivos de apertura y cierre.

Figura 7.- Respuesta cronopotenciométrica durante el movimiento del dispositivo $\Delta I/I_0$: 0.6; corriente: 10 mA, en una disolución acuosa de LiClO_4 . 1M.

Figura 8.- Respuestas cronopotenciométricas del dispositivo en disoluciones acuosas de LiClO_4 de diferentes concentraciones (0.2M, 0.4M, 0.6M, 0.8M, 1M).

Figura 9.- Evolución de la energía consumida por el dispositivo que realiza un recorrido del 60% la longitud de este, en una disolución acuosa de LiClO_4 a diferentes concentraciones.

Figura 10.- Secuencia de fotografías del movimiento del dispositivo dentro de un medio acuoso LiClO_4 1M. Al cambiar el sentido de la corriente se obtiene el movimiento opuesto. Peso de las dos películas de polipirrol: 15.7 mgr; corriente que fluye a través del dispositivo: 10 mA

Forma de realización preferente de la invención

Los dispositivos electroquímico-mecánicos capaces de desarrollar movimientos longitudinales están basando en láminas de polímeros conductores que se obtienen sobre láminas metálicas de acero inoxidable, mediante procesos de electrosíntesis desde disoluciones que contienen un disolvente (o mezcla de disolventes), una sal y el monómero que por electropolimerización generará el polímero. El procedimiento ha sido descrito en la patente cuyo registro es P/8703162 donde se especifica la generación y características de estas películas. Los monómeros empleados pueden ser: pinol, tiofeno, anilina, derivados de estos monómeros básicos en los que se ha sustituido alguno de los hidrógenos por otros grupos químicos, etc. Como electrolitos se pueden emplear sales de iones pequeños, percloratos, cloruros, sulfatos; o de iones grandes, polielectrolitos, dodecil bencil sulfonatos, etc.

Mediante el uso de una película adherente se construyen tricapas: polímero conductor (1) / polímero adherente y flexible (2) / polímero conductor (1) como se puede ver en la figura 1; el polímero adherente se pega sobre la película de polímero conductor que recubre el metal, la bilamina se despegas del metal y por la segunda cara de la película adherente se pega sobre una segunda película de polímero conductor, despegando la tricapa del electrodo metálico. La película adherente sobresale por los extremos superior e inferior de la tricapa. En el extremo superior cada película de polímero conductor se conecta con hilo de cobre para permitir el contacto eléctrico. Estas tricapas son la base de partida para construir los nuevos dispositivos descritos en esta invención. Mediante combinación de dos tricapas, unidas por ambos extremos y trabajando en oposición hemos conseguido un dispositivo capaz de transformar los movimientos angulares de las tricapas en un movimiento lineal y un movimiento de válvula simultáneo, como se describirá a continuación.

Para formar el dispositivo simple que nos ocupa se colocan 2 capas triples frente a frente sujetas por su parte superior e inferior (se adhieren las partes sobresalientes de la película adherente) y se conectan a la fuente de corriente. Las láminas que van a estar cara a cara en la parte interior del dispositivo se conectan

entre sí, haciendo la función de contra-electrodo (3), y las láminas de polímero conductor que se encuentran en la parte exterior del dispositivo se conectan igualmente entre si (4) y harán la función de electrodo de trabajo.

Al pasar una corriente continua por el dispositivo con las láminas interiores actuando de cátodo, éstas se reducirán, contrayéndose y simultáneamente las dos láminas exteriores se oxidarán, expandiéndose.

El flujo de corriente constante provoca el movimiento angular de cada una de las tricapas en sentido contrario, empujándose la una a la otra, estos dos movimientos angulares opuestos se transforman en un movimiento lineal de la parte inferior que se va acercando al extremo superior. Al mismo tiempo que las tricapas se van separando entre si dando lugar a la formación de hueco circular entre ellas, como se ve en la figura 1-b.

Al invertir el sentido del flujo de la corriente, los procesos electroquímicos que ocurren en las láminas internas y externas de polímero conductor del dispositivo se invierten. Las tricapas se estiran y el extremo inferior del dispositivo se alejará de su extremo superior. El hueco circular entre las películas se va cerrando y estirando hasta recuperar su posición original. El desarrollo del movimiento del dispositivo simple se ha esquematizado en la figura 3.

