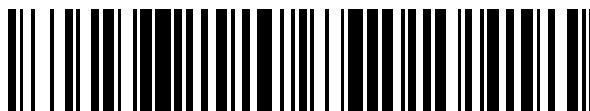


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 488 399**

51 Int. Cl.:

G02F 1/153

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2010** **E 10713059 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.06.2014** **EP 2414892**

54 Título: **Dispositivos electrocrómicos flexibles, electrodos para los mismos, y método de fabricación**

30 Prioridad:

31.03.2009 US 165190 P

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

27.08.2014

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF CONNECTICUT (100.0%)
263 Farmington Avenue, MC-6207
Farmington, CT 06030, US**

72 Inventor/es:

**SOTZING, GREGORY A. y
INVERNALE, MICHAEL A.**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 488 399 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

Dispositivos electrocrómicos flexibles, electrodos para los mismos, y método de fabricación

5 Antecedentes

La presente divulgación se refiere en general a dispositivos electrocrómicos, a electrodos para los mismos, y a métodos de formación de los electrodos.

- 10 Un dispositivo electrocrómico es una celda electrolítica de dos (o más) electrodos, autónoma que incluye un electrolito y uno o más materiales electrocrómicos. Los materiales electrocrómicos pueden ser orgánicos o inorgánicos, y cambian de forma reversible el color visible cuando se oxidan o se reducen en respuesta a un potencial eléctrico aplicado. Por lo tanto, los dispositivos electrocrómicos se construyen con el fin de modular la radiación electromagnética incidente a través de transmisión, absorción o reflexión de la luz tras la aplicación de un campo eléctrico a través de los electrodos. Los electrodos y los materiales electrocrómicos utilizados en los dispositivos dependen del tipo de dispositivo, es decir, de absorción/transmisión o de absorción/reflexión.

Los dispositivos electrocrómicos de absorción/transmisión por lo general funcionan mediante el cambio de forma reversible de los materiales electrocrómicos entre estados coloreados y blanqueados (incolores). Los materiales electrocrómicos habituales utilizados en estos dispositivos incluyen óxido de estaño dopado con indio (ITO), óxido de estaño dopado con flúor (SnO_2 : F), poli(3,4-etilendioxitiofeno):poli(sulfonato de estireno) (PEDOT-PSS), y nanotubos de carbono de una sola pared (SWNT). Se han construido dispositivos electrocrómicos flexibles de este tipo utilizando una capa de sustrato flexible de tereftalato de polietileno (PET), una capa transparente de ITO como electrodo de trabajo, y una tercera capa de PEDOT-PSS como el contraelectrodo. Los inconvenientes con ITO incluyen un coste elevado y una flexibilidad menor en comparación con PEDOT-PSS. PEDOT-PSS, sin embargo, experimenta un valor de conductividad más baja en comparación con ITO. Un inconveniente adicional de los dispositivos de ITO para algunas aplicaciones es que para que la luz pase a través del dispositivo, los electrodos deben ser transparentes.

30 Los dispositivos electrocrómicos de tipo absorción/reflexión por lo general contienen un metal reflectante como un electrodo. El polímero electrocrómico se deposita sobre este electrodo y se enfrenta hacia el exterior para permitir que la luz incidente se refleje en la superficie del polímero/electrodo. El contraelectrodo se sitúa por detrás del electrodo activo. Se pueden usar electrodos y materiales electrocrómicos similares en estos dispositivos reflectantes, en particular, de ITO y de PEDOT-PSS.

35 La presente divulgación aborda el reto permanente de la fabricación de dispositivos flexibles electrocrómicos sin ITO que presentan una o más propiedades ventajosas, tales como el cambio rápido, alto contraste, flexibilidad, y en algunos casos, capacidad de estiramiento. Sería una ventaja adicional si dichos dispositivos no necesitaran un electrodo transparente o un sustrato conductor transparente.

40 En la técnica anterior, el documento WO 2008/066458A1 desvela circuitos electrónicos integrados en tejidos que incluyen pantallas electrónicas de acción.

45 Breve resumen

Las necesidades que se han descrito anteriormente y otras se satisfacen con una fibra o tejido electrocrómico que comprende una fibra flexible conductora de la electricidad, y una capa que comprende un material electrocrómico colocado sobre y alrededor de la fibra flexible conductora de la electricidad. En una realización, la fibra o el tejido es un polímero natural o sintético que se ha vuelto conductor de la electricidad, por ejemplo mediante revestimiento con un material conductor de la electricidad, o mediante impregnación de un tejido con partículas conductoras de la electricidad. Los polímeros que conducen la electricidad se pueden usar como el material conductor de la electricidad, por ejemplo PEDOT-PSS. En una realización particularmente ventajosa, la fibra o el tejido es tanto flexible como elástico. La invención con relación a la fibra o al tejido electrocrómico se define en la reivindicación 1 adjunta.

55 Además, se describen dispositivos electrocrómicos que comprenden las fibras y tejidos electrocrómicos que se han descrito anteriormente. En una realización, se describen dispositivos electrocrómicos que tienen fibras electrocrómicas dirigidas individualmente. Los dispositivos son especialmente útiles en la fabricación de prendas de vestir o en componentes de prendas de vestir. La invención con relación al dispositivo electrocrómico se define en la reivindicación 5 adjunta.

60 Además, se describen métodos para la fabricación de las fibras y tejidos electrocrómicos. En una realización, un método de formación de una fibra o tejido flexible electrocrómico, comprende la colocación de un material electrocrómico sobre una superficie de una fibra o tejido conductor de la electricidad para formar una capa electrocrómica en la superficie de la fibra o tejido conductor de la electricidad. La colocación del material electrocrómico puede comprender la colocación de un precursor de electrocrómico monomérico, y la polimerización

del precursor electrocrómico para formar una capa electrocrómica de polímero sobre la superficie de la fibra o tejido conductor de la electricidad. La invención con relación al método de formación de una fibra o tejido flexible electrocrómico se define en la reivindicación 11 adjunta

5 Breve descripción de las figuras

Los componentes de las figuras no están necesariamente a escala, haciéndose énfasis en ilustrar claramente los principios de las realizaciones que se describen en el presente documento. Además, en las figuras, los mismos números de referencia designan partes correspondientes a través de las distintas vistas.

La FIG. 1 es una vista esquemática en sección transversal de una fibra conductora de la electricidad a modo de ejemplo que comprende un filamento no conductor de la electricidad y una capa exterior de un material conductor de la electricidad.

La FIG. 2 es una vista esquemática en sección transversal de una fibra conductora de la electricidad a modo de ejemplo que comprende cuatro filamentos no conductores (por ejemplo, polímero orgánico no conductor) combinados con tres filamentos conductores de la electricidad (por ejemplo, metal conductor de la electricidad).

La FIG. 3 es una vista esquemática en sección transversal de un electrodo de fibra electrocrómica a modo de ejemplo.

La FIG. 4 es una vista esquemática en sección transversal de un tejido electrocrómico a modo de ejemplo en forma de una lámina ondulada, y que comprende un electrodo de fibra electrocrómica.

La FIG. 5 es una vista en sección transversal esquemática, ampliada de un dispositivo electrocrómico a modo de ejemplo que comprende el tejido electrocrómico de la FIG. 4.

La FIG. 6 es una vista en sección transversal esquemática, ampliada de otro dispositivo electrocrómico a modo de ejemplo que comprende el tejido electrocrómico de la FIG. 4.

La FIG. 7 es una vista esquemática en perspectiva de un electrodo electrocrómico de tejido a modo de ejemplo.

La FIG. 8 es una vista esquemática en sección transversal de un electrodo de tejido electrocrómico.

La FIG. 9 es una vista esquemática en sección transversal de un electrodo de tejido electrocrómico que contiene materiales electrocrómicos colocados en ambas caras de un tejido conductor, y los efectos del cambio de polaridad en el color del material electrocrómico

La FIG. 10 es una vista en sección transversal esquemática que ilustra un dispositivo electrocrómico a modo de ejemplo que comprende un electrodo de tejido electrocrómico.

La FIG. 11 es una vista en sección transversal esquemática que ilustra un dispositivo electrocrómico a modo de ejemplo que comprende dos electrodos de tejido electrocrómico.

La FIG. 12 es una vista esquemática en sección transversal de un dispositivo electrocrómico a modo de ejemplo que comprende dos electrodos de tejido electrocrómico y un electrodo de tejido no electrocrómico.

La FIG. 13 de fotografías que muestran los estados neutro y oxidado de un dispositivo electrocrómico de dos capas.

Descripción detallada

La presente divulgación se refiere a electrodos flexibles y a dispositivos electrocrómicos (CE). En una realización, un electrodo flexible comprende una fibra flexible conductora de la electricidad revestida con un polímero electrocrómico. La fibra flexible conductora de la electricidad se puede usar como electrodos individuales, que se pueden dirigir independientemente en un tejido, o se puede usar para fabricar un electrodo de tejido que comprende una pluralidad de las fibras flexibles conductoras de la electricidad.

En otra realización, un electrodo flexible electrocrómico comprende un tejido flexible, no conductor de la electricidad que se vuelve conductor de la electricidad y electrocrómico. En una forma de realización, el tejido está recubierto o impregnado con un material conductor de la electricidad, y a continuación se reviste con un material electrocrómico.

De forma ventajosa, los dispositivos y los electrodos mencionados anteriormente poseen una flexibilidad mejorada. Además, la presente divulgación se refiere a dispositivos electrocrómicos que son tanto flexibles como elásticos, es decir, se pueden estirar de forma reversible de modo que después de la retirada de una fuerza de estiramiento, el dispositivo se relaja a sus dimensiones anteriores al estiramiento. En una realización, el dispositivo se puede estirar de forma reversible en al menos una dimensión sin deterioro significativo de las propiedades electrocrómicas. Los dispositivos electrocrómicos flexibles, elásticos comprenden un electrodo que está fabricado a partir de una fibra o tejido flexible, elástico revestido con un polímero conductor de la electricidad y electrocrómico.

Los electrodos y dispositivos mencionados anteriormente no requieren un óxido de estaño dopado con indio (ITO). Mediante la sustitución del ITO, el coste del electrodo se reduce considerablemente. Los dispositivos electrocrómicos se pueden manejar en un modo de reflexión, y por lo tanto no requieren un electrodo transparente o sustrato conductor transparente. Los dispositivos también presentan buenos tiempos de intercambio, cambio de color de forma reversible como respuesta a un potencial eléctrico aplicado en menos de un segundo. El cambio de color puede variar dependiendo de la polaridad del campo aplicado.

Los dispositivos y electrodos electrocrómicos que se han descrito anteriormente son particularmente útiles en

prendas de vestir y en otras aplicaciones que requieren flexibilidad y/o elasticidad.

En una primera realización, los dispositivos electrocrómicos contienen electrodos formados a partir de fibras conductoras de la electricidad que están revestidas con un polímero electrocrómico, o fibras no conductoras de la electricidad que están revestidas con un material electrocrómico, conductor de la electricidad. El término "fibra" tal como se usa en el presente documento incluye fibras de un solo filamento y de filamentos múltiples, es decir, fibras hiladas, tejidas, de punto, de ganchillo, anudadas, prensadas, plegadas o similares a partir de múltiples filamentos. No se hace restricción en particular sobre la longitud de la fibra conductora, aparte de las consideraciones prácticas basadas en consideraciones de fabricación y uso previsto. Del mismo modo, no se hace restricción en particular sobre la anchura (diámetro en sección transversal) de las fibras conductoras, distintas a las basadas en consideraciones de fabricación y uso. La anchura de la fibra puede ser básicamente constante, o puede variar a lo largo de su longitud. Para muchos fines, las fibras pueden tener un diámetro de sección transversal más grande de 2 nanómetros y más grande, por ejemplo de hasta 2 centímetros, específicamente de 5 nanómetros a 1 centímetro. En una realización, las fibras pueden tener un diámetro de la sección transversal más grande de 5 a 500 micrómetros, más particularmente, de 5 a 200 micrómetros, de 5 a 100 micrómetros, de 10 a 100 micrómetros, de 20 a 80 micrómetros, o de 40 a 50 micrómetros. En una realización, la fibra conductora tiene un diámetro circular más grande de 40 a 45 micrómetros. Además, no se hace restricción sobre la forma de la sección transversal de la fibra conductora, con la condición de que las propiedades deseables tales como comportamiento electrocrómico, flexibilidad, y/o capacidad de estiramiento no se vean afectadas de forma adversa. Por ejemplo, la fibra conductora puede tener una forma en sección transversal de un círculo, elipse, cuadrado, rectángulo, o forma irregular.

Cuando se usan fibras conductoras de la electricidad, las fibras comprenden un material conductor de la electricidad tal como un metal, un material orgánico conductor de la electricidad, o una combinación de los mismos. General, los metales tienen una conductividad del orden de 10^4 Siemens por centímetro (S/cm) o superior, mientras que los materiales orgánicos conductores tienen por lo general una conductividad del orden de 10^{-1} to 10^3 S/cm.

