

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 053**

51 Int. Cl.:

D06M 15/21	(2006.01)	C23C 18/20	(2006.01)
D01C 1/00	(2006.01)	D06M 11/155	(2006.01)
B05D 5/12	(2006.01)	C23C 18/30	(2006.01)
B82Y 30/00	(2011.01)	C23C 18/44	(2006.01)
D06M 11/83	(2006.01)	H01B 1/02	(2006.01)
D06M 15/285	(2006.01)	C23C 18/40	(2006.01)
D06M 16/00	(2006.01)		
D06M 15/356	(2006.01)		
C23C 18/16	(2006.01)		
D06M 101/06	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.02.2014 PCT/GB2014/050550**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.08.2014 WO14128505**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2014 E 14710343 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2959053**

54 Título: **Fibras conductoras**

30 Prioridad:

25.02.2013 GB 201303284

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

30.10.2018

73 Titular/es:

**NPL MANAGEMENT LIMITED (100.0%)
Hampton Road, Teddington
Middlesex TW11 0LW, GB**

72 Inventor/es:

**ASHAYER-SOLTANI, ROYA y
HUNT, CHRISTOPHER PAUL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 688 053 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

Fibras conductoras

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método para fabricar una fibra eléctricamente conductora para un tejido, a un tejido formado a partir de una pluralidad de tales fibras, y a artículos que incorporan dicho tejido. En particular, se refiere al revestimiento de una fibra natural tal como algodón con nanopartículas de plata. El tejido de algodón resultante exhibe una cobertura completa de partículas de plata con una buena adhesión a las fibras. Además de ser conductora y extremadamente flexible, el tejido también es antibacteriano debido a la presencia de plata nanométrica.

10 **Antecedentes de la técnica**

Se han realizado varios intentos para fabricar tejido conductor de modo que se pueda producir ropa o equipaje conductor y similares en los que se puede incorporar equipos electrónicos tales como teléfonos inteligentes, dispositivos de GPS y ordenadores personales. Dichos dispositivos tienen varios usos en los campos de consumo, negocios y militares.

15 Los métodos tradicionales para fabricar tejidos conductores se basan en la inclusión de un filamento conductor en el cuerpo del tejido cuando se teje el tejido.

El primer tejido conductor estaba hecho de organza de seda en el que la fibra conductora estaba hecha de un hilo de seda envuelto en delgada lámina de cobre (E.R. Post y M. Orth, IEEE International Symposium on Wearable Computers, 13-14 de octubre de 1997).

20 También se ha usado el entretejido de alambres de metal o filamentos poliméricos conductores dentro del tejido (H.-C. Chen, K.-C. Lee and J.-H. Lin, Composites, Part A, 35, 1249-1256, 2004). Sin embargo, es difícil formar nada distinto de los diseños más simples con estos procedimientos.

Otra forma de fabricar tejidos conductores es mediante el uso de polímeros conductores.

25 Los polímeros conductores se usan ampliamente para revestimientos textiles, incluyendo polianilina y polipirrol (J. Molina, A.I. del Río, J. Bonastre and F. Cases, Eur. Polym. J., 45, 1302, 2009 y B. Yue, C. Wang, X. Ding y GG Wallace, Electrochim.Acta, 68, 18-24, 2012). Sin embargo, estos polímeros no tienden a ser tan conductores como los metales.

Shieldex Trading, Inc. vende un tejido de nylon revestido de plata con la marca comercial Shieldex. Este producto usa plata gruesa y es caro, y no se ofrece en una forma para hacer circuitos.

30 El documento WO 2008/133672 (Drexel University) describe un método para injertar nanotubos de pared múltiple en la superficie externa de una nanofibra de poliacrilonitrilo usando un polielectrolito como un grupo enlazador. No se da ningún ejemplo de otro método de injerto.

35 El documento US 2007/0054577 (Avloni) describe la formación de fibras electroconductoras por medio de (i) pretratamiento con plasma seguido de (ii) unión capa a capa de un revestimiento conductor usando un polielectrolito como un grupo enlazador.

El documento CN 102120043 (Basic Medical) describe la unión de una nanocapa de plata a una gasa usando quitosano como un enlazador con el fin de impartir propiedades biocidas a la gasa.

40 El documento WO 00/49219 (Foxwood Research Limited) también describe un método para revestir un sustrato con plata nanométrica biocida usando quitosano como un grupo enlazador para unir las partículas de plata al sustrato. El quitosano necesita ser reticulado para hacerlo insoluble a pH ácido.

Sumario de la presente invención

En un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para fabricar una fibra eléctricamente conductora, que comprende las etapas de:

- (a) proporcionar una fibra que tiene una carga eléctrica negativa en la superficie de la fibra,
- 45 (b) aplicar a la fibra una sustancia (denominada a continuación "enlazador") que proporciona una capa de dicha sustancia sobre la fibra y cambia la carga eléctrica en la superficie de la fibra de negativa a positiva, en el que dicha sustancia no es quitosano, y
- (c) hacer la superficie de la fibra eléctricamente conductora con un metal, en el que el metal de la etapa (c) se proporciona en forma de iones metálicos y en el que los iones metálicos se reducen para formar nanopartículas de

metal elemental, y

en el que las nanopartículas se depositan selectivamente.

Se ha descubierto que el uso de quitosano afecta desventajosamente a las propiedades físicas de la fibra, y por lo tanto el quitosano queda excluido del alcance del presente método.