El desplazamiento lineal que es capaz de desarrollar un dispositivo simple ha alcanzado hasta un 70% de la longitud inicial de este, pudiendo incluso llegar el 100%, es decir llegando a tocar el extremo inferior del dispositivo con el superior. Este dispositivo basado en polímero conductores y en la combinación de movimientos angulares, es capaz de arrastrar longitudinalmente cualquier peso que se le coloque en su extremo inferior, actuando como una nano-grúa, además de poder aprovechar la separación entre las láminas con obturador de canales o dispositivos.

Para el funcionamiento de estos dispositivos es necesario un entorno que garantice la conducción iónica, por lo que será necesario un electrolito líquido, sólido (la película adherente ha de ser, además, conductora) o en forma de gel, que proporcione los iones necesarios para que se produzcan los procesos electroquímicos de oxidación y reducción que originan las variaciones de volumen en las películas de polímero conductor al paso de una corriente eléctrica por el dispositivo.

Como electrolito líquido se utilizarán disoluciones acuosas u orgánicas con sales disueltas como por ejemplo: LiClO_4 . El dispositivo podrá sumergirse directamente en la disolución o cada una de las multicapas que forman el dispositivo son recubiertas por un encapsulado como se ve en la figura 2. Este encapsulado esta formado una capa fina de disolución electrolítica, un gel polimérico que contenga sales disueltas o un polielectrolito sólido (5) que asegura la conducción iónica, y por una capa exterior de un polímero no permeable y flexible (6) que sella el conjunto. Otra forma que pueden tener estos dispositivos es sustituyendo la película intermedia adherente y flexible de las multicapas por un material que permita la conducción iónica a través de ella, y así el dispositivo no tiene que estar rodeado de un medio electrolítico, pudiendo funcionar al aire, o en otro medio gaseoso.

Las películas de polímero conductor que forman

parte del dispositivo, pueden ser, polipirrol, polianilina, etc., polímeros de monómeros sustituidos, polímeros autodopantes, copolímeros conductores con polielectrolitos o con aniones orgánicos (paratoluensulfonato, polivinilsulfonato, etc.), o también el material actuador puede ser un gel conductor o un polímero piezoeléctrico o electrostrictivo.

Un dispositivo simple descrito hasta ahora puede asociarse con otros igual a él formando estructuras más complejas en dos dimensiones como se puede ver en las figuras 4 y 5 o en tres dimensiones (figura 6). De esta manera se pueden conseguir músculos artificiales, o dispositivos electroquimiomecánicos, de cualquier forma o tamaño mediante asociación en dos o tres dimensiones de elementos básicos como el descrito. De esta forma se aumenta el número de aplicaciones, ya que se podrían arrastrar pesos mayores, conseguir dispositivos cualquier tamaño y forma necesario para una determinada aplicación además de conseguir estructuras lo suficientemente grande que desarrollen el mismo movimiento de un músculo orgánico, es decir un movimiento de contracción-tracción macroscópico.

Todos los dispositivos, tanto los simples como las combinaciones de estos, admiten un rango de trabajo amplio tanto en densidades de corriente comprendidas entre 1 picoamperio/cm² y 30 A/cm², como en gradientes de potencial entre las películas actuadoras del dispositivo, que van de 1 mV hasta 50 KV. También es necesario añadir que estos dispositivos son capaces de actuar sin perder sus propiedades en un rango de temperaturas comprendido entre -50° C y 500°C.

Se observa (fig. 7) que a medida que transcurre el tiempo de flujo de la corriente la diferencia de potencial eléctrico entre las dos películas de polímero conductor del dispositivo va aumentando. Esto indica que va aumentando la resistencia del sistema, es decir, cada vez es más difícil que los contraiones penetren en la red del polímero debido a que ya existen contraiones dentro de la estructura compensando parte de las cargas positivas de las cadenas de polímero, y al incremento de las tensiones mecánicas provocadas por el movimiento sobre los materiales blandos constituyentes del dispositivo.

El dispositivo realiza el movimiento contrario, es decir descendente, recuperando su estado inicial al invertir el sentido de flujo de la corriente eléctrica.

Si el dispositivo trabaja en medios que contienen diferentes concentraciones de electrolito se observará que a medida que disminuye la concentración del electrolito, se produce un incremento del gradiente de potencial entre las dos películas de polímero conductor (fig. 8), por lo que el dispositivo es un sensor de la concentración.