Los metales conductores de la electricidad a modo de ejemplo que se pueden formar en fibras flexibles incluyen plata, cobre, oro, hierro, aluminio, cinc, níquel, estaño, y combinaciones que comprenden al menos uno de los metales anteriores. Se puede usar hierro y aleaciones de hierro, tales como acero inoxidable (una aleación de carbono, hierro, y cromo). En una realización, las fibras consisten básicamente en un metal o aleación de metal tal como acero inoxidable. En otra realización, la fibra consiste en un metal o aleación de metal tal como acero inoxidable.

Los materiales orgánicos conductores de la electricidad a modo de ejemplo que se pueden formar en fibras flexibles incluyen polímeros conjugados, tales como poli(tiofeno), poli(pirrol), poli(anilina), poli(acetileno), poli(p-fenilenvinileno) (PPV), PEDOT-PSS, y similares.

Además, se pueden usar fibras conductoras de la electricidad formadas a partir de fibras no conductoras que se han transformado en conductoras de la electricidad. En una realización, tal como se muestra en la FIG. 1, la fibra 20 es una fibra no conductora 22 que se ha revestido con una capa de un material conductor 24. Las fibras no conductoras a modo de ejemplo incluyen las conocidas para uso en la fabricación de tejidos, incluyendo materiales naturales (por ejemplo, algodón, seda, y lana) y polímeros orgánicos sintéticos (por ejemplo, poli(amida) (nylon), poli(etileno), poli(éster), poli(acrílico), poliuretano (spandex), poli(lactida), y similares). Las fibras específicas de este tipo incluyen una fibra de nailon o de spandex. Los materiales conductores de metal y de polímero orgánico que se han descrito anteriormente se pueden usar para revestir las fibras no conductoras. La fibra de nailon o de spandex está revestida con un metal conductor tal como un acero inoxidable. Las fibras revestidas se pueden usar como una fibra tal como se describe en el presente documento, o al menos dos fibras revestidas se pueden Se pueden tejer, hacer de punto, hacer de ganchillo, anudar, prensar, o plegar para formar una fibra de múltiples filamentos. Además, es posible tener múltiples fibras no conductoras formadas en un hilo, y a continuación se pueden revestir con un material conductor. Esta construcción se puede usar como una fibra, o se puede tejer, hacer de punto, hacer de ganchillo, anudar, prensar, o plegar para formar una fibra de múltiples filamentos.

Como alternativa, una combinación de fibras conductoras o no conductoras de la electricidad se puede usar para formar una fibra conductora de la electricidad. Un ejemplo se muestra en la FIG. 2, que es una vista en sección transversal de una fibra conductora 30 que comprende cuatro fibras de polímeros orgánicos naturales o sintéticos 32 hilados con tres fibras metálicas conductoras 34. La FIG. 2 pretende ser ilustrativa y no limitante; la fibra conductora de la electricidad 30 puede comprender una o más fibras de polímeros orgánicos y uno o más filamentos metálicos hilados en conjunto para formar una fibra conductora. Se puede usar cualquier disposición en sección transversal de la fibra de polímero orgánico y los filamentos de metal conductores, con la condición de que los filamentos de metal conductores se coloquen con el fin de proporcionar la conductividad necesaria a la fibra. Además, una o más fibras no conductoras de la electricidad se envuelven con una fibra conductora de la electricidad, cinta, o cinta adhesiva.

Además, en otra realización, cualquiera de las fibras no conductoras a modo de ejemplo que se desvelan en el presente documento se pueden revestir con un polímero conductor de la electricidad, por ejemplo, polímeros conjugados tales como poli(tiofeno), poli(pirrol), poli(anilina), poli(acetileno), poli(p-fenilenvinileno) (PPV), PEDOT-PSS, y similares. En una realización específica, una fibra elástica, flexible se reviste con un material conductor de la

electricidad tal como PEDOT-PSS, poliestirensulfonato de politieno[3,4-*b*]tiofeno sulfonado, las diversas poli(anilina)s (por ejemplo, las comercializadas por Enthone con el nombre comercial ORMECON), y similares. En una realización específica, una fibra de nailon o spandex se reviste con PEDOT-PSS.

Las fibras conductoras de la electricidad (que, tal como se usan en el presente documento, incluyen fibras no conductoras de la electricidad que se hacen conductoras de electricidad) se revisten con un material electrocrómico tal como se describe con más detalle a continuación para proporcionar una fibra electrocrómica, conductora de la electricidad. El espesor de la capa conductora de la electricidad y electrocrómica dependerá de factores tales como el tipo de fibra, el tipo de electrolito, el tipo de material conductor de la electricidad y electrocrómico, la configuración del dispositivo, requisitos de rendimiento, y consideraciones similares, y un experto en la materia lo puede determinar fácilmente sin experimentación indebida usando la directriz del presente documento. En una realización, la capa conductora de la electricidad y electrocrómica tiene un espesor de 0,1 a 10 micrómetros, más específicamente de 0,1 a 6 micrómetros, y aún más específicamente de 3 a 6 micrómetros.

La fibra electrocrómica, conductora de la electricidad se puede usar en forma de una sola fibra, un hilo, o un tejido. Un "hilo" tal como se usa en el presente documento es una hebra de múltiples fibras formada a partir de dos o más de las fibras, electrocrómicas conductoras de la electricidad mediante una diversidad de medios, que incluyen pero no se limitan a hilado, trenzado, tejido de punto, ganchillo, anudado, prensado, y plegado. Por conveniencia en el análisis posterior, la expresión "fibra electrocrómica" se usa para hacer referencia a las fibras e hilos electrocrómicos, conductores de la electricidad. Se debe entender que esta expresión incluye fibras conductoras de la electricidad revestidas con un material electrocrómico; fibras no conductoras de la electricidad que se han vuelto conductoras de la electricidad y recubiertas con un material electrocrómico; e hilos que comprenden uno o más de los anteriores tipos de fibras. Los hilos electrocrómicos, conductores de la electricidad se pueden usar en lugar de o además de las fibras electrocrómicas, conductoras de la electricidad. Además, las fibras electrocrómicas se pueden usar en la fabricación de un tejido. El tejido se puede tejer (por ejemplo, una malla, sarga, satén, cesta, tejido de leno o de falso leno) o no tejer (por ejemplo, un fieltro, en el que las fibras se enredan).

En una realización, las fibras electrocrómicas se usan como un electrodo en un dispositivo electrocrómico. Cuando se usa como un electrodo, la fibra electrocrómica está revestida con una capa de electrolito (que se describe con más detalle a continuación). La FIG. 3 es una vista esquemática en sección transversal de un electrodo de fibra electrocrómica 50 que comprende una fibra conductora 52, por ejemplo, una fibra de acero inoxidable, una capa electrocrómica 54 que comprende un material electrocrómico colocado sobre la fibra conductora 52, y una capa de electrolito 56 que comprende un electrolito (por ejemplo, un electrolito de gel) colocado sobre la capa electrocrómica 54. Aunque la fibra conductora 52 se muestra como un solo núcleo, se puede usar cualquier configuración de una fibra conductora de la electricidad.

El espesor de la capa electrocrómica 54 dependerá de factores tales como el tipo de fibra conductora de la electricidad, el tipo de electrolito, el tipo de material electrocrómico, la configuración del dispositivo, los requisitos de rendimiento, y consideraciones similares, y un experto habitual en la materia lo puede determinar fácilmente sin experimentación indebida usando la directriz del presente documento. En una realización, la capa electrocrómica 54 tiene un espesor de 0,1 a 10 micrómetros, más específicamente de 0,1 a 6 micrómetros, e incluso más específicamente de 3 a 6 micrómetros.

Como alternativa, la fibra 52 puede ser no conductora, por ejemplo, una fibra de spandex, y la capa 54 puede ser una capa conductora de la electricidad y electrocrómica tal como PEDOT-PSS.

En cualquier realización, el espesor de la capa de electrolito de gel 56 dependerá de factores tales como el tipo de fibra electrocrómica, el tipo de electrolito, la configuración del dispositivo, los requisitos de rendimiento, y consideraciones similares, y un experto habitual en la materia lo puede determinar fácilmente sin experimentación indebida usando la directriz del presente documento. En una realización, la capa de electrolito de gel tiene un espesor de 10 a 500 micrómetros, más específicamente de 10 a 200 micrómetros, de 20 a 150 micrómetros, o de 50 a 100 micrómetros.

Los dispositivos electrocrómicos que comprenden uno o más de los electrodos de fibra electrocrómica se desvelan en el presente documento. La FIG. 4 es una vista en perspectiva esquemática de un tejido a modo de ejemplo 60 en forma de una lámina de tejido, que comprende un primer electrodo de fibra electrocrómica 62 tal como ser descrito anteriormente y un segundo electrodo de fibra 64. El primer electrodo de fibra electrocrómica 62 puede ser, por ejemplo, un material elástico, flexible, tal como spandex o nailon, revestido con un material conductor de la electricidad tal como PEDOT-PSS, y travestido adicionalmente con un material electrocrómico.

En una realización, el segundo electrodo de fibra 64 también es un electrodo de fibra electrocrómica tal como se ha descrito anteriormente. El segundo electrodo electrocrómico de fibra 64 puede ser, por ejemplo, un material elástico, flexible, tal como spandex o nailon, revestido con un material conductor de la electricidad tal como PEDOT-PSS, y revestido adicionalmente con un material electrocrómico. En otra realización, el segundo electrodo de fibra 64 es un electrodo de fibra que no es electrocrómico. Un electrodo de fibra no electrocrómico a modo de ejemplo comprende una fibra conductora, por ejemplo, una fibra de acero inoxidable, y una capa de electrolito que comprende un

electrolito colocado sobre la fibra conductora. Cualquiera de las fibras conductoras de la electricidad a modo de ejemplo que se han descrito anteriormente se puede usar como la fibra conductora.

El primer electrodo de fibra electrocrómica 62 y el segundo electrodo de fibra 64 se pueden dirigir electrónicamente de forma independiente. Cuando tanto el primer electrodo de fibra electrocrómica 62 como el segundo electrodo de fibra 64 son cada uno electrocrómico, cada uno puede presentar el mismo color o una visible diferente como respuesta a un potencial eléctrico aplicado.

Aunque el primer electrodo de fibra electrocrómica 62 y el segundo electrodo de fibra 64 se muestran en una relación tejida perpendicular en la FIG. 4, también es posible que cada uno de los electrodos de fibra 62 y 64 se puedan co-tejer o enredar en una relación no perpendicular, con la condición de que una porción de cada uno de los electrodos de fibra electrocrómica estén en contacto. Además, cada uno de los electrodos de fibra sin marcar que componen el patrón de tejido pueden ser independientemente electrodos de fibra electrocrómica o electrodos de fibra no electrocrómica. Aunque en la FIG. 4 se ilustra un tejido fabricado mediante tejido, los electrodos de tejido sin tejer que comprenden uno o más electrodos de fibra de electrocrómica también están dentro del alcance de la presente divulgación. En una realización, una pluralidad de fibras conductoras de la electricidad, electrocrómicas están presentes en el tejido fabricado mediante tejido o sin tejer. En otra realización, la mayoría (más de un 50 %) de las fibras presentes en el tejido fabricado mediante tejido o sin tejer son electrocrómicas, más específicamente más de un 75 %, e incluso más específicamente más de un 90 % de las fibras presentes en el electrodo de tejido fabricado mediante tejido o sin tejer son electrocrómicas. Como alternativa, todas las fibras del electrodo en el tejido fabricado mediante tejido o sin tejer pueden ser electrocrómicas.

La FIG. 5 es una vista esquemática en sección transversal ampliada de un dispositivo electrocrómico a modo de ejemplo 70 que comprende un tejido fabricado mediante tejido tal como se muestra en la FIG. 4 en el que los electrodos de fibra 72 y 74 se pueden dirigir independientemente. El tejido fabricado mediante tejido comprende un primer electrodo de fibra electrocrómica 72 tejido en una primera dirección, primer electrodo de fibra que comprende una primera fibra conductora de la electricidad 78, una primera capa electrocrómica 80 que comprende un primer polímero electrocrómico colocado sobre la fibra conductora de la electricidad 78, y una primera capa de electrolito de gel 84 que comprende un primer electrolito de gel colocado sobre la primera capa electrocrómica 80. Un segundo electrodo de fibra 74 se teje en otra dirección (es decir, perpendicular tal como se muestra en la FIG. 4). El segundo electrodo de fibra 74 puede comprender una segunda fibra conductora de la electricidad 76 (por ejemplo, una fibra de acero inoxidable), una segunda capa electrocrómica 92 que comprende un segundo polímero electrocrómico colocado sobre una segunda fibra conductora de la electricidad 76 (por ejemplo, una fibra de acero inoxidable), y una segunda capa de electrolito de gel 82 que comprende un segundo electrolito de gel colocado sobre una segunda capa electrocrómica 92. Aunque se muestra un tejido fabricado mediante tejido que tiene las fibras en relación perpendicular, las fibras se pueden orientar en cualquier dirección con respecto a las otras.

