

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 573**

51 Int. Cl.:
D01F 11/12 (2006.01)
D06M 15/00 (2006.01)
D06M 23/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05814980 .8**
96 Fecha de presentación: **26.10.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1805357**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.07.2007**

54 Título: **Fibras compuestas y fibras disimétricas a partir de nanotubos de carbono y de partículas coloidales**

30 Prioridad:
29.10.2004 FR 0411605

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.07.2012

73 Titular/es:
**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS)
3, RUE MICHEL-ANGE
75794 PARIS CEDEX 16, FR**

72 Inventor/es:
**POULIN, Philippe y
VAUGIEN, Thibaud**

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 385 573 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 compuestas y fibras disimétricas a partir de nanotubos de carbono y de partículas coloidales

La presente invención se refiere a un procedimiento de realización de fibras compuestas que comprende dos capas distintas que tienen una composición y propiedades fisicoquímicas diferentes y espesores controlados y homogéneos, estando constituida una de dichas dos capas por nanotubos de carbono, siendo obtenidas dichas fibras compuestas a partir de fibras de nanotubos de carbono y de una primera disolución de concentración determinada de partículas coloidales destinadas a constituir la segunda capa.

Asimismo, la invención se refiere a las fibras obtenidas mediante el procedimiento y a sus aplicaciones.

La norma IUPAC define en sentido general las partículas coloidales como partículas cuyo tamaño está comprendido entre 1 nanómetro y algunos micrómetros. La presente invención se referirá a esta definición cuando se emplee el término "partículas coloidales".

Las fibras naturales o sintéticas utilizadas como textiles o cargas compuestas se recubren con frecuencia con aditivos. Este recubrimiento tiene por objeto modificar las propiedades de superficie de la fibra o de proporcionarle una funcionalidad particular. En algunos casos se emplea el término apresto. por ejemplo, el denominado apresto "textil" aplicado sobre filamentos a la salida de la hilera consiste en depositar un agente de unión que asegure la cohesión entre ellos, disminuyendo la abrasión y facilitando las manipulaciones posteriores (tejido) y evitando la formación de cargas electrostáticas. Existen numerosos otros casos en los que se debe recubrir una fibra con un compuesto específico. Por ejemplo, es posible colorear una fibra simplemente recubriéndola con colorantes. una fibra textil, aislante en origen, se puede transformar en conductora mediante su recubrimiento o apresto con polímeros conductores. Es posible perfumar un vestido recubriendo sus fibras con cápsulas que contienen un perfume.

El apresto clásico de una fibra conduce a una cobertura uniforme y simétrica de su superficie.

Sin embargo, en algunos casos es preferible aportar un aditivo en una fibra de forma diferente, por ejemplo, en la superficie, pero de forma disimétrica. Se proponen estas condiciones diferentes para mejorar las propiedades de las fibras y para conferirles nuevas funciones.

En el marco particular de la invención, la fibra utilizada como material de base es una fibra de nanotubos de carbono.

Los nanotubos de carbono presentan una estructura y unas propiedades electrónicas y mecánicas que hacen de ellos materiales muy prometedores para una multitud de aplicaciones: compuestos, actuadores electromecánicos, cables, hilos resistentes, detectores químicos, almacenamiento de hidrógeno, visualizadores de emisión de electrones, convertidores de energía, componentes electrónicos, electrodos, baterías, soportes de catálisis, etc.

A los nanotubos de carbono se les puede dar forma de cintas o de fibras mediante un procedimiento de hilado descrito en el documento de las patentes FR2805179 y WO0163028. Este procedimiento consiste en dispersar de forma homogénea los nanotubos en un medio líquido.

Una vez dispersados, los nanotubos son recondensados, en forma de una cinta o de una prefibra inyectando la dispersión en otro líquido que provoca la coagulación de los nanotubos.