La energía que se consume al realizar un recorrido completo, va a aumentar a medida que disminuye la concentración del electrolito sobre el que estamos trabajando, como se observa en la figura 9.

La figura 10 corresponde a una secuencia de fotografías del movimiento del dispositivo dentro de un medio acuoso LiClO_4 1M. Al cambiar el sentido de la corriente se obtiene el movimiento opuesto. Peso de las dos películas de polipirrol; 15.7 mgr; corriente que fluye a través del dispositivo: 10mA.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la preparación de un dispositivo de músculo artificial para desplazamientos longitudinales y de válvulas que consta de tricapas, formadas por polímero conductor/ polímero adherente y flexible/ polímero conductor, donde el polímero adherente se pega sobre la película de polímero conductor que recubre el metal, la lamina se despegas del metal y por la segunda cara de la película adherente se pega sobre una segunda película de polímero conductor, despegando la tricapa del electrodo metálico, la película adherente sobresale por los extremos superior e inferior de la tricapa y en el extremo superior cada película de polímero conductor se conecta con hilo de cobre para permitir el contacto eléctrico, y se **caracteriza** porque las tricapas descritas se combinan dos de ellas y se unen por ambos extremos para trabajar en oposición.

2. Procedimiento para la preparación de un dispositivo de músculo artificial para obtener desplazamientos longitudinales y de válvulas que de acuerdo con la reivindicación primera se **caracteriza** porque las dos capas triples frente a frente se sujetan por su parte superior e inferior adheriéndose las partes que sobresalen de la película adherente y se conectan a la fuente de corriente, las láminas que van a estar cara a cara en la parte interior del dispositivo, se conectan entre sí, haciendo la función de contraelectrodo, y las láminas de polímero conductor que se encuentran en la parte exterior del dispositivo se conectan igualmente entre sí y harán la función de electrodo de trabajo.

3. Procedimiento para la preparación de un dispositivo de músculo artificial para obtener desplazamientos longitudinales y de válvulas que de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, se **caracteriza** porque al conjunto se le hace pasar un flujo de corriente constante al objeto de que los procesos electroquímicos que se producen transformen los movimientos angulares opuestos de las tricapas en movimientos lineales de la parte inferior lo que al invertir el sentido

del flujo de corriente las tricapas se estiran.

4. Procedimiento para la preparación de un dispositivo de músculo artificial para obtener desplazamientos longitudinales y de válvulas que de acuerdo con las reivindicaciones anteriores y al objeto de garantizar la conducción iónica, por lo que será necesario un electrolito líquido o sólido que permita la conducción iónica a través de ella y así el dispositivo no tiene que estar rodeado de un medio electrolítico, pudiendo funcionar al aire o en otro medio gaseoso.

5. Procedimiento para la preparación de un dispositivo de músculo artificial para obtener desplazamientos longitudinales y de válvulas que de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, se **caracteriza** porque los materiales que se utilizan sobre las películas de polímero conductor que forman parte del dispositivo, pueden ser polipirrol, polianilina, etc, polímeros de monómeros sustituidos, polímeros autodo-pantes, copolímeros conductores con polielectrolitos o con aniones orgánicos (paratoluensulfonato, polibinilsulfonato, etc) o también el material actuador puede ser un gel conductor o un polímero piezoeléctrico o electrostrictivo.

6. Procedimiento para la preparación de un dispositivo de músculo artificial para obtener desplazamientos longitudinales y de válvulas, que según las reivindicaciones anteriores, se **caracteriza** porque el dispositivo simple puede asociarse con otros igual a él formando estructuras más complejas en dos dimensiones o en tres dimensiones.

7. Procedimiento para la preparación de un dispositivo de músculo artificial para obtener desplazamientos longitudinales y de válvulas, que de acuerdo con las reivindicaciones anteriores se **caracteriza** porque todos los dispositivos tanto los simples como las combinaciones de estos trabajan en densidades de corriente comprendidas entre un picoamperio/ cm^2 y 30 A/cm^2 y en gradientes de potencial entre las películas actuadoras del dispositivo que van de un mV hasta 50 Kv y con propiedades en un rango de temperaturas comprendidos entre -50° y 500° .