El circuito conductor 88 conecta el primer electrodo de fibra electrocrómica 72 y el segundo electrodo de fibra 74 al generador de potencial eléctrico 90. La junta 86 proporciona una superficie de contacto conductora entre el primer y segundo electrodos de fibra 72 y 74. La junta 86 se puede formar por tratamiento térmico del tejido a una temperatura suficiente para fundir la primera y la segunda capas de electrolito de gel de 82 y 84 en un punto de intersección del primer electrodo de fibra electrocrómica 72 y el segundo electrodo de fibra 74, formando de este modo una trayectoria conductora continua de un electrodo de fibra al otro.

En una realización alternativa del dispositivo electrocrómico 70 de la FIG. 5, la FIG. 6 es una vista en sección transversal esquemática ampliada de un dispositivo electrocrómico 100 que comprende un primer electrodo de fibra electrocrómica 101 y un segundo electrodo de fibra 102, que es un electrodo no electrocrómico, conductor de la electricidad. A diferencia del segundo electrodo de fibra de la FIG. 5, el segundo electrodo de fibra de 102 no comprende una capa electrocrómica o una capa de electrolito de gel colocada sobre la fibra conductora de la electricidad. El dispositivo electrocrómico 100 comprende el primer electrodo de fibra electrocrómica 101 tejida en una primera dirección, primer electrodo de fibra que comprende una primera fibra conductora de la electricidad 103, una primera capa electrocrómica 104 que comprende un primer polímero electrocrómico colocado sobre la fibra conductora de la electricidad 103, y una primera capa de gel de electrolito 105 que comprende un primer electrolito de gel colocado sobre la primera capa electrocrómica 104. El segundo electrodo de fibra 102 se teje en otra dirección (es decir, perpendicular tal como se muestra en la FIG. 4). El segundo electrodo de fibra 102 comprende una segunda fibra conductora de la electricidad 106. La fibra conductora de la electricidad 106 puede ser cualquiera de los materiales conductores de la electricidad que se han descrito anteriormente, tales como un metal conductor que la electricidad (por ejemplo, acero inoxidable), un material orgánico conductor de la electricidad, una fibra no conductora que se ha vuelto conductora de la electricidad (por ejemplo, fibra de nailon o espadex revestida con PEDOT-PSS), y similares. Una vez más, aunque se muestra un tejido fabricado mediante tejido que tiene las fibras en relación perpendicular, las fibras se pueden orientar en cualquier dirección con respecto a las otras.

El circuito conductor 107 conecta el primer electrodo de fibra electrocrómica 101 y el segundo electrodo de fibra 102 al generador de potencial eléctrico 108. En lugar de necesitar una junta tal como se muestra en la FIG. 5, se puede formar una superficie de contacto conductora entre el primer y segundo electrodos de fibra 101 y 102 mediante contacto de presión simple entre la fibra conductora de la electricidad 106 y la primera capa de electrolito de gel 105. El contacto en el punto de intersección del primer electrodo de fibra electrocrómica 101 y el segundo electrodo de

fibra 102 forma una trayectoria conductora continua desde el electrodo de una fibra a la otra.

Un método para formar un electrodo tal como se muestra en la FIG. 4 comprende el tejido de un primer electrodo de hilo y un segundo electrodo de hilo; en el que el primer electrodo de hilo y el segundo electrodo de hilo se pueden dirigir electrónicamente de forma independiente, y en el que el primer electrodo de hilo y/o el segundo electrodo de hilo comprende un material electrocrómico. En una realización, el electrodo tiene la forma de una lámina tejida. En otra realización, el electrodo comprende un patrón de tejido de dos o más electrodos de hilo, en el que los dos o más electrodos de hilo presentan una imagen visual multicolorada como respuesta a un potencial eléctrico aplicado.

Los dispositivos electrocrómicos flexibles se pueden construir usando los electrodos de fibras individuales de la FIG. 3 o los tejidos que se usan a modo de ejemplo en la FIG. 4. Los dispositivos electrocrómicos son capaces de presentar una imagen fija o animada a color formada por una combinación de luz visible roja, verde y azul. La presentación se produce por lo general por reflexión o transmisión de la luz visible en lugar de por emisión cuando el material electrocrómico se somete a un potencial eléctrico. Los electrodos de fibra individual y/o los tejidos que comprenden los electrodos de fibra se pueden usar para formar una prenda de vestir flexible. Aunque la totalidad de la prenda de vestir puede ser electrocrómica, los dispositivos formados a partir de electrodos de fibra se pueden incorporar en otros sistemas de fibra existentes; por ejemplo mediante tejido de un parche o muestra electrocrómico en una porción de otra pieza de prenda de vestir.

Además, en otra realización, una pluralidad de las fibras electrocrómicas se puede usar para fabricar un tejido fabricado por tejido o sin tejer en el que las fibras electrocrómicas individuales se dirigen independientemente. En esta realización, el tejido en su conjunto actúa como un solo electrodo direccionable. Aunque estos tejidos por lo general están en forma de una lámina plana tejida o no tejida de 2 dimensiones, su mayor flexibilidad les permite que se les dé la forma de conformaciones en 3 dimensiones tales como una lámina formada por laminado, una lámina doblada, una lámina retorcida, una lámina en espiral, u otra configuración.

La FIG. 7 es una vista en perspectiva de un tejido flexible conductor tejido a modo de ejemplo 110 que muestra las fibras electrocrómicas 112 y 114 tejidas en diferentes direcciones. Las fibras electrocrómicas usadas para formar el tejido se pueden revestir individualmente con un electrolito, tal como en la FIG. 3, o el tejido se puede revestir con un electrolito después del montaje con las fibras electrocrómicas. Pueden estar presentes fibras no conductoras, así como fibras no electrocrómicas, conductoras. Las fibras electrocrómicas también se pueden usar para formar tejidos no tejidos. Una vez más, las fibras electrocrómicas usadas para formar el tejido se pueden revestir individualmente con un electrolito, tal como en la FIG. 3, o el tejido no tejida se puede revestir con un electrolito después del enredo de las fibras electrocrómicas. Pueden estar presentes fibras no conductoras, así como fibras conductoras, no electrocrómicas. En cualquiera de estos ejemplos, el tejido se puede usar como un electrodo en un dispositivo electrocrómico. En una realización, el primer y/o el segundo electrodo de fibra electrocrómica 112, 114 pueden ser un material flexible, elástico, tal como spandex o nailon, revestido con un material conductor de la electricidad, tal como de PEDOT-PSS, y además se puede revestir con un material electrocrómico.

Además, los inventores del presente documento han encontrado que los tejidos flexibles, electrocrómicos se pueden producir por otros métodos, ya sea usando tejidos conductores o no conductores de la electricidad.

Un tipo de tejido flexible, conductor de la electricidad contiene fibras conductoras tal como se ha descrito anteriormente, y se forma con las fibras conductoras antes de la aplicación de un material electrocrómico o electrolito de gel. Los tejidos conductores incluyen tejidos fabricados mediante tejido a partir de fibras o hilos conductores, incluidos los que se han usado a modo de ejemplo anteriormente, tales como fibras de acero inoxidable (por ejemplo, Inox), fibras de cobre, y similares. Los tejidos conductores también se pueden tejer, específicamente tejidos de punto, a partir de una combinación de fibras no conductoras y conductoras (por ejemplo, fibras de poliéster y de hierro tal como se describe en la Patente de Estados Unidos N° 6.153.124). Además, los tejidos conductores pueden comprender fibras no conductoras en los que cada fibra se ha tratado para que haga a las fibras conductoras, antes de formar el tejido.

Los tejidos conductores de la electricidad también se pueden obtener a partir de tejidos no conductores que se tratan posteriormente para proporcionar conductividad. Dichos tejidos no conductores pueden comprender fibras o hilos de cualquiera de los materiales no conductores sintéticos y naturales a modo de ejemplo que se han descrito anteriormente. Una base de tela tejida no conductora flexible y elástica a modo de ejemplo específica es el spandex, comercializado con el nombre comercial LYCRA® en Dupont De Nemours. El spandex es un poliuretano que contiene segmentos de poliéster o de polioles de poliéter que permiten que la fibra se estire hasta un 600 % y a continuación recupere su forma original. El tejido se puede seleccionar para que sea flexible, o tanto flexible como elástico. Por ejemplo un tejido conductor elástico, flexible se puede obtener por tejido o por tejido de urdimbre del tejido de fibras o hilos de nailon y/o spandex, y a continuación mentalizando el tejido con plata mediante procesos de deposición química conocidos. Como alternativa, un tejido de nailon se puede sumergir en anilina al 100 % o en una solución de anilina en clorhidrato acuoso seguido del comienzo de la polimerización sucesiva en un baño separado o baño mixto de solución oxidante y dopante con anilina para proporcionar un revestimiento de poli(anilina) sobre el tejido. Los tejidos resultantes pueden ser tanto flexibles como elásticos. Los tejidos no solamente son más flexibles que los tejidos formados a partir de fibras metálicas, sino que también tienden a ser más ligeros y más

existentes a la oxidación. Debido a que las fibras o hilos se pueden tejer con fuerza, la conductividad eléctrica del tejido se puede mantener a pesar de una pérdida parcial del revestimiento conductor sobre hebras en particular, mientras que en los tejidos conductores de fibra de metal, el tejido puede perder operatividad después de una rotura en una de las fibras, en particular si las fibras están muy separados. Los tejidos elásticos a base de nailon metalizados están disponibles en el mercado en Bieldes Trading, Estados Unidos de América.

Además, los tejidos fabricados por tejido o sin tejer conductores de la electricidad, flexibles se pueden producir por impregnación de tejidos no conductores fabricados por tejido o sin tejer con cargas en partículas conductoras de la electricidad. Las partículas conductoras de la electricidad pueden comprender cualquiera de los metales conductores de la electricidad, por ejemplo, acero inoxidable en polvo o polímeros orgánicos tal como se ha descrito anteriormente, u otras partículas conductoras tales como ITO, nanotubos de carbono, negro de carbono, grafeno, y similares. El tamaño, forma, y concentración de estas partículas se puede variar para que varíe la conductividad del tejido. En una realización específica, un tejido fabricado por tejido o sin tejer no conductor se trata con un agente de unión (por ejemplo, un precursor de polímero orgánico o polímero orgánico, tal como un poli(acrilato)) que contiene las partículas conductoras de la electricidad. Los tejidos elásticos de poliéster no tejidos de este tipo están disponibles en el mercado en el Grupo Krempel.

El tejido conductor (o tejido no conductor que se ha vuelto conductor) se puede revestir con un material electrocrómico (que se describe con más detalle a continuación) para producir un electrodo de tejido electrocrómico para un dispositivo electrocrómico. El electrodo de tejido electrocrómico también comprende una capa de electrolito de gel. Esto se ejemplifica en la vista en sección transversal esquemática del electrodo de tejido electrocrómico 120 que se muestra en la FIG. 8 (las fibras individuales no se muestran). El electrodo de tejido electrocrómico 120 comprende un tejido conductor 122, que puede ser cualquiera de los tejidos conductores a modo de ejemplo que se han descrito anteriormente. Una capa electrocrómica 124 se coloca sobre una cara del tejido conductor. Como alternativa, el tejido conductor se puede embeber en una capa de un material electrocrómico (no se muestra). Una segunda capa 126 comprende un electrolito de gel colocado sobre la capa electrocrómica 124. Como alternativa, la capa electrocrómica 124 y el tejido conductor 122 se pueden embeber en electrolito de gel (no se muestra).

En una variación del electrodo 120, el tejido conductor se puede tratar por ambas caras con un material electroconductor y electrocrómico, tal como se muestra esquemáticamente en el diagrama de capas de la FIG. 9. El electrodo de tejido electrocrómico 127 contiene una capa electrocrómica 124 colocada sobre cada cara de la capa de tejido conductor 122. Cada capa electrocrómica 124 se puede dirigir electrónicamente. La FIG. 9 también ilustra el efecto del cambio de polaridad en la respuesta de color de las capas electrocrómicas 124. Cuando la capa de tejido conductor 122 actúa como el cátodo y las capas electrocrómicas 124 actúan como el ánodo (diagrama inferior), el material electrocrómico en la capa 124 experimentar reducción para presentar el mismo color sobre cada cara del cátodo, tal como se representa por el primer sombreado cruzado. Como alternativa, cuando la capa de tejido conductor 122 actúa como el ánodo y las capas electrocrómicas 124 cada una actúa como un cátodo, el material electrocrómico en las capas 124 experimenta oxidación, dando como resultado un segundo color diferente del primer color, tal como se representa por el sombreado cruzado direccionalmente diferente (diagrama superior).

En una realización, un solo material electrocrómico se usa para formar el electrodo de tejido electrocrómico. En otra realización, dos o más materiales electrocrómicos se depositan sobre el tejido conductor en forma de imagen para formar un electrodo de tejido electrocrómico que presenta una imagen coloreada cuando se somete a un potencial eléctrico. La imagen coloreada puede comprender uno o más colores visibles.