- 5 La ventaja de proporcionar el metal en forma de iones metálicos y a continuación llevar a cabo una reducción es que se obtienen resultados mejorados (véase el Ejemplo comparativo 5).

El agente reductor se aplica preferentemente a la superficie de la fibra primero y los iones metálicos se aplican a la superficie de la fibra en segundo lugar. La ventaja de este método es que minimiza la cantidad de agente reductor y las disoluciones de iones metálicos que se deben usar, y en segundo lugar da como resultado una cobertura más rápida de las fibras con nanopartículas.

10

En una realización alternativa, una disolución de iones metálicos, un agente reductor y el enlazador se combinan primero (por ejemplo en disolución acuosa) y a continuación la combinación se aplica a la fibra. Aunque en este método los iones metálicos se han reducido antes de ser aplicados a la fibra, también han estado en contacto con el enlazador antes de entrar en contacto con la fibra. Este método difiere de un método en el que el metal elemental se aplica a una fibra a la que el enlazador ya se ha aplicado (compárense el Ejemplo 4 y el Ejemplo comparativo 5 a continuación). Sin desear estar limitados por la teoría, se cree que la presencia del enlazador impide que las nanopartículas se aglomeren, lo que si no conduciría a malos resultados.

15

Preferentemente, la cantidad de agente reductor usado es menor de 7 mg (más preferentemente 6,1 mg) en 98 ml de agua. La ventaja de esto parece ser que las partículas de metal resultantes son inusualmente pequeñas - preferentemente menores de 50 nm y lo más preferentemente alrededor de 20 nm de diámetro medio. Esto significa que las partículas metálicas se pueden auto-sinterizar aplicando un calor suave - por ejemplo, las nanopartículas de plata de alrededor de 20 nm de diámetro medio se pueden auto-sinterizar a alrededor de 60°C para dar como resultado una vaina conductora de plata uniforme alrededor de la fibra.

20

A continuación, se puede aplicar otra capa de metal a la fibra conductora mediante, por ejemplo, una técnica de chapado no electrolítico convencional.

25

Preferentemente, el método comprende adicionalmente después de la etapa (a) la etapa de

(a1) tratar la fibra (preferentemente con una disolución alcalina, aunque también se puede usar una disolución ácida) para aumentar la carga eléctrica negativa en la superficie de la fibra (una etapa llamada "mercerización").

La fibra en cuestión puede ser natural, sintética, tejida o no tejida. Preferentemente es una fibra natural y puede estar ya tejida en forma de un tejido. Alternativamente, se puede proporcionar en forma no tejida y se puede tejer después de ser tratada según el método.

30

Las fibras naturales (y particularmente las fibras celulósicas como el algodón) tienen una carga negativa natural en la superficie de la fibra, lo que significa que las partículas metálicas (que forman enlaces electrostáticos a cargas positivas netas) no se unen a la superficie de la fibra.

35

La sustancia de la etapa (b) es preferentemente un polielectrolito catiónico, y más preferentemente sulfato de protamina, polibreno, poli(L-lisina), hidrocloreto de poli(alilamina), poli(etilenglicol-co-metacrilato de dimetilaminoetilo), poli(etilenimina), poli(acrilamida), poli(acrilamida-co-cloruro de dialildimetilamonio), cloruro de dialildimetilamonio, poli(cloruro de dialildimetilamonio), poli [bis(2-cloroetil)éter-alt-1,3-bis[3-(dimetilamino)propil]urea] cuaternizado, policuaternio-7, o cualquier combinación de los mismos.

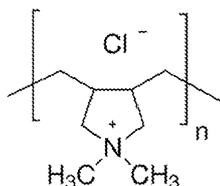
40

El poli(hidrocloreto de alilamina) está disponible comercialmente con dos pesos moleculares diferentes, a saber: 1) un Mw promedio de alrededor de 15.000 y 2) un Mw promedio de alrededor de 58.000. Cualquiera de los dos puede ser usado.

La cantidad de la sustancia de la etapa (b) es preferentemente no más de 2% en peso, preferentemente no más de 1% en peso, y lo más preferentemente alrededor de 0,2% en peso (específicamente, 1 g de una disolución al 20% en peso de PDADMAC mezclado con 100 ml de agua, o 0,198% en peso).

45

En una realización particularmente preferida, es poli(cloruro de dialildimetilamonio), también conocido como PDADMAC (imagen cortesía de Sigma-Aldrich):



El PDADMAC desempeña un papel importante como aglomerante entre el metal y el tejido, dando como resultado un revestimiento compacto más uniforme. Se cree que la presencia de dos grupos metilo y un grupo amino en la cadena del polímero proporciona sitios eléctricamente positivos en los que se puede producir la nucleación. Se cree que la unión de PDADMAC a la fibra está determinada predominantemente por la interacción iónica entre el PDADMAC catiónico y la superficie aniónica de la fibra. Debido a su naturaleza catiónica, la unión de PDADMAC a fibras de algodón se cree que es por medio de enlaces iónicos. Las cadenas de polímero largas también pueden proporcionar sitios más catiónicos para una unión posiblemente más fuerte a la superficie del tejido. El PDADMAC está disponible comercialmente en cuatro versiones, que difieren en cuanto a su peso molecular:

- 10 (i) muy bajo peso molecular (Mw medio <100.000)
- (ii) bajo peso molecular (Mw medio 100.000-200.000)
- (iii) peso molecular medio (Mw medio 200.000-350.000)
- (iv) alto peso molecular (Mw medio 400.000-500.000)

Aunque se puede usar cualquiera de estos (o una combinación) en la presente invención, se prefiere (ii) PDADMAC de bajo peso molecular. Comercialmente, este se proporciona en una disolución al 20% en peso en agua.