Las cintas, prefibras o fibras finales se pueden tratar mediante estiramientos en vía húmeda de forma que se mejore la orientación de los nanotubos. Estos procesos de reformado se describen en el documento de la patente FR 0110611, como estiramientos de la fibra, de forma estática o dinámica, en disolventes que tienen una afinidad más o menos buena con el polímero coagulante, para mejorar la estructura y las propiedades físicas de las fibras.

Las propiedades de estas fibras, como las de cualquier otra fibra, dependen de manera crítica de la naturaleza y de la disposición de sus componentes.

Los nanotubos de carbono constituyen un material "inteligente" capaz de responder en el plano mecánico y eléctrico a estímulos de naturaleza eléctrica, mecánica, química o biológica. La fibra de nanotubos puede constituir una estructura particularmente adaptada para poner de relieve estas funciones. En efecto, la fibra de nanotubos constituye un objeto macroscópico que contiene una fracción alta de nanotubos orientados. Así, es posible, realizar actuadores cuyas prestaciones sobrepasan en mucho las de otros montajes de nanotubos, como el papel de nanotubos. También es posible realizar microelectrodos mucho más sensibles que los microelectrodos clásicos a base de fibras de carbono tradicionales.

Los captadores o actuadores, a base de "materiales inteligentes" se utilizan a menudo en dispositivos que permiten amplificar su deformación. El ejemplo más clásico es la bilamina o termoelemento de materiales piezoeléctricos. Estas bilaminas están constituidas por una capa activa piezoeléctrica y una capa pasiva inerte. Cuando la lámina piezoeléctrica se alarga o se contrae, la bilamina se curva notablemente. Una deformación muy débil, a escala microscópica, puede de este modo amplificarse notablemente y visualizarse macroscópicamente. De la misma forma, existen captadores a base de hojas metálicas muy finas. En presencia de un compuesto químico concreto

que se adsorbe sobre una de las caras, la lámina se curva notablemente. este efecto traduce la modificación de las tensiones de superficies diferenciadas sobre las dos caras de la hoja fina. Como en el ejemplo de la bilámina piezoeléctrica, se encuentra un efecto mecánico muy amplificado por la disimetría del sistema. Este fuerte efecto de amplificación de la curvatura proviene de una débil deformación en el alargamiento o en la contracción.

5 Tales biláminas, funcionando como captadores o como actuadores, se podrían fabricar con películas de nanotubos. Sin embargo, puesto que las propiedades electromecánicas y electroquímicas de las fibras son superiores a las de las películas, la utilización de estas fibras permitiría ganar en las propiedades intrínsecas del montaje sacando beneficio de la orientación y de la densidad de los nanotubos en una fibra. Además, esto permitiría realizar dispositivos de tamaños muy pequeños, potencialmente útiles como microcaptadores o microactuadores.

10 La realización de estas biláminas corresponde a una estructura disimétrica de la fibra de nanotubos.

Se han ensayado ciertos enfoques para recubrir de forma disimétrica una fibra de nanotubos de carbono.

Se puede hacer pasar la fibra frente a un dispositivo que la "pinta" por un solo lado, en la superficie de un líquido en forma de baño o de gota. Este enfoque puede conducir en ciertos casos a un apresto o recubrimiento disimétrico, pero no permite controlar fácilmente la cantidad depositada. Las limitaciones de este enfoque están relacionadas con las propiedades de mojado y con la viscosidad del líquido utilizado. Si el líquido (disolución, polímero fundido) es poco viscoso, se reparte rápidamente alrededor de la fibra y el recubrimiento no es disimétrico. Utilizando un sistema más viscoso, es posible obtener un apresto disimétrico pero su espesor no es fácilmente controlable. Por ejemplo, para un polímero que permanece muy viscoso en estado fundido a temperatura alta y que solidifica a baja temperatura, se arrastra una cierta cantidad de polímero y se fija rápidamente al enfriar. La cantidad que se lleva depende de numerosos parámetros acoplados y difícilmente controlables: viscosidad del polímero, enfriamiento, velocidad de paso de la fibra, humectabilidad de la fibra por el polímero. Al final la cantidad recubierta se controla poco. Se puede pensar que el paso por una disolución de polímero, en vez de por un producto puro fundido, podría resolver el problema. En efecto, disolviendo el polímero se tiene un sistema cuyas propiedades de viscosidad y de mojado son controlables y reproducibles. No dependen más que del disolvente utilizado y ya no de un proceso de enfriamiento. Cuando se evapora el disolvente, el polímero se seca sobre la fibra. Utilizando concentraciones diferentes de polímero, se puede esperar producir capas de espesor controlado. Pero el paso por una disolución no funciona de forma satisfactoria puesto que la disolución poco viscosa tiene tendencia a repartirse de manera espontánea y uniforme alrededor de la fibra.