El espesor de la capa conductora de la electricidad y electrocrómica dependerá de factores tales como el tipo de tejido, el tipo de electrolito, el tipo de material conductor de la electricidad y electrocrómico, la configuración del dispositivo, requisitos de rendimiento, y consideraciones similares, y un experto habitual en la materia lo puede determinar fácilmente sin experimentación excesiva mediante usando la directriz del presente documento. En una realización, la capa conductora de la electricidad y electrocrómica tiene un espesor de 0,1 a 10 micrómetros, más específicamente de 0,1 a 6 micrómetros, e incluso más específicamente de 3 a 6 micrómetros.

Los electrodos de tejido electrocrómico que se han descrito anteriormente se pueden usar en una amplia diversidad de diferentes configuraciones de dispositivos electrocrómicos, tal como se hacia modo de ejemplo en las FIG. 10-12. Además, los dispositivos pueden comprender un electrodo no electrocrómico, en particular un electrodo de tejido no electrocrómico.

La FIG. 10 es una vista en sección transversal esquemática de un dispositivo electrocrómico 130 que comprende un primer electrodo de tejido electrocrómico 132 que comprende un primer tejido conductor 134 embebido en una primera capa electrocrómica 136. la primera capa de electrolito 138 que comprende, por ejemplo, un electrolito de gel, está colocada sobre una cara de la primera capa electrocrómica 136. Un segundo electrodo, en particular, electrodo de tejido no electrocrómico 140, que se muestra en este ejemplo comprende un tejido no conductor 142 revestido con un material orgánico conductor 144 y un segundo electrolito 146, por ejemplo, un electrolito de gel. Como alternativa, el primer y/o segundo electrodos de tejido electrocrómico 132, 140 pueden ser un material flexible, elástico, tal como spandex o nailon, revestido con un material conductor de la electricidad, tal como de PEDOT-PSS, y revestido adicionalmente con un material electrocrómico.

El límite 148 representa la región de contacto del primer electrodo de tejido electrocrómico 132 con el segundo electrodo de tejido no electrocrómico 140. El espesor combinado de las capas de electrolito 138 y 146 dependerá de las consideraciones de fabricación y uso y puede ser, por ejemplo, de 50 a 200 micrómetros, e incluso más específicamente de 75 micrómetros a 150 micrómetros.

El primer electrodo de tejido electrocrómico 132 y el segundo electrodo de tejido no electrocrómico 142 se conectan mediante un circuito conductor 150 (por ejemplo, cobre, aluminio, o alambre de acero) al generador de potencial eléctrico 152. Cualquiera de los electrodos 132 o 142 puede ser el ánodo o el cátodo.

La FIG. 11 es una sección transversal esquemática que ilustra un dispositivo electrocrómico 160 que comprende un primer electrodo de tejido electrocrómico 182 que comprende un primer material electrocrómico 164 colocado sobre o alrededor del primer tejido conductor 166, y un segundo electrodo de tejido electrocrómico 168 que comprende un segundo material electrocrómico 170 colocados sobre o alrededor del segundo tejido conductor 172. El primer electrodo de tejido electrocrómico 182 comprende además una capa de electrolito 174 que comprende, por ejemplo, un electrolito de gel, y el segundo electrodo de tejido electrocrómico 168 comprende además una capa de electrolito 176 que comprende, por ejemplo, un electrolito de gel. Cualquiera de los electrodos 182 o 168 puede servir como ánodo o cátodo. Cada electrodo 182 y 168 puede cambiar de color de forma reversible como respuesta a un potencial eléctrico aplicado. Además, los electrodos 182 y 168 pueden presentar el mismo color o colores diferentes simultáneamente. Por lo general, cuando cada electrodo comprende el mismo material electrocrómico, los electrodos presentan diferentes colores simultáneamente, debido a que el material electrocrómico está experimentando oxidación en el cátodo y reducción en el ánodo, un denominado diseño "electrocrómico doble". El primer y/o el segundo electrodos de fibra electrocrómica 162, 168 pueden ser de un material flexible, elástico, tal como spandex o nailon, revestido con un material conductor de la electricidad, tal como PEDOT-PSS, y revestido adicionalmente con un material electrocrómico.

La FIG. 12 ilustra una vista en sección transversal esquemática de un dispositivo electrocrómico a modo de ejemplo 180 que comprende un primer electrodo de tejido electrocrómico 162, un segundo electrodo de tejido electrocrómico 168, cada uno tal como se describe en la FIG. 11, y un tercer electrodo de tejido no electrocrómico 182 colocado entre el primer y el segundo electrodos de tejido electrocrómico 162 y 168. El tercer electrodo de tejido no electrocrómico 182 comprende un tercer tejido conductor 184 y una tercera capa de electrolito 186 que comprende, por ejemplo, un electrolito de gel colocando de forma que rodea al tercer tejido conductor 184. Tal como se ha mencionado anteriormente, cada electrodo 162, 168, y 182 pueden servir como un ánodo o un cátodo en el dispositivo electrocrómico. En este caso, el electrodo 162 y 168 coexistirán como un ánodo o un cátodo y el electrodo 182 será su complemento. El límite 188 indica una primera superficie de contacto inductora entre los electrodos de tejido 162 y 182. El límite 190 indica una segunda superficie de contacto conductora entre los electrodos de tejido 182 y 168. El tercer electrodo de tejido no electrocrómico 182 permite que el mismo potencial eléctrico y polaridad se aplique simultánea o alternativamente al primera y segundo electrodos de tejido electrocrómico 162 y 168. Por lo tanto, cuando el primer y el segundo electrodos de tejido electrocrómico 162 y 168 comprenden el mismo material electrocrómico, se puede efectuar el mismo cambio de color a partir de cada electrodo. Como alternativa, el primer y segundo electrodos de tejido electrocrómico 162 y 168 pueden tener diferentes materiales electrocrómicos, o recibir diferentes polaridades simultáneamente, para formar diferentes colores simultáneamente, o cambiar simultáneamente múltiples colores. El primer y/o segundo electrodos de tejido electrocrómico 162, 168 pueden ser un material flexible, elástico, tal como sandez o nailon, revestidos con un material conductor de la electricidad, tal como PEDOT-PSS, y además revestidos con un material electrocrómico.

Cualquiera de los dispositivos electrocrómicos que se han descrito anteriormente que comprenden los electrodos de fibra o los electrodos de tejido puede comprender además una capa protectora opcional colocada sobre una o más caras expuestas de los electrodos. Las propiedades de las capas protectoras opcionales pueden variar dependiendo del uso previsto. Las propiedades deseables incluyen transparencia y/o textura de la superficie que transmite la sensación del tejido tradicional. Ejemplos no limitantes de materiales para dichos fines incluyen poliamidas, poliésteres, polipropileno, polietileno, tereftalato de polietileno, copolímeros de bloque (ejemplos de poliuretano y poliamida), y tereftalato de polibuteno.

Volviendo ahora a los materiales electrocrómicos, se conoce y se puede usar una amplia diversidad de materiales electrocrómicos, incluyendo materiales inorgánicos tales como óxidos de metales de transición (por ejemplo, vanadio, níquel, iridio, y óxido de tungsteno), fullerenos, azul de Prusia (ferrocianuro férrico); materiales organometálicos tales como ferrocenos y sales de ferrocenilo; y materiales orgánicos tales como ftalocianinas, viológenos, determinados tintes, y polímeros conjugados tales como poli(acetileno) dopado con yodo, poli(tiofeno), poli(fenileno), poli(sulfuro de fenileno), poli(pirrol), y poli(anilina). Además, otros materiales electrocrómicos tiene su origen en precursores de silano, precursores de norborneno, y polímeros conductores solubles. Se han publicado revisiones sobre las distintas categorías de polímeros electrocrómicos. (Véanse por ejemplo, N. Rowley y R. Mortimer, "New Electrochromic Materials", Science Progress (2002), 85 (3), 243-262 y "Electrochromic Materials", en Proceedings of the Electrochemical Society, K. Ho, C. Greenberg, D. MacArthur, eds., Volumen 96-23, 1997 entre otros). Los polímeros orgánicos electrocrómicos son particularmente útiles, y se han descrito, por ejemplo, en el "Handbook of Conducting Polymers", 3ª Ed. de Skotheim y Reynolds, Capítulos 1 - 5, 9, 10, 11, 20. Las propiedades deseables para el polímero electrocrómico incluyen un alto grado de transparencia en la región visible del color en el

estado "inactivo" (estados reducidos o no oxidados, alta absorción en la región del espectro visible después de electrorreducción o electrooxidación (estado "activo") (o en el caso de los polímeros de varios colores, un alto contraste entre los estados de color), bajo potencial electroquímico para reducción/oxidación, alta estabilidad en el estado "activo" o "inactivo" (bi-estable), fuerte adsorción a la fibra conductora, capacidad de ajuste del color por la variación sintética del precursor electrocrómico, baja solubilidad de los materiales electrocrómicos en disolventes comunes, y baja toxicidad. Los materiales electrocrómicos deseables son los que experimentan el cambio de contraste más elevado después de la oxidación o la reducción, es decir, a partir de un estado incoloro a un estado altamente coloreado, a partir de un estado coloreado a uno incoloro, o de un estado coloreado a otro estado coloreado después de la oxidación y la reducción.

La capa electrocrómica se puede formar por revestimiento directo del material electrocrómico, o por métodos tales como deposición electroquímica o polimerización *in situ*. En una realización, el material electrocrómico es un polímero formado por polimerización oxidativa química o electroquímica de un precursor de polímero electrocrómico que comprende un grupo funcional seleccionado entre pirrol (1-aza-2,4-ciclopentadieno), tiofeno, anilina, furano, carbazol, azuleno, indol, biperidina, diazapireno, perileno, naftaleno, fenotiazina, triarilamina, fenilendiamina sustituida, benzotiadiazol, ferroceno, y los derivados de los compuestos anteriores. La polimerización química o electroquímica de precursores se puede realizar después de colocar el precursor electrocrómico sobre la fibra conductora o el tejido conductor. Como alternativa, el material electrocrómico se puede formar mediante polimerización electroquímica en solución de un precursor electrocrómico disuelto, dando como resultado la deposición de material electrocrómico insoluble sobre una superficie del sustrato.

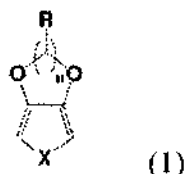
El precursor electrocrómico precursor puede ser monomérico (en el caso de electrodeposición) o polimérico, se puede seleccionar entre materiales de coloración por vía catódica, materiales de coloración por vía anódica, o una combinación de los mismos. En particular, el precursor electrocrómico es un polímero oligómero que además puede experimentar elongación de la cadena y/o reticulación para producir el material electrocrómico que se coloca de forma adherente sobre un sustrato. "Que polimeriza" incluye reacciones de elongación de cadena y/o reacciones de reticulación para formar el material electrocrómico a partir de un precursor electrocrómico.

Los materiales de coloración por vía catódica tienen una banda prohibida (E_g) menor o igual que 2,0 eV en el estado neutro. Un material de coloración por vía catódica cambia de color cuando se oxida (p-dopado). El cambio de color visible puede ser de coloreado en el estado neutro a incoloro en el estado oxidado, o de un color en el estado neutro a un color diferente en el estado oxidado. Los materiales de coloración por vía catódica incluyen, pero no se limitan a, polímeros derivados de un 3,4-alquilendioxiheterociclo tal como un alquilendioxipirrol, alquilendioxitiofeno o alquilendioxifurano. Además, estos incluyen poli(3,4-alquilendioxiheterociclo)s que comprenden un poli(3,4-alquilendioxitiofeno) sustituido con alquilo con puente, tal como poli(3,4-(2,2-dimetilpropilendioxitiofeno) (PProDOT-(Me)₂, poli(3,4-(2,2-diheptilpropilendioxitiofeno) PProDOT-(heptil)₂, o poli(3,4-(2,2-bis(2-etilhexil)propilendioxitiofeno) PProDOT-(etilhexil)₂. En el presente documento, "coloreado" se refiere a que el material absorbe una o más longitudes de onda de radiación en la región visible (de 400 nm a 700 nm) en cantidad suficiente de modo que la luz visible reflejada transmitida por el material se puede detectar visualmente por el ojo humano como un color (rojo, verde, azul o una combinación de los mismos).