La etapa (a1) es una técnica conocida como mercerización. En la mercerización convencional, la concentración de disolución alcalina es de 10% en peso o más. En la presente invención, sin embargo, se prefiere usar disolución alcalina a alrededor de 1% en peso.

Cuando las fibras se tratan con una disolución alcalina (tal como una disolución de hidróxido de sodio), aumenta el número de sitios aniónicos en la superficie de la fibra, lo que facilita una mejor adsorción de PDADMAC.

El hidróxido de sodio provoca alguna separación de las cadenas de celulosa en el tejido, aumentando por consiguiente el número de sitios negativos para la unión. Por lo tanto, se puede esperar que al aumentar el porcentaje de peso de NaOH en la disolución, la cantidad de sitios negativos también se incrementará. Sin embargo, por encima de 3,0 mol dm⁻³ de tratamiento con álcali, las propiedades de la fibra parecen cambiar. Por consiguiente, en una realización preferida, la concentración de disolución alcalina es menor que esta.

Se debe indicar que se espera que otros tipos de disoluciones alcalinas se comporten de una manera similar. El tratamiento alcalino de un material basado en celulosa se denomina mercerización. Sin embargo, las cargas superficiales de otros tipos de tejido se pueden incrementar usando diferentes tratamientos.

La fibra se puede tejer en forma de un tejido (o en forma de un patrón conductor dentro de un tejido de otro modo no conductor). Igualmente, el método según la invención se puede emplear para revestir fibras dentro de un tejido con un revestimiento conductor.

El tejido revestido de plata nanométrica se puede usar en una amplia gama de aplicaciones tales como apósitos para heridas, ropa higiénica y aplicaciones médicas en las que la presencia de bacterias es peligrosa. Por ejemplo, se puede usar para la fabricación de mascarillas faciales, guantes quirúrgicos y uniformes militares, en los que la infección de una herida podría tener un efecto severo. La alta flexibilidad de las fibras textiles les permite ser empleadas en las industrias de la salud, el ocio y el deporte.

El tejido conductor también se puede usar como un sensor usable, que se siente cómodo y no restrictivo.

En el procedimiento de la invención, la fabricación de nanopartículas ocurre preferentemente de forma simultánea (1) humedeciendo el tejido con la disolución reductora y (2) añadiendo la disolución de sal metálica que da como resultado la formación de nanopartículas y su deposición sobre las fibras. Esta es una ventaja conceptual importante ya que la deposición de nanopartículas no necesita la inmersión de todo el tejido en la disolución que contiene nanopartículas. Este método de deposición de nanometal es más rentable que el método tradicional. Además, este método se puede adaptar para depositar la plata de forma selectiva. Esto podría ser mediante impresión con estarcido o impresión con aerosol sobre el tejido para cualquier tipo de diseño de circuito incluyendo los patrones complejos.

Se podrían usar otros tipos de polímeros para revestir el tejido antes de la deposición de nanopartículas. Los polímeros pueden tener cargas y usarse solos o en combinación. Además, el procedimiento se puede usar para cubrir tejidos de algodón con otros tipos de nanopartículas que ofrecen diferentes propiedades, como cobre, dióxido de titanio y zinc.

- 5 Se podrían usar diferentes tipos de nanopartículas/nanoalambres antes del chapado no electrolítico. El chapado no electrolítico se puede conseguir con otros tipos de materiales, tales como Al, Ni y Sn, dependiendo de la aplicación.

Un desarrollo adicional de este procedimiento podría incluir el revestimiento por pulverización.

Se describe aquí un método para fabricar una fibra eléctricamente conductora, que comprende las etapas de:

- (i) proporcionar una fibra que tiene una carga eléctrica negativa en la superficie de la fibra,
- 10 (ii) tratar la fibra con una disolución alcalina para incrementar la carga eléctrica negativa en la superficie de la fibra,
- (iii) aplicar a la fibra de la etapa (ii) una sustancia que proporciona una capa de dicha sustancia alrededor de la fibra y cambia la carga eléctrica en la superficie de la fibra de negativa a positiva,
- (iv) depositar metal sobre la superficie de la fibra de la etapa (iii) para hacer la superficie eléctricamente conductora.

- 15 Se describe aquí un método para depositar metal sobre la superficie de una fibra que tiene una carga positiva en la superficie de la fibra, que comprende aplicar primero un agente reductor (tal como borohidruro de sodio acuoso) a la superficie de la fibra y aplicar iones metálicos (como nitrato de plata) a la superficie de la fibra en segundo lugar, por lo que los iones metálicos se reducen a partículas metálicas (preferentemente con un tamaño medio de menos de 50 nm, lo más preferentemente con un tamaño medio de alrededor de 20 nm) .

- 20 Preferentemente, la cantidad de agente reductor usado es menos de 7 mg (lo más preferentemente 6,1 mg) en 98 ml de agua.

Breve descripción de los dibujos

Se describirán ahora varias realizaciones preferidas de la invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 25 La figura 1 muestra una serie de imágenes de microscopio electrónico de barrido (SEM) (reducción 3 veces) de tejido de algodón tratado por medio de un método según la invención;

La figura 2 muestra una serie de imágenes de SEM (reducción 3 veces) de tejido de algodón tratado por medio de un método según la invención, excepto que se omite la etapa de mercerización.