Así pues, los inventores han puesto a punto un procedimiento de realización de fibras compuestas, lo que constituye el objeto de la invención, que comprenden dos capas distintas que tienen una composición y propiedades fisicoquímicas diferentes y espesores controlados y homogéneos, estando constituida una de dichas capas por nanotubos de carbono, siendo obtenidas dichas fibras compuestas a partir de nanotubos de carbono y de una primera disolución de concentración determinada de partículas coloidales destinadas a constituir la segunda capa que permite paliar el conjunto de esos inconvenientes.

35 A tal efecto, el procedimiento de realización de fibras compuestas según la invención se caracteriza porque comprende las siguientes etapas:

- dichas fibras se ponen en contacto, por su superficie lateral, con la superficie de una segunda disolución químicamente apta para provocar la agregación de las partículas coloidales y se sumergen total o parcialmente en dicha segunda disolución, definiendo la zona de inmersión el espesor sumergido de dichas fibras;
- dichas fibras así precubiertas se ponen en contacto, por su misma superficie lateral, con la superficie de dicha primera disolución de partículas coloidales y se sumergen en esta como mucho hasta dicha zona de inmersión, de manera que se forme localmente un gel coloidal de espesor fijo determinado por la concentración de dicha primera disolución;
- la separación de dichas fibras recubiertas y de dicha primera disolución y
- el secado y/o la evaporación del disolvente de dicha primera disolución.

Preferentemente, dicha concentración determinada de partículas coloidales está comprendida entre 0,5 % y 50 % en masa, incluidos los extremos del intervalo.

Preferentemente, dicha segunda disolución se escoge entre disoluciones salinas, disoluciones enriquecidas en micelas o en polímeros no adsorbentes para inducir interacciones atractivas de disminución de líquidos y/o disoluciones cuyas condiciones de pH desestabilicen las partículas coloidales.

Más preferentemente todavía, las disoluciones salinas son disoluciones de cloruro de aluminio.

En concreto, dichas partículas coloidales se escogen entre partículas de polímeros, partículas metálicas, partículas semiconductoras, gotas de emulsión y/o partículas inorgánicas.

Más concretamente, las partículas de polímeros son de látex de poliestireno.

Más concretamente aún, dichas partículas coloidales se escogen entre sílice, óxido de titanio y/o arcilla.

Según un modo preferido de realización del procedimiento según la invención, la inmersión en dicha segunda disolución es total.

5 Este enfoque permitirá además realizar fibras compuestas coaxiales y concéntricas.

Según otro modo de realización del procedimiento según la invención, la inmersión en dicha disolución es parcial.

Este enfoque concreto permitirá así realizar fibras disimétricas del tipo bilamina descrito precedentemente.

10 Asimismo, la invención se refiere a las fibras concéntricas obtenidas mediante la primera realización del procedimiento según la invención, así como a las fibras disimétricas obtenidas mediante la segunda realización del procedimiento según la invención.

A continuación se describirán las aplicaciones de los dos tipos de fibras.

Entre ellas, se pueden mencionar en especial:

- la aplicación de las fibras concéntricas a la realización de electrodos y/o de captadores y
- la aplicación de las fibras disimétricas a la realización de actuadores mecánicos.