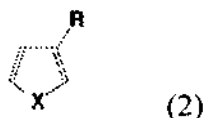
Un material de coloración por vía anódica tiene una banda prohibida E_g mayor que 3,0 eV en su estado neutro. Un material de coloración por vía anódica cambia de color cuando se reduce (n-dopado). El material puede estar coloreado en el estado neutro y ser incoloro en el estado reducido, o tener un color en el estado neutro y un color diferente en el estado reducido. Un material de coloración por vía anódica también puede comprender un poli(3,4-alquilendioxiheterociclo) derivado de un alquilendioxiheterociclo tal como alquilendioxipirrol, alquilendioxitiofeno o alquilendioxifurano. Los poli(3,4-alquilendioxiheterociclo)s decoloración podían anódica a modo de ejemplo comprenden un poli(3,4-alquilendioxipirrol) sustituido con N-alquilo, tal como poli(N-propil-3,4-propilendioxipirrol) N-Pr PProDOP, poli(N-Gly-3,4-propilendioxipirrol) N-Gly PProDOP, en el que N-Gly designa un aducto de glicinamida del grupo pirrol, o PProDOP sulfonado con N-propano (PProDOP-NPrS).

Además, los polímeros electrocrómicos incluyen, por ejemplo, poli(3,4-etilendioxitiofeno) (PEDOT), poli(3,4-propilendioxitiofeno) (PProDOT), y poli(1,4-bis[(3,4-etilendioxi)fenil]-2,5-didodecilo) P(BE-DOT-B).

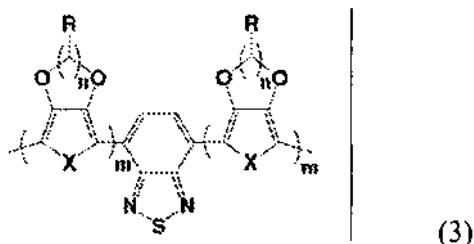
Los precursores electrocrómicos específicos incluyen los de fórmula (1):



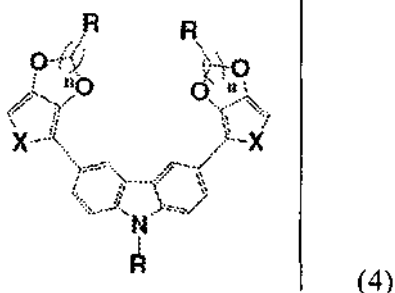
en la que X es NH, S, O, o N-G en el que G es un grupo lineal, de cadena ramificada, o cíclico, saturado, insaturado, o aromático que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y opcionalmente 1 a 3 heteroátomos seleccionados entre S, O, Si, y N, y opcionalmente sustituido con carboxilo, amino, fosforilo, sulfonato, halógeno, o un grupo lineal, de cadena ramificada, o cíclico, saturado, insaturado, o aromático que tiene de 1 a 6 átomos de carbono y opcionalmente 1 a 3 heteroátomos seleccionados entre S, O, Si, y N (por ejemplo fenilo, fenilo sustituido, o sulfonato de propilo); R es H, un grupo O-alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos, o un grupo alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos; los de fórmula (2):



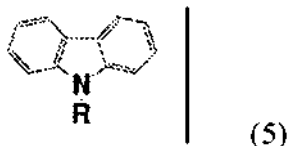
en la que X es NH, S, O, o N-G en el que G es un grupo lineal, de cadena ramificada, o cíclico, saturado, insaturado, o aromático que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y opcionalmente 1 a 3 heteroátomos seleccionados entre S, O, Si, y N, y opcionalmente sustituido con carboxilo, amino, fosforilo, sulfonato, halógeno, o un grupo lineal, de cadena ramificada, o cíclico, saturado, insaturado, o aromático que tiene de 1 a 6 átomos de carbono y opcionalmente 1 a 3 heteroátomos seleccionados entre S, O, Si, y N (por ejemplo fenilo, fenilo sustituido, o sulfonato de propilo), y R es independientemente H, O-alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos, o un grupo alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos; los de fórmula (3):



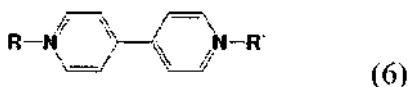
en la que X es NH, S, O, o N-sustituido, R es H, un grupo O-alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos, o un grupo alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos, n es un número entero de 1 a 20, y m es un número entero de 1 a 100; los de fórmula (4):



en la que X es NH, S, O, o N-G en el que G es un grupo lineal, de cadena ramificada, o cíclico, saturado, insaturado, o aromático que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y opcionalmente 1 a 3 heteroátomos seleccionados entre S, O, Si, y N, y opcionalmente sustituido con carboxilo, amino, fosforilo, sulfonato, halógeno, o un grupo lineal, de cadena ramificada, o cíclico, saturado, insaturado, o aromático que tiene de 1 a 6 átomos de carbono y opcionalmente 1 a 3 heteroátomos seleccionados entre S, O, Si, y N (por ejemplo fenilo, fenilo sustituido, o sulfonato de propilo), R es H, un grupo O-alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos, o un grupo alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos, y n es un número entero de 1 a 20; los de fórmula (5):

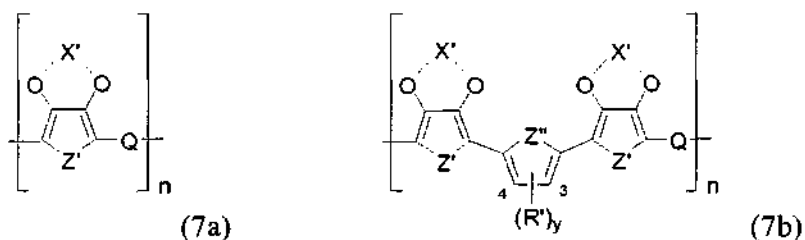


R es H, un grupo O-alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos, o un grupo alquilo comprende de 1 a 20 carbonos; o los de fórmula (6):



en la que R y R' es cada uno independientemente un grupo O-alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos, o un grupo alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos.

Otros precursores de polímero electrocrómico tienen las fórmulas generales (7a) y 7(b):



en las que n es un número entero mayor que 0; y es un número entero de 0 a 2; Z' y Z'' son independientemente -O-, -NH- o -S-; X' es un grupo alquileo que comprende de 1 a 20 carbonos; Q es un grupo silileno, por ejemplo -Si(R)₂- o -Si(R)₂-O-Si(R)₂-, donde R es un grupo alquilo que comprende de 1 a 20 carbonos, por ejemplo metilo, etilo, propilo, isopropilo, n-butilo, n-pentilo, n-hexilo, n-heptilo, o n-octilo; y R' es un grupo alquilo o arilo que comprende de 1 a 20 carbonos unidos en la posición 3 y/o 4 (se muestra) del anillo de cinco miembros que contiene Z''. Los R' a modo de ejemplo incluyen metilo, etilo, propilo, isopropilo, n-butilo, n-pentilo, n-hexilo, n-heptilo, n-octilo, fenilo, n-butiltio, n-octiltio, feniltio, y metoxifenilo.

En una realización, n es un número entero de 1 a 1000, y es 0, X' es etileno (-CH₂CH₂-), Z' y Z'' son ambos azufre, Q es -Si(R)₂-, y R es n-octilo. Este polímero precursor de 2,5-bis[(3,4-etilendioxi)tién-2-il]-tiofeno (BEDOT-T) silileno se puede formar mediante el acoplamiento catalizado con níquel de 3,4-etilendioxitiofeno con dibromotiofeno, para formar BEDOT-T, seguido de desprotonación de BEDOT-T usando n-BuLi para formar un dianión de BEDOT-T, y haciendo reaccionar el dianión con diclorodioctilsilano para formar el polímero precursor de BEDOT-T silileno. El peso molecular medio en peso del polímero precursor de BEDOT-T silileno, puede ser de 1000 a 100.000 g/mol, más específicamente de 1.000 a 10.000 g/mol.

En otra realización específica, n es un número entero de 1 a 1000, y es 0, y R' es n-octilo, X' es 2,2-dimetilpropileno (-CH₂C(CH₃)₂CH₂-), Z' y Z'' son ambos azufre, Q es -Si(R)₂-O-Si(R)₂-, y R es metilo. Este polímero precursor de ProDOT-Me₂ silileno se puede preparar por transesterificación de 3,4-dimetoxitiofeno con 2,2-dimetil-1,3-propanodiol usando ácido para-tolueno sulfónico (PTSA) o ácido dodecibenceno sulfónico (DBSA) como catalizadores en tolueno anhidro para formar ProDOT-Me₂, desprotonación del ProDOT-Me₂ usando 2 equivalentes de n-BuLi para formar el dianión de dilitio, haciendo reaccionar el dianión de dilitio con diclorotetrametilsiloxano para formar el polímero precursor de ProDOT-Me₂ silileno. El peso molecular medio en peso del polímero precursor de ProDOT-Me₂ silileno puede ser de 1000 a 100.000 g/mol, más específicamente de 1.000 a 5000 g/mol.

Además de los sistemas de anillo heterocíclico que se muestran en los precursores de fórmulas (7a) y 7b), también se pueden sintetizar otros grupos heterocíclicos aromáticos, por ejemplo, los de fórmulas (2)-(6), con el silileno de fórmula Q. Precursores electrocrómicos adicionales se describen, por ejemplo, en la Patente de Estados Unidos N° 7.321.012, la cual inicia publicación de Estados Unidos N° 2007/0089845, el documento WO2007/008978, y el documento WO2007/008977.

Se conoce una diversidad de composiciones de electrolitos para uso en dispositivos electrocrómicos. En una realización, el electrolito es un electrolito de gel. La capa de electrolito de gel se puede formar por revestimiento de una mezcla precursora de electrolito de gel que comprende un precursor de electrolito de gel. El precursor de electrolito de gel puede ser monomérico o polimérico. En particular, el precursor de gel es un polímero reticulable. El polímero reticulable puede comprender grupos terminales polimerizables, grupos de cadena lateral polimerizables, o una combinación de los mismos unidos a una cadena principal del polímero. Las cadenas principales del polímero a modo de ejemplo incluyen poliamidas, poliimidas, policarbonatos, poliésteres, poliéteres, polimetacrilatos, poliácridatos, polisilanos, polisiloxanos, polivinilacetatos, polimetacrilonitrilos, poliácridonitrilos, polivinilfenoles, alcoholes de polivinilo, haluros de polivinilideno, y copolímeros y combinaciones de los mismos. Más específicamente, el precursor de gel precursor es un poliéter que se puede radicalar. Los poliéteres a modo de ejemplo incluyen poli(éteres de alquileo) y poli(alquilenglicol)es que comprenden unidades de repetición de

etilenoxi, propilenoxi, y butilenoxi. Los grupos terminales hidroxilo de poli(alquilenglicoles) se pueden proteger con grupos vinilo polimerizables que incluyen grupos (met)acrilato y estiril vinilo para formar un poliéter reticulable. En particular, el polímero reticulable se selecciona entre el grupo que consiste en diacrilato de poli(etilenglicol) (PEG-DA), diacrilato de poli(propilenglicol) (PPG-DA), diacrilato de poli(butilenglicol) (PBG-DA), poli(óxido de etileno) (PEO), poli(óxido de propileno) (PPO), poli(óxido de butileno) (PBO), y combinaciones de los mismos. El polímero reticulable también puede ser un copolímero o un copolímero de bloque que comprende unidades de repetición de etilenoxi, propilenoxi, o butilenoxi. En una realización, el precursor de gel es PEO y se reticula por vía térmica. En una realización específica, el precursor de gel es polímero reticulable que comprende una mezcla de PEG-DA y PEO, en la que la relación de peso de PEO:PEG-DA es de 95:5 a 5:95, más particularmente de 90:10 a 10:90, e incluso más particularmente de 60:40 a 40:60 o de 50:50.

Una mezcla precursora de electrolito de gel también comprende un electrolito. El electrolito comprende un ión de metal alcalino de Li, Na, o K. Los electrolitos a modo de ejemplo, en los que M representa un ión de metal alcalino, incluyen MClO_4 , MPF_6 , MBF_4 , MASF_6 , MSbF_6 , MCF_3SO_3 , MCF_3CO_2 , $\text{M}_2\text{C}_2\text{F}_4(\text{SO}_3)_2$, $\text{MN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, $\text{MN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$, $\text{MC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$, $\text{MC}_n\text{F}_{2n+1}\text{SO}_3$ ($2 \leq n \leq 3$), $\text{MN}(\text{RfOSO}_2)_2$ (en el que Rf es un grupo fluoroalquilo), MOH, o combinaciones de los electrolitos anteriores. En particular, el electrolito comprende una sal de litio. Más particularmente, la sal de litio es triflato de litio.

La mezcla precursora de electrolito de gel también puede comprender un disolvente o agente plastificantes para potenciar la conductividad iónica del electrolito. En particular, el disolvente puede ser un carbonato, por ejemplo carbonato de dimetilo, carbonato de etilmetilo, carbonato de metilpropilo, carbonato de metilbutilo, carbonato de metilpentilo, carbonato de dietilo, carbonato de etilpropilo, carbonato de etil-butilo, carbonato de dipropilo, carbonato de propileno, carbonato de etileno y combinaciones de los mismos.

La mezcla precursora de electrolito de gel comprende el electrolito y el precursor de gel en una relación de peso de 1 a 10, con una relación de 0,002 a 1 a 10 de iniciador a electrolito al precursor de gel, en peso.