La figura 3 muestra una serie de imágenes de SEM (reducción 3 veces) de tejido de algodón tratado por medio de un método según la invención, excepto que se ha omitido la etapa de aplicar un polielectrolito catiónico;

- 30 La Figura 4 es un diagrama esquemático que muestra las etapas de un método preferido según la presente invención;

La figura 5 muestra una imagen de SEM (y una versión ampliada) de otro tejido de algodón tratado por medio de un método según la invención;

- 35 La figura 6 muestra una imagen de SEM (y una versión ampliada) de otro tejido de algodón tratado por medio de un método según la invención;

La Figura 7 es una fotografía que muestra (en uso) una pista conductora fabricada por medio de un método según la invención;

La Figura 8A muestra imágenes de SEM de fibras de algodón sumergidas en una disolución de plata nanométrica (no según la invención); y

- 40 La Figura 8B es una fotografía del tejido de algodón de la Fig. 8A después del chapado no electrolítico con cobre.

Ejemplo 1

El tejido de algodón se trató por medio del siguiente procedimiento de cuatro etapas:

1. Mercerización
2. Modificación de la superficie
- 45 3. Fabricación y deposición y sinterización de nanopartículas de plata

4. Crecimiento de capa conductora secundaria

Un diagrama esquemático que ilustra este ejemplo se muestra en la figura 4.

1. Mercerización

5 El tejido de algodón se trató con disolución acuosa de NaOH al 1% en peso a temperatura ambiente durante 30 minutos seguido de lavado con agua destilada.

2. Modificación de la superficie

10 La muestra se secó y a continuación se revistieron sus fibras con una disolución acuosa al 0,198% en peso de poli(cloruro de alquilendimetilamonio) (PDADMAC). Esto se hizo tomando 1 g de una disolución al 20% en peso de PDADMAC y mezclándolo con 100 ml de agua, de modo que la disolución resultante fuera de 0,2 g de PDADMAC en 101 ml de agua, es decir, 0,198% en peso.

Después de mojar completamente el tejido con la disolución, el tejido se secó a 59°C en el horno durante 5 minutos para evaporar cualquier molécula de agua restante. Se debe señalar que el tejido se puede secar de forma natural a temperatura ambiente antes de la deposición de nanopartículas.

3. Fabricación y Deposición

15 Se preparó una disolución acuosa 0,025 M (0,43 g / 100 ml de agua) de nitrato de plata. A continuación, el tejido de algodón (1,5 g con una área superficial de 64 mm²) se humedeció con 0,1 ml de 1,61 x10⁻⁴ M (6,1 mg / 98 ml de agua) de una disolución acuosa de NaBH₄. A continuación se añadió al tejido 10 µl de la disolución de nitrato de plata.

20 El color del tejido cambió inmediatamente de color blanco a marrón, lo que es una indicación de la formación de nanopartículas de plata. Se verificó que el tamaño de las nanopartículas mediante dispersión dinámica de luz (DLS) era de aproximadamente 20 nm. El material textil se secó a 59°C y a continuación se llevó a cabo otra etapa de reducción para añadir otra capa de nanopartículas al tejido. Las fibras de algodón se cubrieron completamente con nanopartículas de plata después de tres reducciones consecutivas.

4. Crecimiento de la capa conductora secundaria

25 Se estableció una cubierta conductora de plata con un espesor inferior a 100 nm sobre las fibras, y a continuación se empleó chapado no electrolítico de metal para espesar la capa conductora. Específicamente, se llevó a cabo un chapado no electrolítico de cobre a una temperatura de 46°C durante 25 minutos. Con un espesor de cobre de aproximadamente 1,25 micrómetros, la resistividad era 0,1 Ω/sq.

En la Figura 1 se muestra una serie de SEMs de las fibras de algodón tratadas resultantes.

30 Como control, un tejido de algodón idéntico se somete al método pero omitiendo la etapa de mercerización. Durante las etapas subsiguientes del procedimiento, las fibras no se cubrieron completamente con nanopartículas de plata (véase la Fig. 2). El procedimiento de mercerización crea muchos más sitios negativos sobre las fibras, y sin esta etapa se reduce la oportunidad de unión en las etapas subsiguientes.

35 Se lleva a cabo un control adicional sometiendo un tejido de algodón idéntico al método pero sin usar ningún PDADMAC.

El PDADMAC desempeña un papel importante como aglomerante entre las partículas de plata y el material textil, dando como resultado un revestimiento compacto más uniforme (Figura 1). Por el contrario, el material textil preparado con la etapa de mercerización pero sin PDADMAC tenía una morfología irregular aleatoria (Fig. 3).

Ejemplo 2

40 Con el fin de preparar la segunda muestra de tejido conductor, se repitieron las etapas del Ejemplo 1 anterior excepto que el tejido se revistió con una disolución acuosa de poli(acrilamida-co-cloruro de dialildimetilamonio) (PAADADMAC) en lugar de PDADMAC.

La disolución polimérica se preparó tomando 1 g de una disolución al 10% en peso de PAADADMAC y mezclando eso con 100 ml de agua.

45 Las imágenes de SEM (Fig. 5) mostraron una cobertura total de las fibras dentro del tejido. El chapado no electrolítico con cobre se llevó a cabo a una temperatura de 46°C durante 25 minutos. Esto dio como resultado un grosor de cobre de alrededor de 1,25 micras con una resistividad de 0,2 Ω/sq.