15 En el segundo modo de realización del procedimiento según la invención, la fibra de nanotubos se recubre por un solo lado con una disolución coloidal. Si esta disolución es poco viscosa, la cobertura tendrá tendencia a uniformizarse. Además, la cantidad de coloides arrastrados o llevados depende de la viscosidad de la dispersión coloidal, de la velocidad de extracción y de las tensiones interfaciales (mojado) que se ponen en juego. Estos factores pueden variar mucho según los productos utilizados. Los otros dos factores que desempeñan un papel
20 preponderante en los espesores de los coloides añadidos y que se pueden controlar de manera sistemática se ponen aquí en juego. Se trata, por una parte, del carácter adhesivo de los coloides, así como de su concentración. Si las condiciones fisicoquímicas son tales que no hay adhesión, será difícil añadir una gran cantidad de coloides puesto que estos tendrán tendencia a ser evacuados con el disolvente si hay un fenómeno de drenaje. Por el contrario, si las partículas son adhesivas, se quedarán en la estructura y será posible añadir una proporción
25 importante de ellas. Esta última (situación) será mucho menos sensible a los parámetros puestos en juego (viscosidad, mojado, velocidades de extracción). Los coloides hechos adhesivos mediante el contacto con dicha segunda disolución permanecen en la estructura independientemente de las otras condiciones. Este comportamiento aporta una ventaja considerable, puesto que resulta posible controlar la cantidad de coloides añadidos solamente variando su concentración en el baño. En efecto, el único parámetro pertinente es la concentración de los coloides.

30 La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción detallada que va a continuación, que hace referencia a los dibujos, en los cuales:

- las figuras 1, 2 y 3 representan el esquema de principio de un modo de realización del procedimiento según la presente invención;
- las figuras 4, 5, 6 y 7 representan ejemplos de fibras disimétricas obtenidas mediante una de las
35 realizaciones del procedimiento según la invención para concentraciones diferentes de coloides;
- la figura 8 representa una aplicación particular de una fibra obtenida mediante una realización del procedimiento según la invención;
- las figuras 9, 10 y 11 ilustran otra aplicación particular de fibras obtenidas según una de las realizaciones del procedimiento según la invención,
- la figura 12 es un ejemplo de fibra coaxial y concéntrica obtenida según otra realización del procedimiento
40 según la invención.

45 En la figura 1, una fibra de nanotubos de carbono 1 se pone en contacto, por su superficie lateral, con la superficie de una disolución 2 químicamente apta para provocar la agregación de las partículas coloidales. En el caso representado, la fibra 1 está parcialmente sumergida en dicha disolución 2. El espesor sumergido de dicha fibra 1 define la zona de inmersión.

En la figura 2, la fibra 1 así precubierta se pone en contacto, por la misma superficie lateral, con una disolución 3 de partículas coloidales 4 y se sumerge en ella como máximo hasta dicha zona de inmersión. Las partículas 4 se agregan y se depositan sobre la fibra 1 de manera que forman localmente un gel coloidal 5 de espesor fijo determinado por la concentración de dicha disolución 3.

50 En la figura 3, la fibra 1 recubierta de las partículas 4 se separa de la disolución 3 y conserva una cobertura uniforme

y disimétrica de partículas coloidales.

A continuación se practica una etapa complementaria, no representada, de secado y/o de evaporación del disolvente de la disolución 3, de forma que se obtenga una fibra "seca" y lista para ser utilizada o para sufrir eventuales tratamientos posteriores necesarios para su utilización.

5 A continuación se dan ejemplos de realización del procedimiento según la invención.

Ejemplo 1

Realización del procedimiento según la invención de manera que se produzca una fibra compuesta (o heterogénea) disimétrica.

10 Una fibra de nanotubos de carbono se recubre aquí con partículas de látex a fin de formar una fibra de nanotubos cubierta por una funda de polímero.

Las fibras de nanotubos de carbono utilizadas en este ejemplo se obtienen según el procedimiento de hilado de nanotubos de carbono descrito en el documento de la patente FR 2 805 179.