La mezcla precursora de gel debe comprender adicionalmente otros aditivos tales como sensibilizantes fotoquímicos, iniciadores de radicales libres, y polímeros diluyentes, con la condición de que las propiedades deseadas del dispositivo electrocrómico no se vean afectadas de forma significativamente adversa; por ejemplo, la conductividad iónica del electrolito de gel, la velocidad de cambio de la respuesta electrocrómica, contraste de color de la respuesta electrocrómica, adherencia del electrolito de gel al sustrato, y flexibilidad de los electrodos.

Una diversidad de diferentes técnicas se puede usar para aplicar materiales electrocrómicos, mezcla de precursor de polímero electrocrómico, o mezcla de precursor de electrolito de gel a las fibras conductoras cual los tejidos conductores, por ejemplo revestimiento por pulverización, revestimiento por chorro de tinta, revestimiento por inmersión, hilatura electrostática, métodos de revestimiento de huecogrado, y revestimiento por extrusión. El revestimiento por inyección de tinta, estampación, impresión de pantalla, prensa rotatoria, y técnicas de impresión similares también se pueden usar para aplicar el precursor de polímero electrocrómico o mezclas de precursor de electrolito de gel al tejido conductor.

Estas técnicas de revestimiento comprenden generalmente la formación de una mezcla del material a revestir con un disolvente, la aplicación de la mezcla a una superficie de un sustrato, (es decir, la fibra conductora o el tejido conductor), y la retirada del disolvente para formar una película fina del material que se coloca de forma adherente sobre la superficie del sustrato. El disolvente puede ser un disolvente orgánico o una combinación de un disolvente orgánico y agua. los disolventes orgánicos a modo de ejemplo incluyen diclorometano (DCM), tolueno, N,N-dimetil formamida (DMF), acetato de éter de monometilo de propilenglicol (PGMEA), éter de monometilo de propilenglicol (PGME), acetona, metanol, y etanol.

La mezcla puede contener el precursor de polímero electrocrómico en una concentración de un 0,01 por ciento en peso (% en peso) a un 5 % en peso, en base al peso total de la mezcla. Más particularmente, la mezcla puede contener el precursor de polímero electrocrómico en una concentración de un 0,01 % en peso a un 1,5 % en peso en un disolvente, por ejemplo diclorometano. Específicamente, para ensayos de revestimiento por pulverización, se ha usado una concentración de 2 mg/ml de polímero/disolvente precursor (0,1 % en peso). En algunos casos, el material a revestir puede ser un líquido o se puede revestir de forma ordenada. En otros casos, cuando no se usa un disolvente, técnicas de revestimiento evaporativo o de revestimiento en polvo se pueden usar para aplicar un material sólido en la superficie del sustrato.

Como alternativa, en algunos casos, el precursor a revestir es un líquido y se puede revestir de forma ordenada. En otros casos, cuando no se desea un disolvente, técnicas de revestimiento evaporativo o de revestimiento en polvo se pueden usar para aplicar el sólido material a la superficie de un sustrato.

La polimerización del precursor de polímero electrocrómico se puede realizar electroquímicamente (*in situ* o *ex situ*), químicamente, térmicamente, o por reticulación por radiación. En particular, el precursor electrocrómico se polimeriza electroquímicamente. Por ejemplo, la fibra o el tejido conductor, una vez revestido con el precursor de polímero electrocrómico, se pueden convertir en un electrodo electrocrómico *in situ* (dentro de un tipo de dispositivo

montado) mediante la aplicación de un potencial de oxidación a través del dispositivo. El precursor de polímero electrocrómico se convierte irreversiblemente en el polímero electrocrómico se puede cambiar de forma normal, con una reducción moderada del contraste óptico. Más comúnmente, la fibra o tejido conductor de la electricidad revestido se convierte *ex situ*. La fibra o tejido conductor de la electricidad revestido se sumerge en una solución de electrolito 0,1 M (por lo general triflato de litio en acetonitrilo, aunque se pueden usar otras muchas sales y solventes) y tensión la apropiada se aplica a través de una celda de tres electrodos (usando un electrodo contador de Pt y un electrodo de referencia de Ag/Ag⁺ no acuoso calibrado) durante un período de tiempo dado, dependiendo del espesor deseado de la capa de precursor electrocrómico. De esta forma, una capa de material electrocrómico insoluble se coloca sobre la fibra o tejido conductor de la electricidad, que entonces está listo para su revestimiento con la capa siguiente (el electrolito de gel) para formar un electrodo electrocrómico.

El precursor de gel de electrolito se puede convertir en un gel a través de métodos de reticulación radical o de reticulación térmica, en particular, mediante la exposición a la radiación ultravioleta (UV). La reticulación se realiza generalmente *ex situ*.

Por lo tanto, en una realización, un método de formación de una fibra o tejido flexible electrocrómico comprende la colocación de un material electrocrómico sobre una superficie de una fibra o tejido conductor de la para formar una capa electrocrómica sobre la superficie de la fibra o tejido conductor de la electricidad. El método comprende además colocar una composición de electrolito sobre la capa electrocrómica para formar la fibra o tejido flexible electrocrómico. En una realización específica, la colocación del material electrocrómico comprende la colocación de un precursor electrocrómico monomérico, y la polimerización del precursor electrocrómico para formar una capa electrocrómica de polímero sobre la superficie de la fibra o tejido conductor de la electricidad; y la colocación del electrolito comprende la colocación de una mezcla que comprende un precursor de gel y un electrolito en la capa electrocrómica de polímero, y la polimerización el precursor de gel para formar la fibra o tejido flexible electrocrómico. Una pluralidad de las fibras flexibles electrocrómicas se pueden usar para formar un tejido electrocrómico por tejido o enredo de la pluralidad de fibras flexibles electrocrómicas.

En un ejemplo, un método de formación de una fibra o tejido electrocrómico flexible comprende la colocación de un material electrocrómico, conductor de la electricidad sobre una fibra o tejido no conductor de la electricidad para formar un tejido electrocrómico conductor de la electricidad. Además, el método puede comprender la colocación de una composición de electrolito sobre la capa electrocrómica, conductora de la electricidad para formar la fibra o tejido electrocrómico flexible. La fibra o tejido no conductor de la electricidad comprende un polímero orgánico no conductor de la electricidad natural o sintético, específicamente un material elástico, por ejemplo spandex. Un tejido flexible electrocrómico se puede formar a partir de una pluralidad de las fibras flexible electrocrómicas por tejido o enredo de la pluralidad de fibras flexibles electrocrómicas. Como alternativa, el tejido es un tejido de spandex.

Además, se desvelan artículos que comprenden las fibras, tejidos, y dispositivos electrocrómicos que se han descrito anteriormente, tales como prendas de vestir. El dispositivo electrocrómico puede ser toda la prenda de vestir a una porción de la prenda de vestir. Además, el dispositivo electrocrómico puede ser una parte integral de la prenda de vestir o una parte desmontable de la prenda de vestir. El dispositivo electrocrómico se puede estirar reversiblemente.

La invención se ilustra adicionalmente mediante los siguientes Ejemplos no limitantes.

Ejemplos

Ejemplo 1.

Este ejemplo demuestra un dispositivo electrocrómico de dos capas que comprende electrodos de tejido flexible electrocrómico.

Una mezcla de precursor de gel se preparó por combinación de diacrilato de polietilenglicol (PEG-DA), carbonato de propileno (5 g cada una), 1 g de trifluorometano sulfonato de litio (LITRIF o triflato de litio), y 20 mg de 2,2-dimetoxi fenilacetofenona (DMPAP) como fotoiniciador para el curado del electrolito en un gel.

Dos piezas de tejido de malla de alambre, de 1 cm por 2 cm de dimensión (fibra Inox tejida obtenida a partir de ITP) se revistieron por pulverización separadamente con precursor de BEDOT-T silileno en ambos lados del tejido a partir de una solución al 0,1 % en peso en diclorometano, usando un aparato de revestimiento por pulverización Iwata. A continuación, el precursor se convirtió en polímero electrocrómico usando oxidación electroquímica sumergiendo el tejido en una solución de electrolito tal como se ha descrito anteriormente y aplicando un potencial suficiente para oxidar el precursor de BEDOT-T silileno. A continuación, una pieza de tejido se colocó sobre un portaobjetos de vidrio y una solución de diacrilato de polietilenglicol (PEG-DA) que contenía triflato de litio se colocó encima del tejido. La segunda pieza de tejido se colocó a continuación en la parte superior de esta solución y el PEG-DA se reticula por irradiación UV a 365 nm para revestir cada capa de tejido en electrolito de gel, formando un dispositivo de dos capas. Las capas de tejido revestidas demostraron la capacidad para cambiar entre azul y rojo en menos de la mitad de un segundo (500 ms). Cuando un lado del tejido era de color rojo, el otro lado del tejido era de color azul. Después de la inversión del potencial, el lado de color rojo se volvió azul y el lado de color azul se volvió rojo. La

FIG. 13 contiene dos fotografías que muestran los estados neutro (rojo) y oxidado (azul).

La sustitución de este PEG-DA con una matriz de PEO/LITRIF transparente permite el curado térmico. Otras combinaciones de electrolito se pueden usar para la optimización de la función del dispositivo.

5 Ejemplo 2.

Este ejemplo describe un método para la preparación de tejido conductor usando una dispersión acuosa de polímero PEDOT-PSS (disponible en el mercado en Agfa con el nombre comercial Orgacon™). En este ejemplo, se usó un tejido de expandex de Lubrizol, aunque otras formas de expandex, algodón, y otros materiales de tipo tejido son susceptibles al mismo procedimiento y pueden producir una conductancia similar.

La muestra de tejido de expandex se sumergió en una dispersión acuosa de PEDOT-PSS. Como alternativa, la dispersión acuosa se podría revestir por pulverización o verter por goteo sobre el tejido. Se permitió que el tejido de expandex revestido se secara al aire. El tejido originalmente de color blanco ahora era de un color azul claro y conductor de la electricidad. El material era totalmente flexible, extensible y deformable y retiene su conductividad después de dicha deformación. El material no parece de color blanco después del estiramiento, lo que indica que el polímero que conduce PEDOT-PSS se ha incorporado en las hebras del tejido en sí mismo y no se reviste simplemente en la superficie (es decir, que se ha absorbido en el tejido). Las medidas iniciales determinaron los valores de conductividad de contacto del tejido revestido en 0,074 S/cm para estas muestras de tejido. La conductividad se mide usando el método de matriz colineal de 4 líneas en el que se suministra corriente entre los dos conductores metálicos exteriores y una diferencia de tensión se mide entre los dos conductores metálicos interiores. Conductividad = $1/twR$, en la que 1 es la distancia entre conductores metálicos, t es el espesor de la película de la muestra, w es la anchura de la muestra y R es la resistencia obtenida a partir de la caída de voltaje ($V = IR$.) Detalles de las medidas de conductividad describen en RK Hiremath *et al.*, "Review of Scientific Instruments, Vol. 77, 126106 (2006).

Se llevarán a cabo estudios para determinar el efecto de las siguientes variables en la conductividad medida: (1) duración de la exposición del tejido, (2) capacidad de lavado del tejido (rendimiento después de la exposición a agua/jabón, etc), (3) longitud de la deformación, (4) resultado de múltiples deformaciones, (5) efecto de dopantes secundarios, por ejemplo, sorbitol, (6) calentamiento resistivo (es decir, la cantidad de corriente/tensión que se puede aplicar a las muestras de tejido y la cantidad de calor que se genera de este modo), y (7) efecto de tratamientos térmicos en el tejido después de la exposición a polímero conductor. Además, se usará microscopía para investigar la naturaleza de la interacción entre el tejido y el conductor.

Las formas en singular "un", "uno", y "el" incluyen referentes en plural a menos que el contexto lo indique claramente de otro modo. Los puntos finales de todos los intervalos dirigidos a la misma característica o componente se pueden combinar independientemente e incluyen el punto final mencionado.

Aunque la invención se ha descrito con detalle en conexión solamente con un número limitado de realizaciones, se entiende que la invención no se limita a dichas realizaciones desveladas, sino que solamente se limita por el alcance de las reivindicaciones adjuntas. En consecuencia, la invención no se va a contemplar como limitada por la descripción anterior, sino que solamente se limita por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una fibra o tejido electrocrómico, que comprende:

- 5 una fibra flexible conductora de la electricidad (50), en el que la fibra comprende un polímero orgánico no conductor de la electricidad (52) que se ha vuelto conductor de la electricidad mediante un material conductor de la electricidad que es poli(vinilpiridina) o en el que una fibra no conductora se reviste con un polímero conductor de la electricidad que es PEDOT-PSS, poli(tiofeno), poli(pirrol), poli(anilina), poli(acetileno), poli(p-fenilenvinileno), o poliestirenosulfonato de politien[3,4-b]tiofeno sulfonado;
- 10 una capa que comprende un material electrocrómico (54) colocado sobre y rodeando la fibra flexible conductora de la electricidad; y
una capa de electrolito (56) colocada sobre y rodeando la capa que comprende el material electrocrómico.