Ejemplo 3

Se repitió el Ejemplo 1 pero con un polielectrolito catiónico diferente, a saber, poli(hidrocloruro de alilamina) (PAAHC) con un peso molecular de 58000, adquirido de Sigma Aldrich.

La disolución polimérica se preparó haciendo una disolución acuosa al 1% en peso de PAAHC.

- 5 Las imágenes de SEM (Fig. 6) mostraron cobertura de fibras dentro del tejido. El chapado no electrolítico con cobre se llevó a cabo a una temperatura de 46°C durante 25 minutos. Esto dio como resultado un espesor de cobre de alrededor de 1,25 micrómetros, la resistividad era de 0,2 Ω /sq.

Ejemplo 4

- 10 Se realizó un experimento para investigar la adición de polielectrolito a la disolución de nanopartículas antes de la deposición de nanopartículas sobre el tejido. Se llevaron a cabo las siguientes etapas:

(a) Se añadió 1 ml de una disolución 0,025 M de nitrato de plata a 100 ml de $1,61 \times 10^{-4}$ M de NaBH_4 . El color cambió inmediatamente a un color de tono amarillo, debido a la formación de nanopartículas de plata.

- 15 (b) Se preparó una disolución acuosa de poli(cloruro de alcadildimetilamonio) (PDADMAC) tomando 1 g de una disolución al 20% en peso de PDADMAC y mezclándolo con 100 ml de agua, de modo que la disolución resultante era de 0,2 g de PDADMAC en 101 ml de agua, es decir, 0,198% en peso.

- 20 (c) Se añadieron 0,1 ml de la disolución de PDADMAC preparada en la etapa (b) a la disolución de nanopartículas de plata. El color cambió de amarillo a un color de tono rojo. La disolución se centrifugó a continuación a 3.500 rpm durante 100 minutos. El efluente se descargó y la precipitación se usó para revestir el tejido, después de lo cual el material textil se secó a 60°C antes del chapado no electrolítico de cobre. Este método permitió crear una pista conductora muy fina. Una de esas pistas se ha mostrado en la Fig.7.

- 25 Se debe señalar que cuando se añadió el polielectrolito a la disolución de nanopartículas, el potencial zeta de la disolución cambió de negativo a positivo (+36). Además, después de la centrifugación, las partículas no se aglomeraron y no formaron grandes partículas de metal de plata. Sin desear estar limitado por la teoría, se cree que esto se debe a la unión entre las nanopartículas de plata y los grupos cargados en la cadena polimérica. Por lo tanto, cuando se coloca sobre el tejido, el tejido lo adsorbe de manera uniforme.

Ejemplo comparativo 5

- 30 Se realizó un experimento para investigar la efectividad de la disolución de nanopartículas de plata para fabricar el tejido conductor. Las fibras dentro del tejido se revistieron con el enlazador PDADMAC. La disolución de plata nanométrica se preparó aproximadamente 2 horas antes de la aplicación. Se observó que el tejido no estaba revestido con nanopartículas de plata incluso después de ocho deposiciones consecutivas de disolución de nanopartículas de plata. Las imágenes de SEM de fibras de algodón sumergidas en disolución de plata nanométrica se muestran en la figura 8A.

- 35 Además, cuando se llevó a cabo un chapado no electrolítico de cobre a una temperatura de 46°C durante más de 3 horas, el tejido no se cubrió con cobre (véase la Fig. 8B). Esto no es sorprendente ya que había una cobertura pobre de plata nanométrica.

Ejemplo comparativo 6

Para preparar una muestra de tejido conductor, se usaron las mismas etapas que las mencionadas anteriormente (véase el Ejemplo 1). Sin embargo, el único cambio realizado en el procedimiento fue que el tejido se revistió con una disolución acuosa de quitosano al 1% (adquirida de Sigma Aldrich).

- 40 Se debe señalar que el quitosano no se disuelve en agua; por lo tanto, se preparó una disolución acuosa de (1 gramo de quitosano en 98 ml de agua desionizada y 2 ml de ácido acético).

El tejido conductor resultante ha perdido su elasticidad y la superficie era bastante granulosa y áspera. La resistencia era igual a la resistencia del tejido del Ejemplo 1.

- 45 Dado que la textura del tejido se había alterado tanto, se decidió explorar usando una disolución diluida de quitosano. Sin embargo, se observó un efecto similar cuando la disolución de quitosano se diluyó al 0,1% en peso.