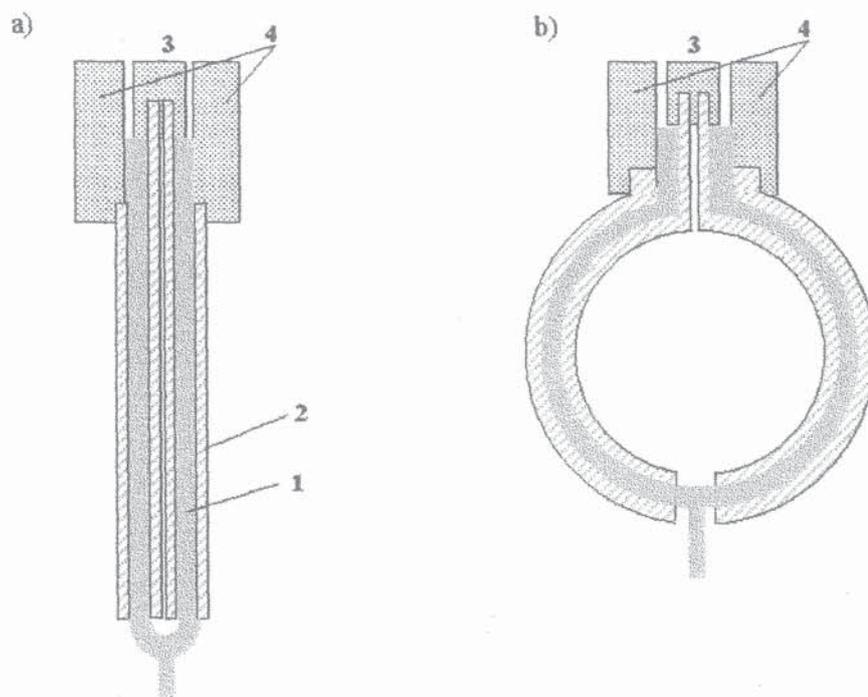


FIGURA 1

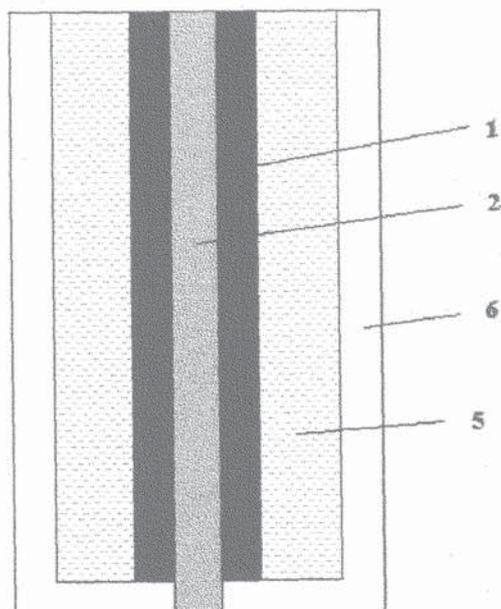


FIGURA 2

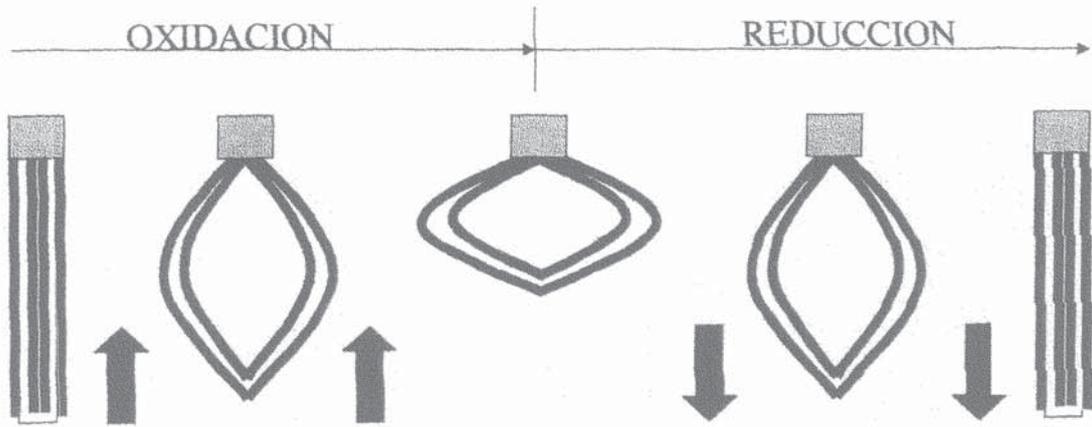


FIGURA 3

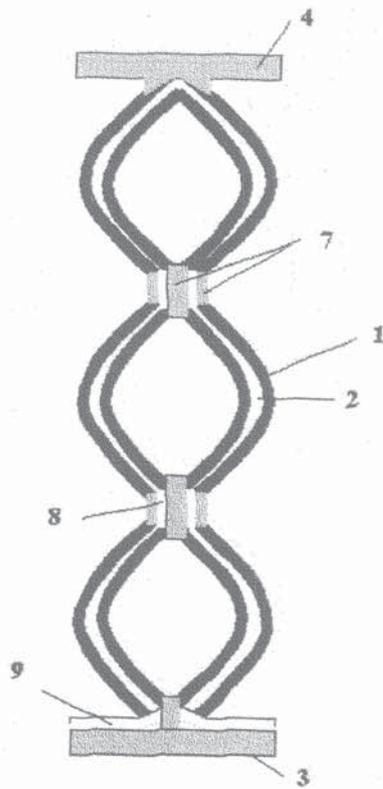


FIGURA 4

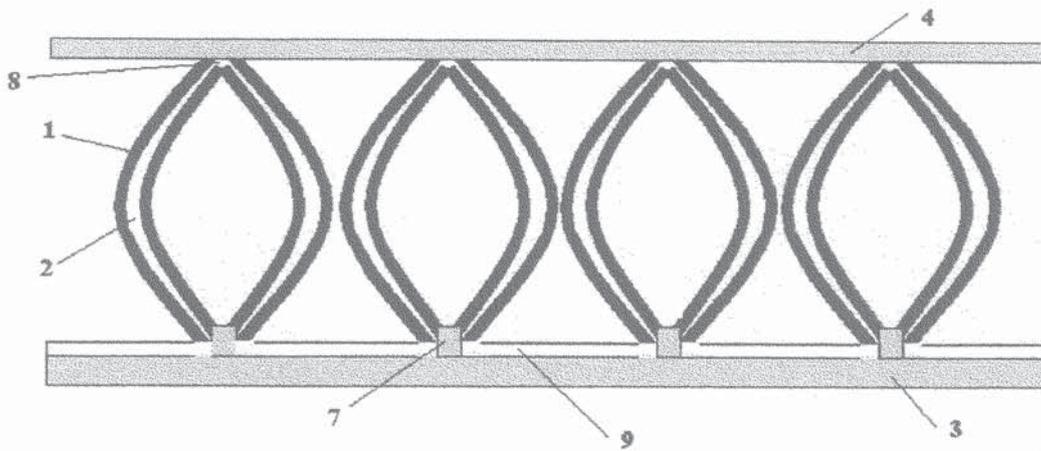


FIGURA 5

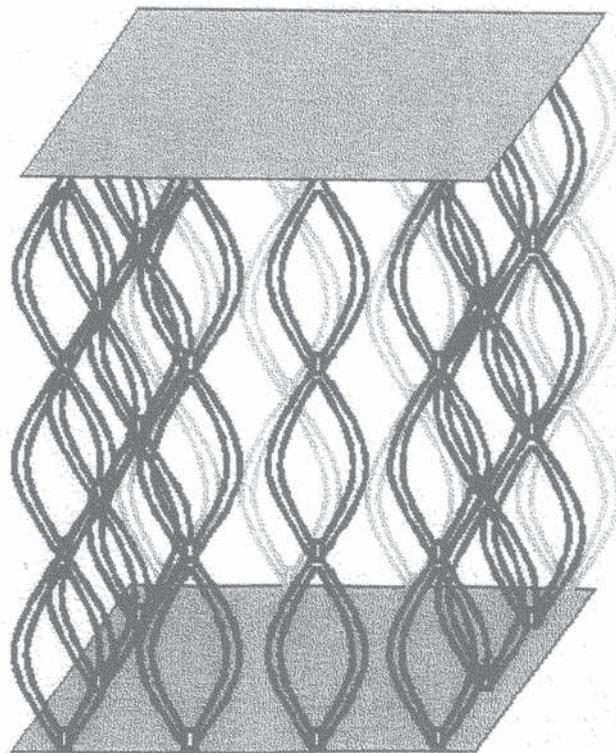