15 2. La fibra o tejido electrocrómico de la reivindicación 1, en el que la fibra o tejido electrocrómico es además elástico.

3. La fibra o tejido electrocrómico de la reivindicación 2, en el que la fibra flexible conductora de la electricidad, comprende spandex, nailon, o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores.

20 4. La fibra o tejido electrocrómico de las reivindicaciones 1-3, en el que el material electrocrómico es un óxido de metal de transición o un polímero conjugado.

5. Un dispositivo electrocrómico (70), que comprende:

- 25 al menos dos electrodos (72, 74);
un electrolito (82, 84) colocado entre los electrodos;
una fuente de potencial (90) en conexión eléctrica con al menos dos electrodos,
en el que al menos uno de los electrodos comprende una o más de una fibra o tejido electrocrómico, que comprende:

30 una fibra flexible conductora de la electricidad (78), y
una capa que comprende un material electrocrómico (78) colocado sobre y rodeando la fibra flexible conductora de la electricidad para formar una fibra electrocrómica, en la que la fibra electrocrómica se reviste con el electrolito formando una capa de electrolito.

35 6. El dispositivo electrocrómico de la reivindicación 5, en el que los electrodos comprenden una o más fibras o tejido flexibles, no electrocrómicos, conductores de la electricidad,.

40 7. El dispositivo electrocrómico de cualquiera de las reivindicaciones 5-6, en el que un primer electrodo comprende una primera fibra electrocrómica, y un segundo electrodo comprende una segunda fibra electrocrómica, en el que la primera y la segunda fibras se dirigen independientemente de forma electrónica.

45 8. El dispositivo electrocrómico de la reivindicación 6, en el que el tejido electrocrómico comprende spandex o nailon, y un material conductor de la electricidad que comprende poli(vinilpiridina) o en el que la fibra electrocrómica comprende una fibra no conductora revestida con PEDOT-PSS, poli(tiofeno), poli(pirrol), poli(anilina), poli(acetileno), poli(p-fenilenvinileno), o poliestirenosulfonato de politien(3,4-b)tiofeno sulfonado.

9. El dispositivo electrocrómico de cualquiera de las reivindicaciones 5-8, en el que el dispositivo es elástico.

50 10. El dispositivo electrocrómico de cualquiera de las reivindicaciones 5-9, en el que el electrolito es un electrolito de gel que comprende una sal de electrolito.

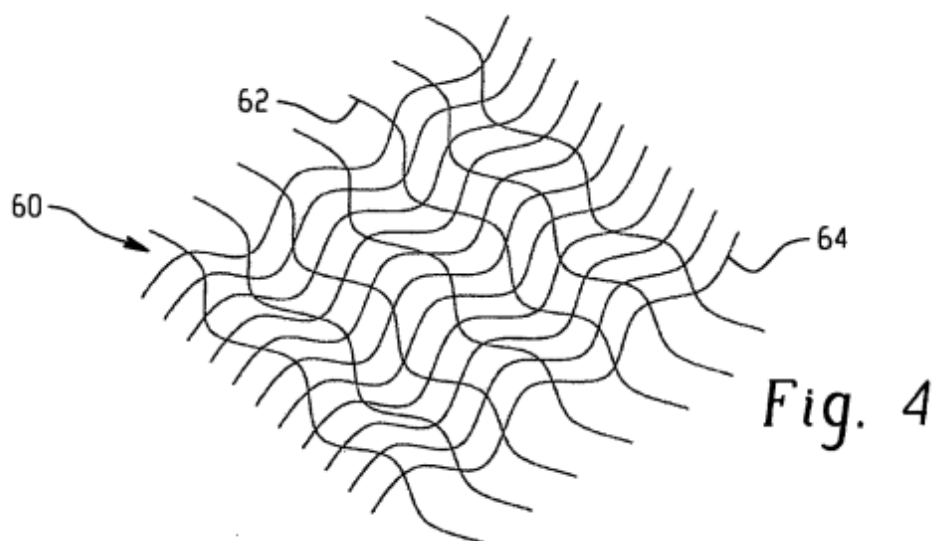
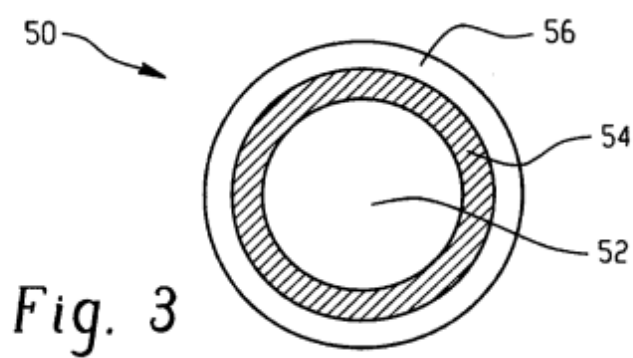
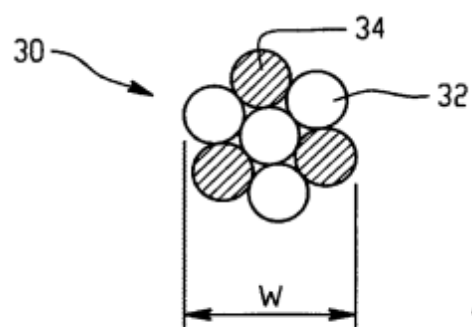
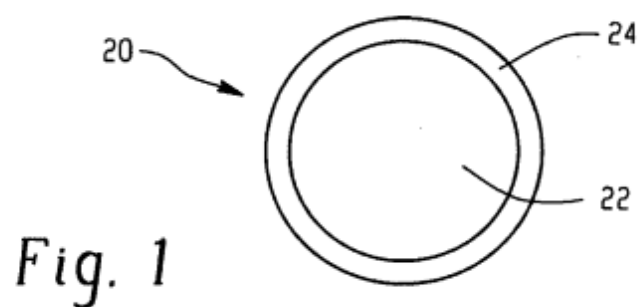
11. Un método para formar una fibra (50) o tejido (60) flexible electrocrómico, que comprende:

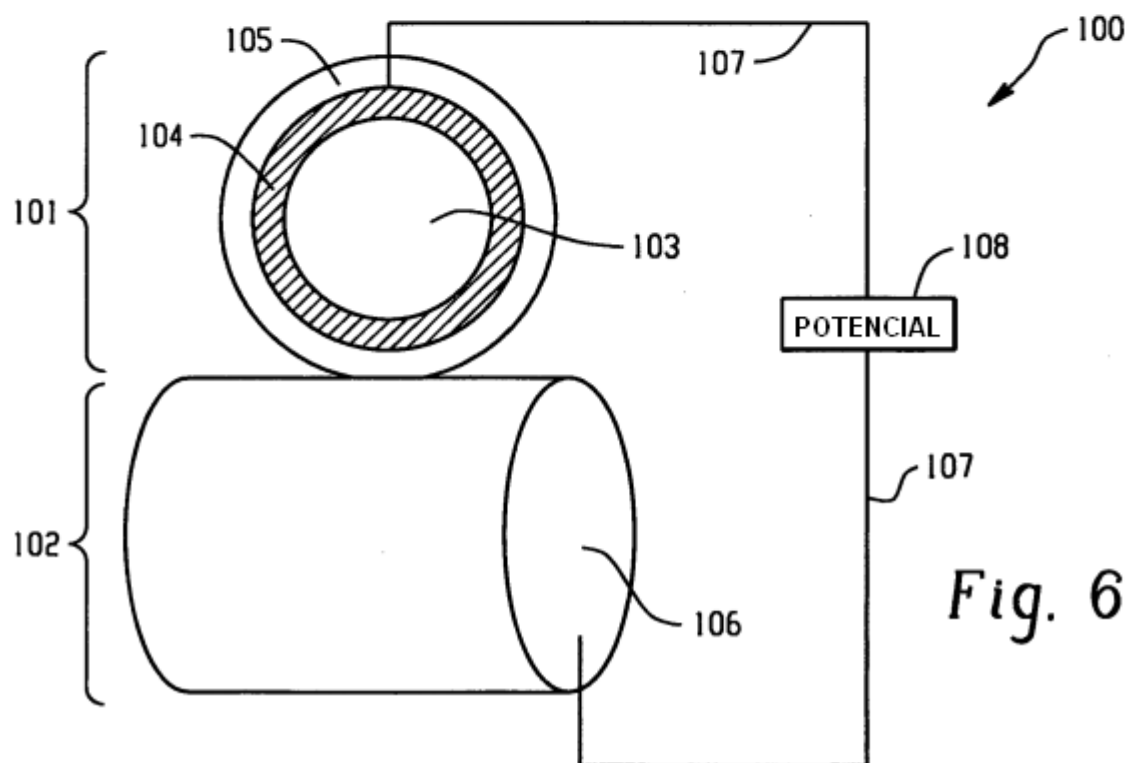
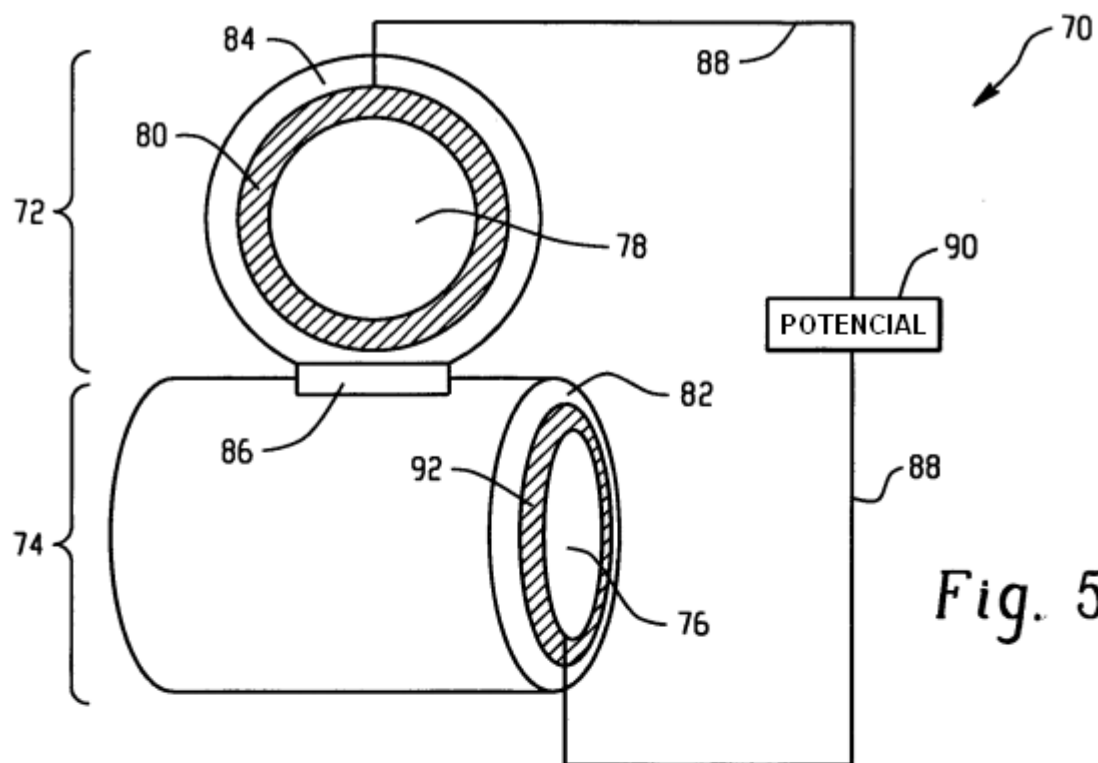
- 55 colocar un material electrocrómico sobre una superficie de una fibra (52) o tejido (60) conductor de la electricidad para formar una capa electrocrómica (54) sobre la superficie de la fibra o tejido conductor de la electricidad, en el que la colocación del material electrocrómico comprende colocar un precursor electrocrómico, y polimerizar el precursor electrocrómico para formar una capa electrocrómica de polímero sobre la superficie de la fibra o tejido conductor de la electricidad; y colocar una mezcla que comprende un precursor de gel y un electrolito sobre la capa electrocrómica de polímero para formar una capa de electrolitos, y polimerizar el precursor de gel para
60 formar la fibra o tejido flexible electrocrómico.

12. El método de la reivindicación 11, en el que la fibra o tejido conductor de la electricidad comprende una fibra o tejido de polímero orgánico no conductor de la electricidad natural o sintético que se vuelve conductor de la electricidad por tratamiento con un material conductor.

65

13. El método de la reivindicación 12, en el que la fibra o tejido no conductor de la electricidad comprende expandex, nailon, o una combinación que comprende al menos uno de los anteriores.