REIVINDICACIONES

1. Un método para preparar una fibra eléctricamente conductora, que comprende las etapas de:
 - (a) proporcionar una fibra que tiene una carga eléctrica negativa en la superficie de la fibra,
 - 5 (b) aplicar a la fibra una sustancia que proporciona una capa de dicha sustancia sobre la fibra y cambia la carga eléctrica en la superficie de la fibra de negativa a positiva, en el que dicha sustancia no es quitosano, y
 - (c) hacer la superficie de la fibra eléctricamente conductora con un metal, en el que el metal de la etapa (c) se proporciona en forma de iones metálicos, en el que los iones metálicos se reducen para formar nanopartículas metálicas elementales, y en el que las nanopartículas se depositan selectivamente.
- 10 2. Un método según la reivindicación 1, en el que se emplea un agente reductor para reducir los iones metálicos al metal elemental y en el que el agente reductor se aplica primero a la superficie de la fibra y los iones metálicos se aplican a la superficie de la fibra en segundo lugar.
3. Un método según la reivindicación 1, en el que se combinan una disolución de iones metálicos, un agente reductor y dicha sustancia y a continuación se aplica la combinación a la fibra.
- 15 4. Un método según la reivindicación 3, en el que la disolución de iones metálicos y el agente reductor se combinan primero, y a continuación se añade dicha sustancia.
5. Un método según cualquier reivindicación anterior, que comprende adicionalmente después de la etapa (a) la etapa de
 - (a1) tratar la fibra con una disolución ácida o alcalina para incrementar la carga eléctrica negativa en la superficie de la fibra.
- 20 6. Un método según cualquier reivindicación anterior, en el que la sustancia de la etapa (b) es un polielectrolito catiónico.
7. Un método según cualquier reivindicación anterior, en el que la sustancia de la etapa (b) es sulfato de protamina, polibreno, poli(L-lisina), poli(hidrocloruro de alilamina), poli(etilenglicol-co-metacrilato de dimetilaminoetilo), poli(etilenimina), poliacrilamida, poli(acrilamida-co-cloruro de dialildimetilamonio), cloruro de dialildimetilamonio, poli(cloruro de dialildimetilamonio), poli[bis(2-cloroetil)éter-alt-1,3-bis[3-(dimetilamino)propil]urea] cuaternizado, policuaternio-7 o cualquiera de sus combinaciones.
- 25 8. Un método según la reivindicación 10, en el que la sustancia de la etapa (b) es una disolución acuosa de alrededor de 0,2% en peso de poli(cloruro de dialildimetilamonio).
- 30 9. Un método según cualquier reivindicación anterior, en el que dicho metal después de la reducción está en forma de partículas metálicas que tienen un diámetro medio menor de 50 nm.
10. Un método según cualquier reivindicación anterior, que comprende la etapa adicional de aplicar una capa adicional de metal al metal sobre la fibra.
11. Un método según cualquier reivindicación anterior, en el que dicha capa adicional de metal se aplica por medio de chapado no electrolítico.
- 35 12. Un método según la reivindicación 11, en el que el metal en la capa adicional es diferente del metal de la etapa (c).
13. Una fibra eléctricamente conductora para un tejido obtenible por medio de un método según cualquier reivindicación anterior.
- 40 14. El tejido formado a partir de una pluralidad de fibras según la reivindicación 13.
15. Un artículo que incorpora tejido según la reivindicación 14.