FIGURA 6

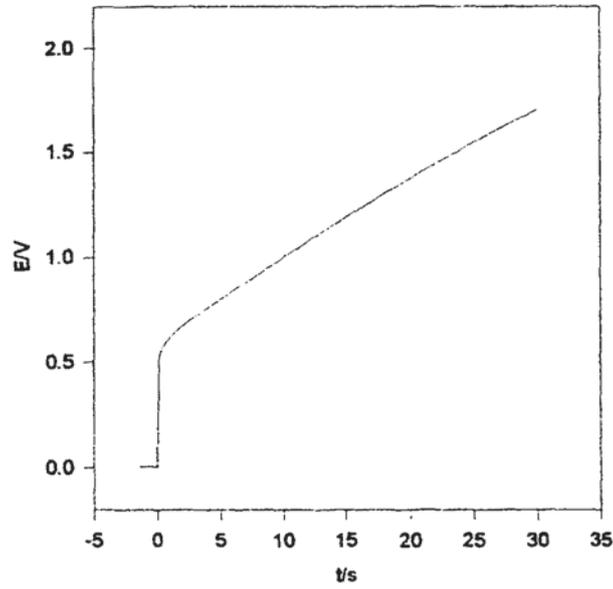


FIGURA 7

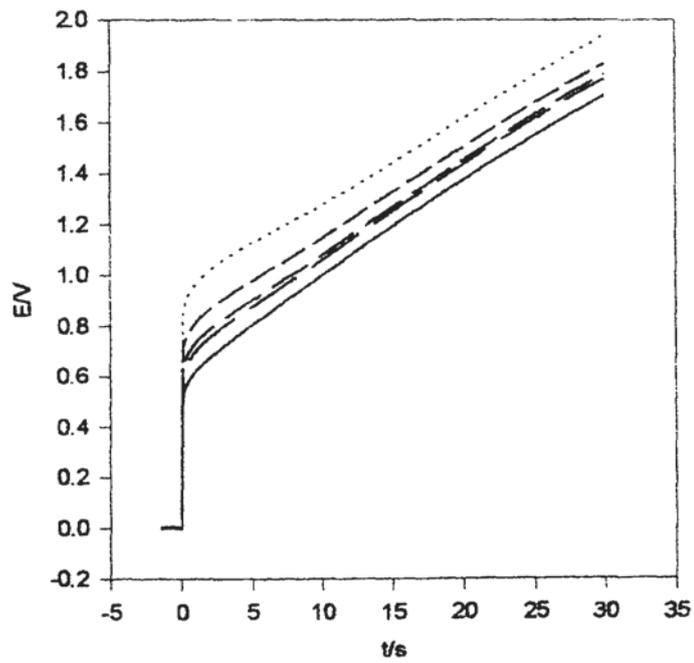


FIGURA 8

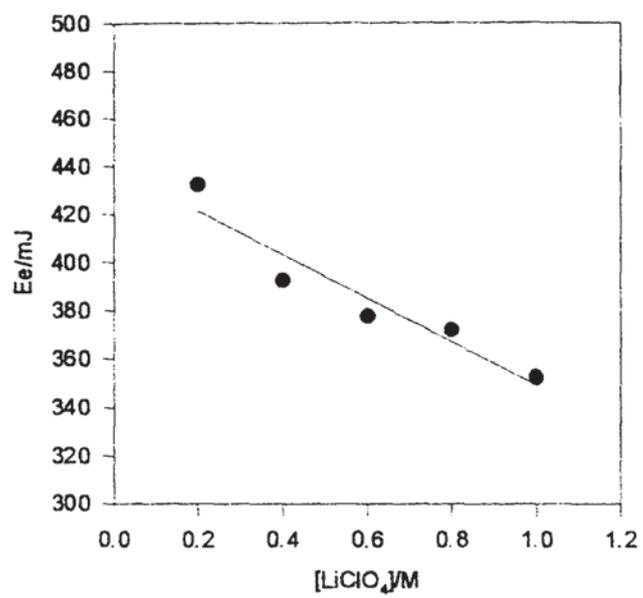


FIGURA 9

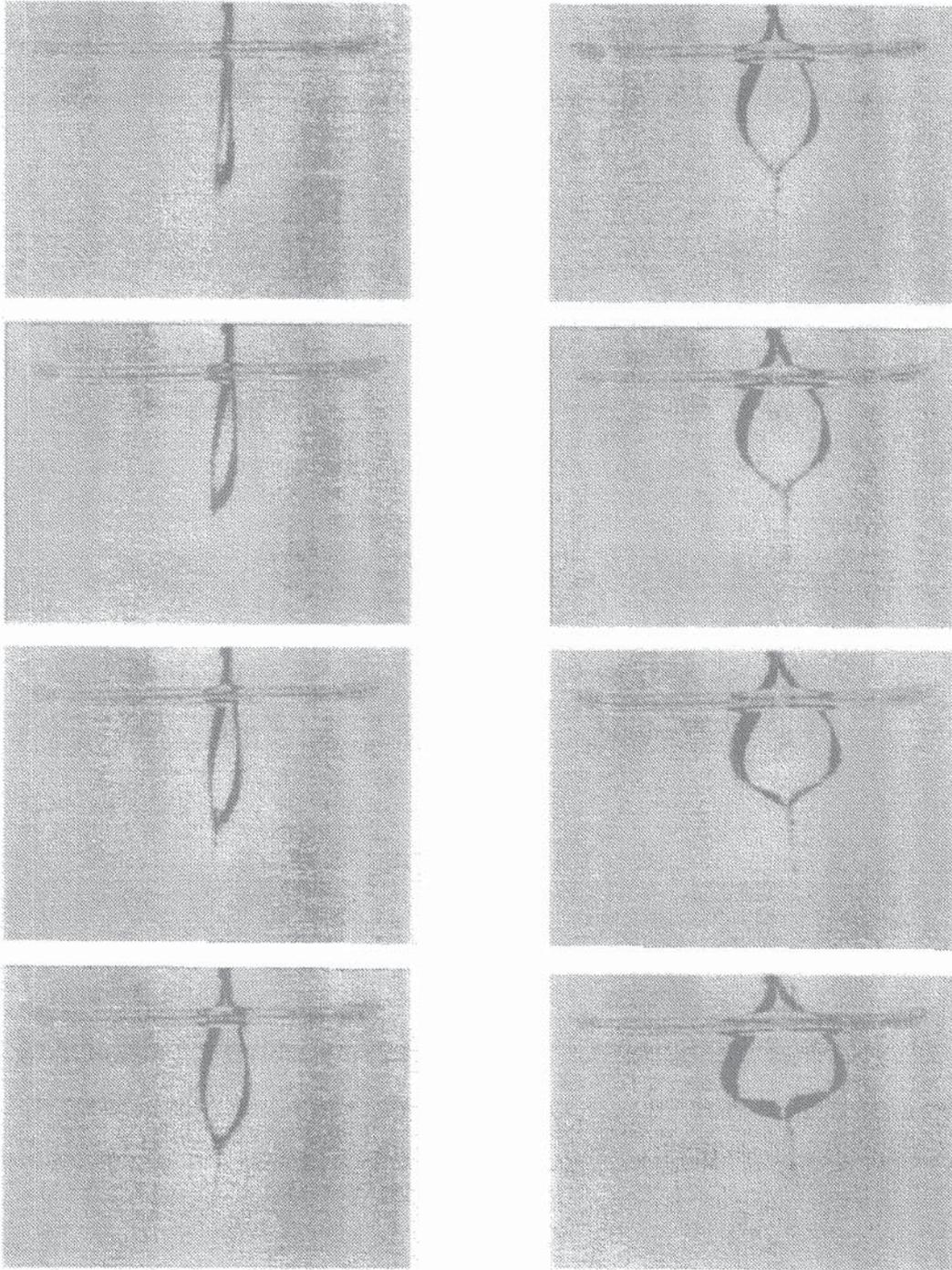


FIGURA 10



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 233 171

② Nº de solicitud: 200300800

③ Fecha de presentación de la solicitud: **04.04.2003**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.7: H01B 1/12, B25J 9/10, F01B 19/00

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	ES 2062930 A1 (UNIV. PAÍS VASCO) 16.12.1994, todo el documento.	1-7
A	US 6109852 A (M. SHAHINPOOR et al.) 29.08.2000, figuras 1-3.	1-7
A	EP 924033 A1 (KANETO, K.; KANEKA MEDIX CORP.) 23.06.1999, páginas 3-5; figuras.	1-7

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

22.04.2005

Examinador

E. Dávila Muro

Página

1/1