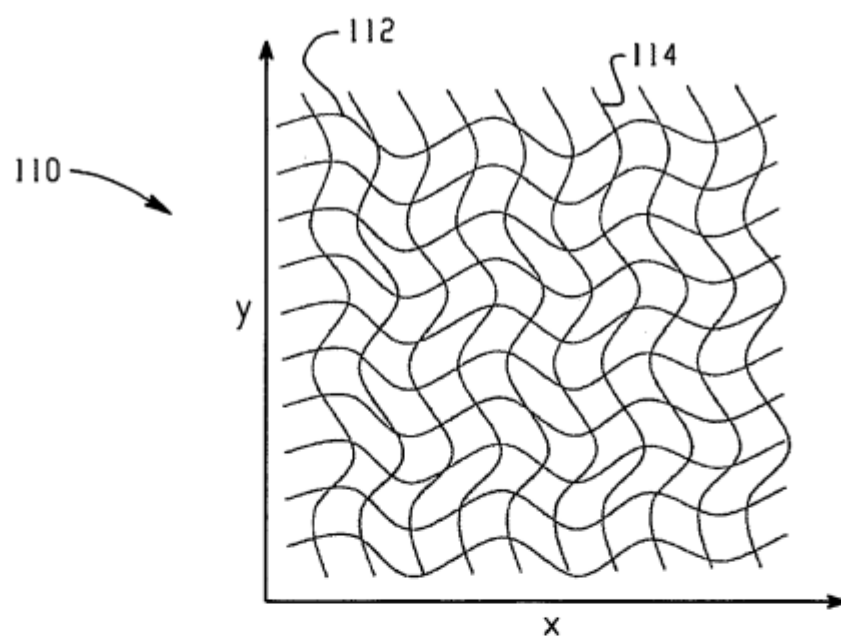


Fig. 7

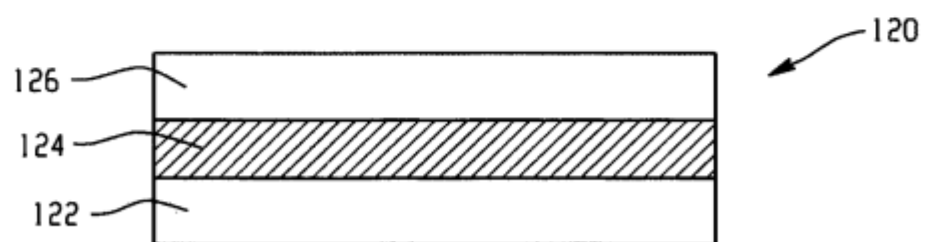
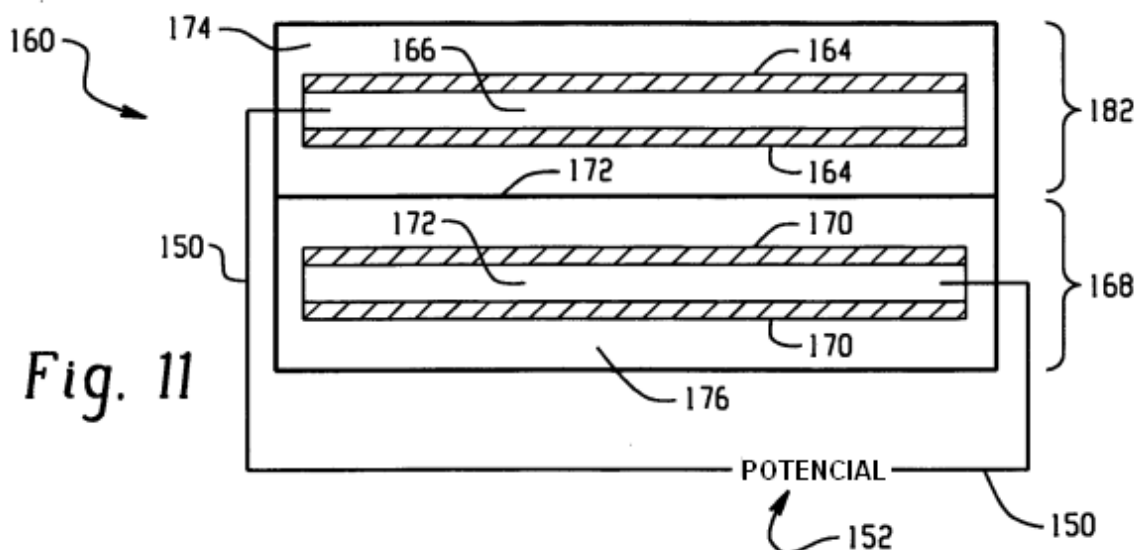
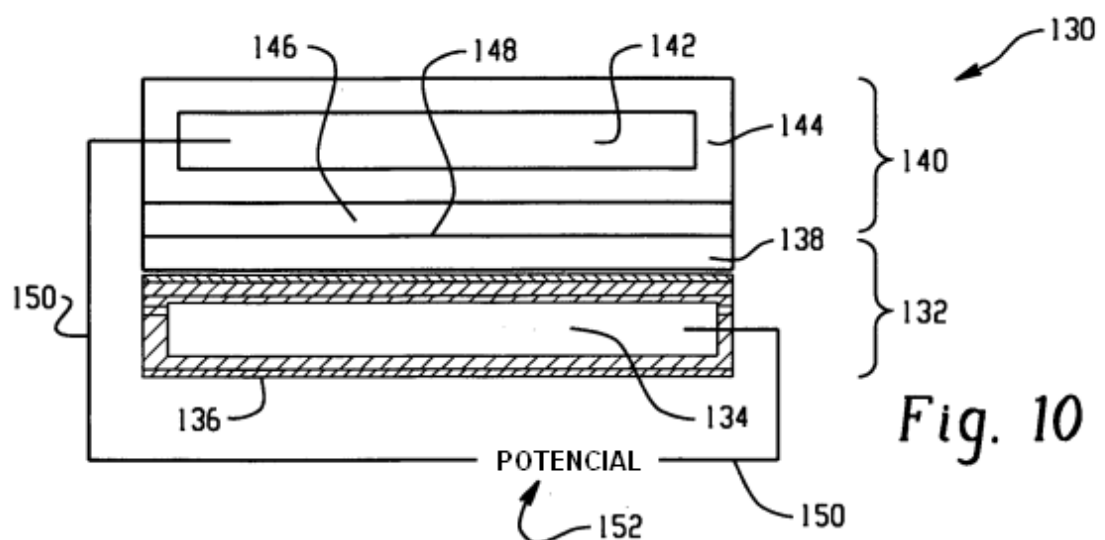
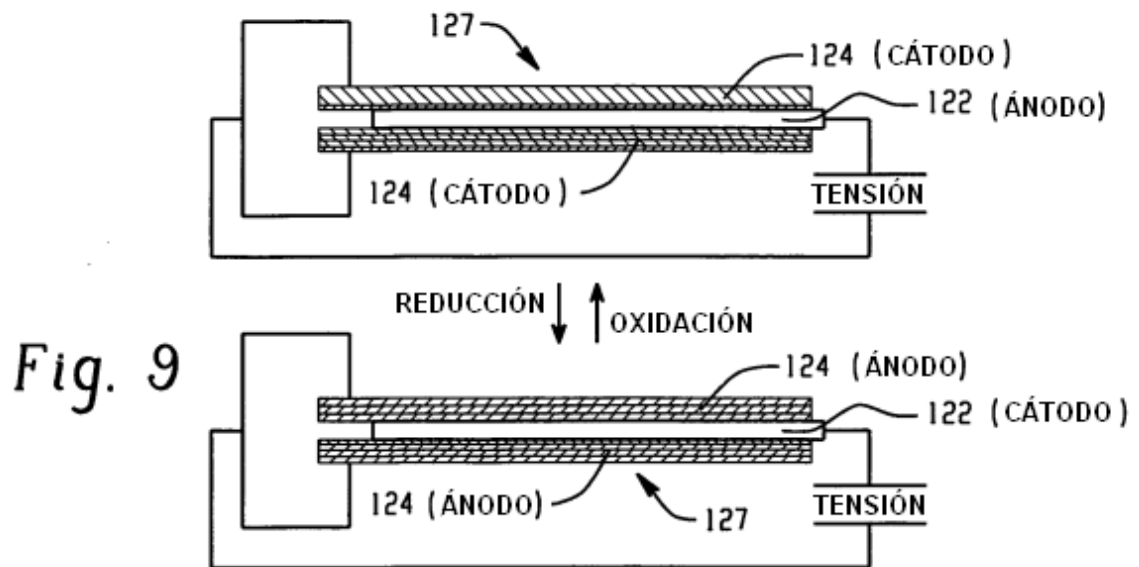


Fig. 8



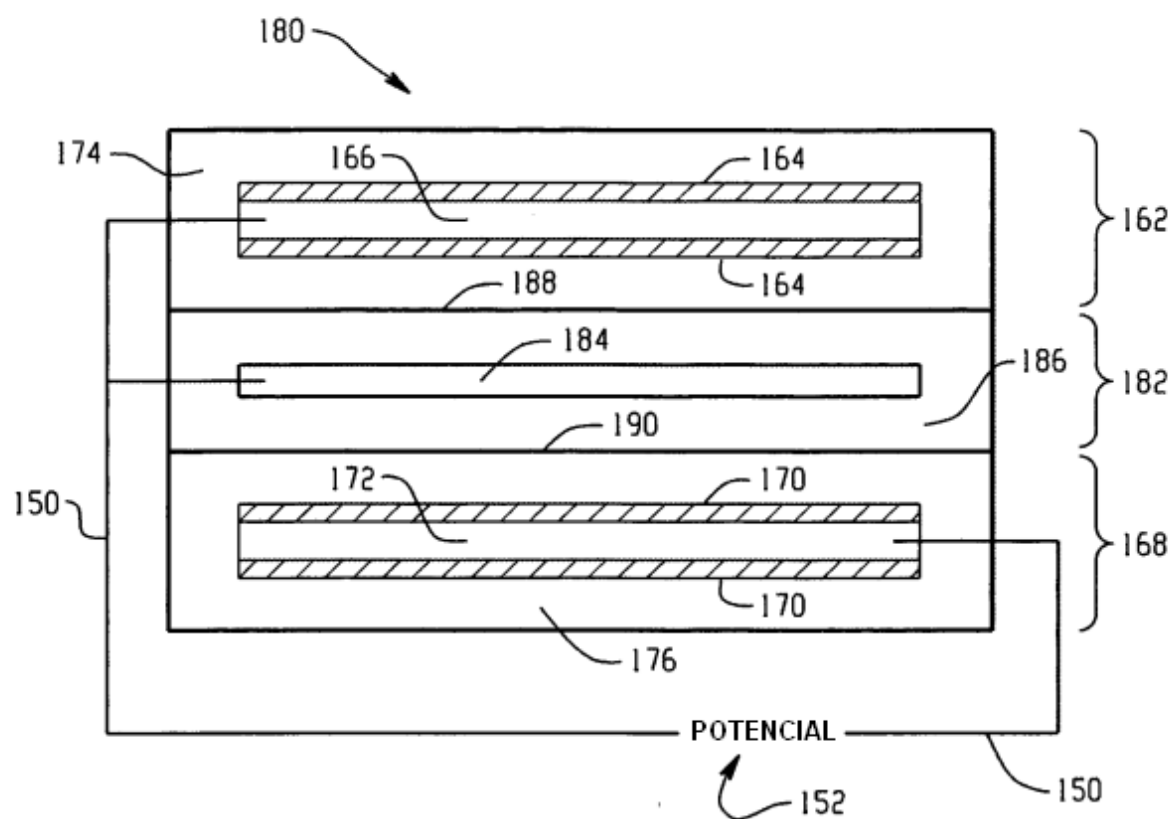


Fig. 12

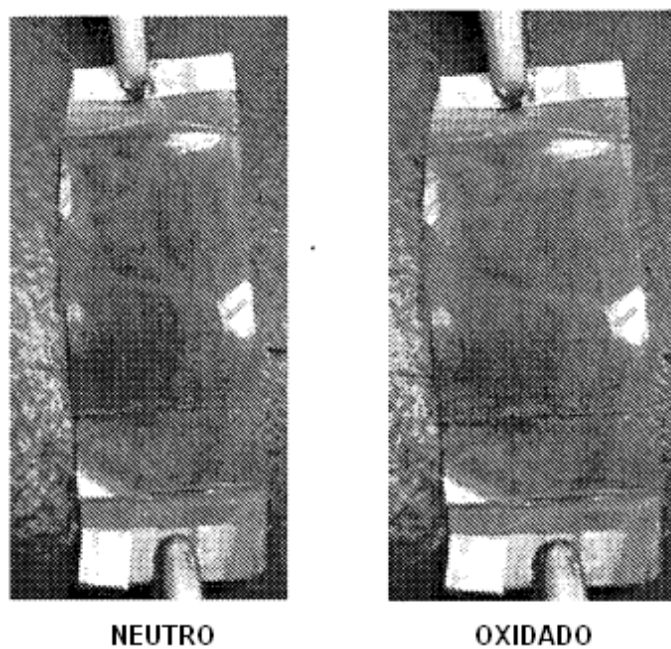


Fig. 13