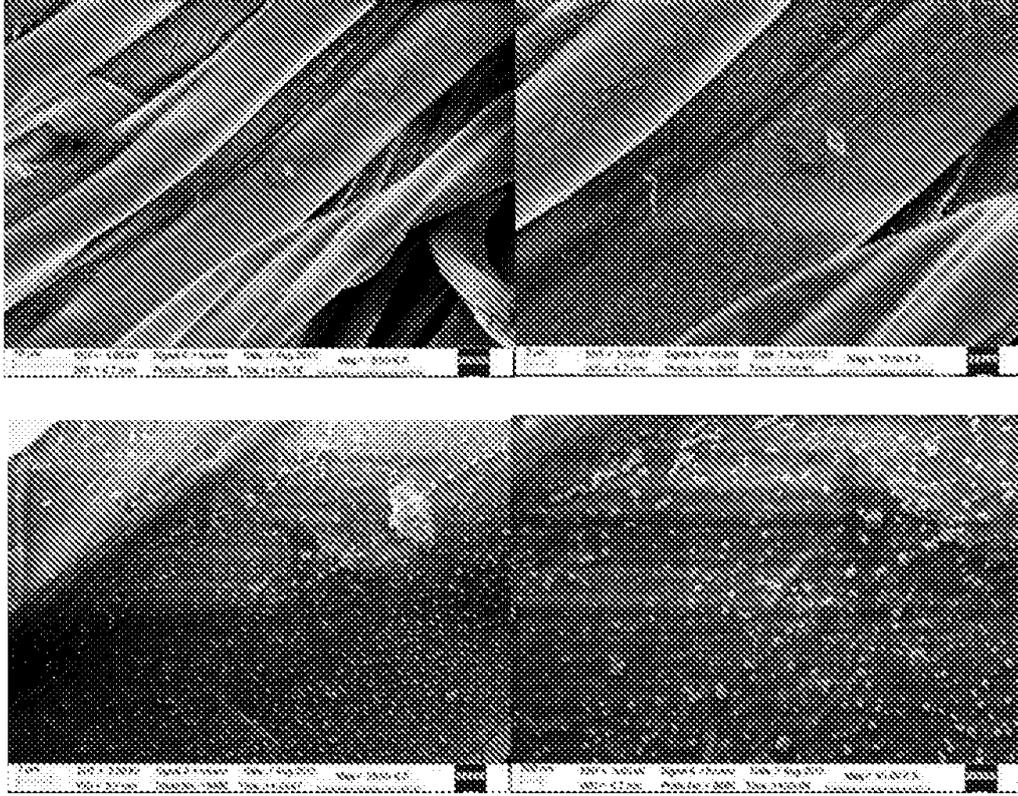


Fig. 2

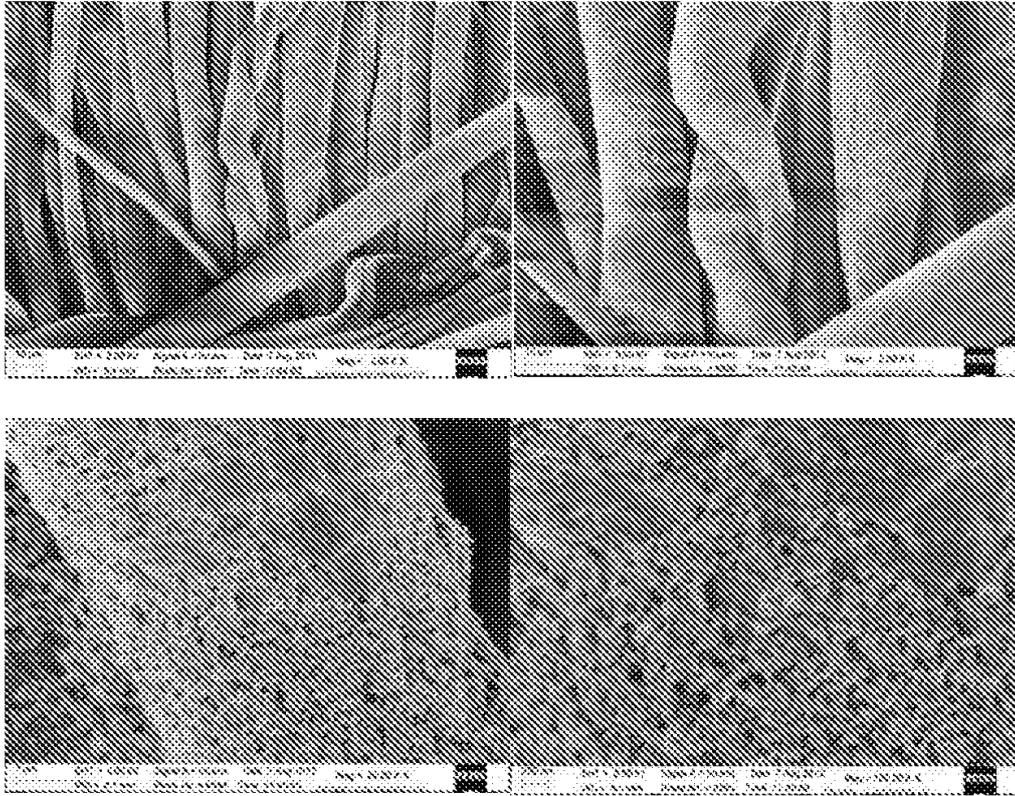


Fig. 3

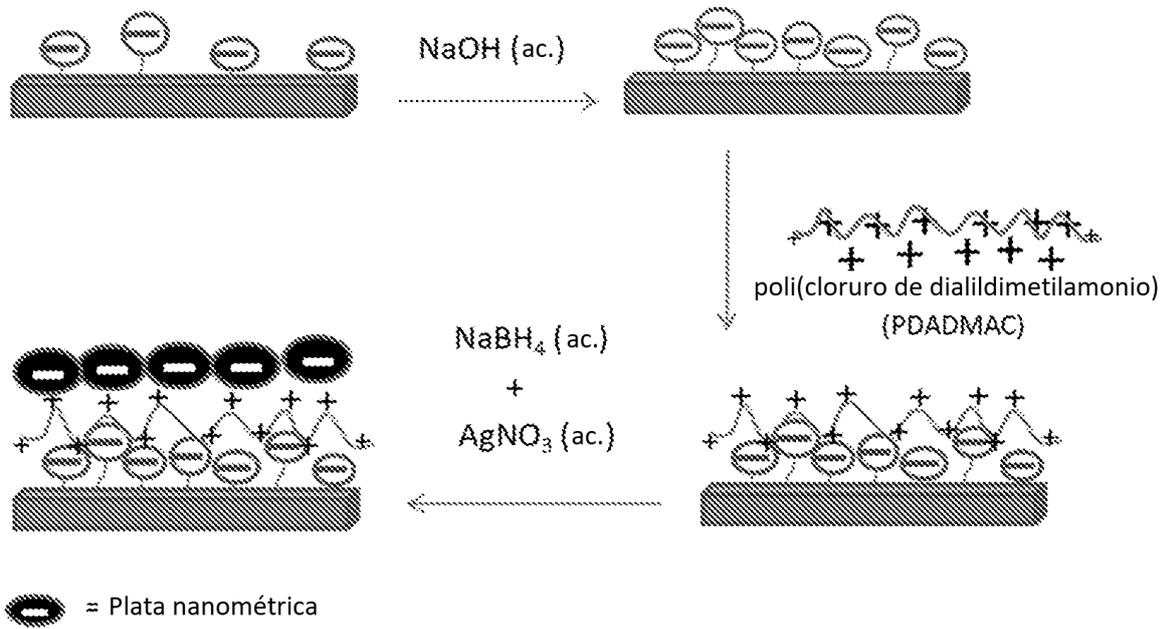


Fig. 4

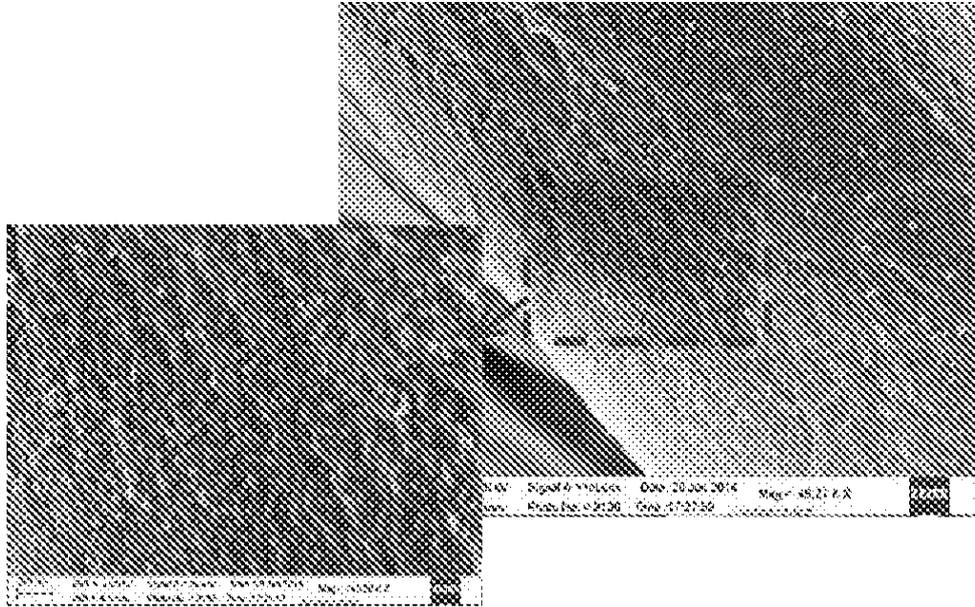