Características del hilado:

15 Prefibra obtenida por inyección de una disolución de nanotubos en el flujo de una disolución de polímeros coagulantes.

Nanotubos: sintetizados por arco eléctrico.

Disolución de nanotubos: suspensiones que contienen 0,5 % en masa de nanotubos y 1,2 % de dodecilsulfato de sodio (dispersante). La suspensión se homogeneiza por ultrasonidos.

20 Disolución de polímero coagulante: disolución acuosa al 5 % en masa de PVA (masa molar 72 Kg y tasa de hidrólisis 88 %).

La prefibra se lava a continuación tres veces en baños de agua pura y luego se seca. Presenta una sección cilíndrica.

A continuación, esta fibra se sumerge en parte en una disolución salina de $AlCl_3$ (concentración 1 M). Esta sal trivalente induce la floculación de las partículas coloidales (látex) que se utilizan en este caso.

25 La fibra impregnada de solución salina se baña a continuación asimismo en una disolución coloidal de partículas de látex (partículas de poliestireno de diámetro 60 nm; fracción en volumen de los látex en suspensión variable para efectuar coberturas de diferentes espesores), hasta el límite de la zona de inmersión.

Las partículas se aglomeran sobre la parte de la fibra impregnada de disolución salina.

A continuación, se extrae la fibra de este baño para secarla.

30 Se han ensayado diferentes concentraciones de las disoluciones coloidales, que varían de 0,5 % a 50 %.

En todos los casos, el espesor de la capa obtenida es función de la concentración de coloides. Las capas así obtenidas son más homogéneas debido al hecho de la utilización previa de la disolución salina.

35 Las fibras heterogéneas con estructura disimétrica obtenidas son particularmente interesantes para obtener sistemas bifuncionales (puesto que la parte rica en nanotubos tiene propiedades diferentes de la parte rica en coloides) o de geometrías bimórficas para aplicaciones mecánicas y electromagnéticas.

40 Las figuras 4, 5, 6 y 7 son fotografías de microscopía electrónica de barrido de fibras disimétricas de nanotubos de carbono cubiertas con poliestireno depositado mediante una realización del procedimiento según la presente invención. Cada fibra está cubierta por una capa de poliestireno de espesor variable. El espesor del poliestireno está controlado por la concentración de partículas de látex de poliestireno en la disolución con la cual se ha puesto en contacto la fibra de nanotubos. La concentración en masa de partículas coloidales varía de la forma siguiente: 5 %, 10 %, 20 % y 40 %.

Las aplicaciones de estas fibras son muy diversas. A continuación se dan ejemplos concretos.

45 Una simple elevación de temperatura induce una fuerte deformación de la fibra puesto que la parte rica en coloides y la parte rica en nanotubos no tienen los mismos coeficientes de dilatación térmica. La incorporación de una fibra tal en un disolvente dado podrá producir también efectos mecánicos importantes según que este disolvente hinche de manera preferente una u otra de las partes. Para ilustrar este efecto, se prepara una fibra disimétrica que contiene una fibra de nanotubos enriquecida en PVA y cubierta por una capa de poliestireno según una realización del procedimiento según la invención. La parte nanotubo/PVA es fuertemente hidrófila y se hincha en presencia de agua

o de humedad. El poliestireno, que es hidrófobo, no reacciona a la presencia de agua. El contraste de comportamiento se traduce en una fuerte deformación de la fibra disimétrica que forma una hélice en respuesta al alargamiento de la parte nanotubo/PVA fijada como una bilamina sobre la parte de poliestireno, la cual no se alarga. Estas deformaciones son reversibles y dan lugar a efectos de memoria de forma (ver figura 8).

- 5 Esta geometría será también especialmente ventajosa para hacer actuadores electromecánicos o captadores. La parte que contiene los nanotubos puede ser estimulada, por ejemplo, por un campo eléctrico en un electrolito para alargarse o para contraerse. Si se asocia a una parte rica en coloides que tiene una respuesta diferente al campo, o ninguna respuesta en absoluto al mismo, la geometría del bimorfo conducirá a una fuerte deformación de la fibra.