Fig. 5



Fig. 6

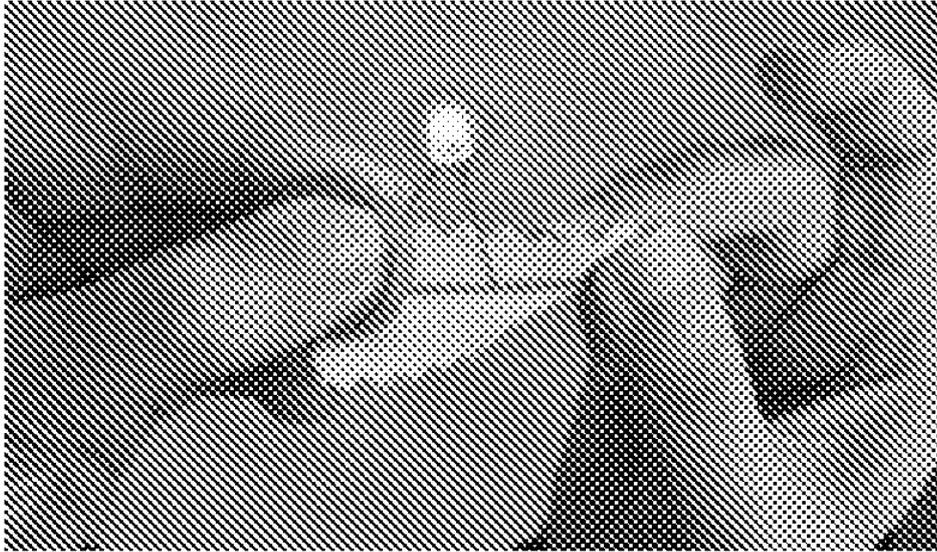


Fig. 7

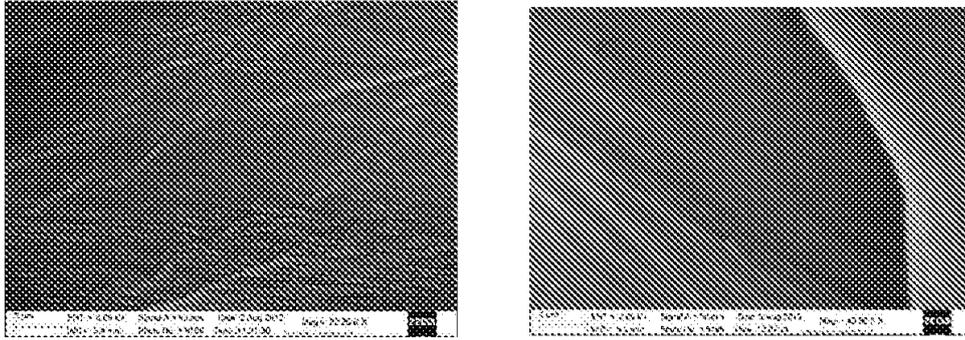


Fig. 8A

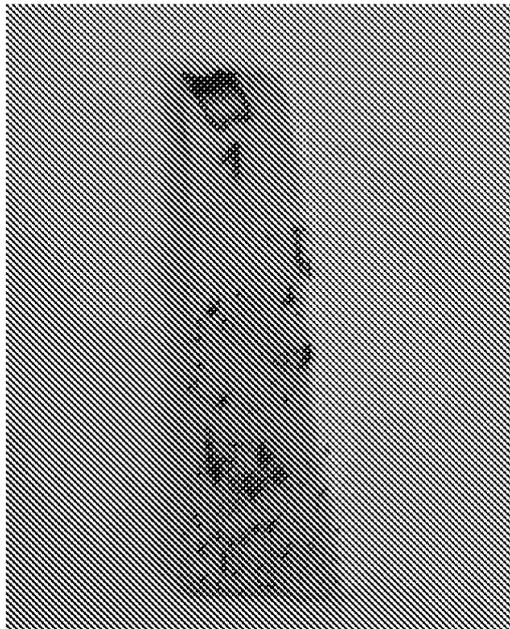


Fig. 8B