Este efecto se ilustra en las figuras 9 a 11.

- 10 Estas figuras son ilustraciones de las propiedades electromecánicas de una fibra de nanotubos de carbono disimétrica (de 2 cm de longitud) en una disolución de electrolito (NaCl 1 M), cuando se aplica una tensión alterna de 1 V entre la fibra y un contraelectrodo en la disolución.

En esas condiciones, el alargamiento de la parte de nanotubos es del orden de 0,2 % (es decir, aproximadamente 40 micrómetros). Este débil alargamiento se amplifica mucho en curvatura gracias a la geometría disimétrica de la fibra.

- 15 La deformación en las fotos corresponde, en efecto, a una curvatura debida a un movimiento del orden del centímetro.

Ejemplo 2

Realización del procedimiento según la invención de manera que se produzca una fibra compuesta coaxial concéntrica.

- 20 El procedimiento según la invención permite asimismo hacer recubrimientos simétricos. Bañando la fibra en una disolución salina (o en otra que induzca la coagulación de los coloides destinados a ser depositados) y sumergiendo a continuación completamente la fibra en la disolución coloidal, se forma un depósito uniforme por agregación de los coloides sobre la fibra.

- 25 Todas las condiciones son similares a las del recubrimiento disimétrico descrito en el ejemplo precedente, con la única diferencia de que las fibras ya no se sumergen solo en su superficie sino totalmente en las disoluciones salinas y coloidales.

Para ilustrar la factibilidad del procedimiento con un sistema diferente, se utilizan partículas minerales, pero éste funciona bien asimismo con partículas de látex como en el caso de las fibras disimétricas.

La disolución coloidal es una dispersión acuosa de partículas de sílice (30 nm de diámetro, 20 % en masa).

- 30 El resultado de la fibra obtenida se presenta en la figura 12, que es una fotografía de una fibra de nanotubos de carbono recubierta de sílice por agregación y depósito de partículas coloidales de sílice en la superficie. La cobertura de sílice, blanca, se ha abierto voluntariamente para hacer aparecer la fibra de nanotubos del interior (núcleo de color negro).

- 35 La fibra recubierta de sílice es aislante, mientras que la fibra de nanotubos de su núcleo es fuertemente conductora de la electricidad (resistividad 1 ohm.cm).

Las principales aplicaciones de tales fibras serían hilos conductores con una cubierta aislante, así como microelectrodos cuando no se deja sobresalir más que un extremo de longitud controlada de fibra de nanotubos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de realización de fibras compuestas que comprenden dos capas distintas que tienen una composición y propiedades fisicoquímicas diferentes y espesores controlados y homogéneos, estando constituida una de dichas dos capas por nanotubos de carbono, siendo obtenidas dichas fibras compuestas a partir de fibras de nanotubos de carbono (1) y de una primera disolución (3) de concentración determinada en partículas coloidales (4) destinadas a constituir la segunda capa, caracterizado porque comprende las etapas siguientes:
- dichas fibras (1) se ponen en contacto, por su superficie lateral, con la superficie de una segunda disolución (2) químicamente apta para provocar la agregación de las partículas coloidales (4) y se sumergen total o parcialmente en dicha segunda disolución (2), definiendo la zona de inmersión el espesor sumergido de dichas fibras;
 - dichas fibras (1) así precubiertas se ponen en contacto, por su misma superficie lateral, con la superficie de dicha primera disolución (3) de partículas coloidales (4) y se sumergen en esta como mucho hasta dicha zona de inmersión, de manera que se forme localmente un gel coloidal (5) de espesor fijo determinado por la concentración de dicha primera disolución (3);
 - la separación de dichas fibras (1) recubiertas de dicha primera disolución (3) y
 - el secado y/o la evaporación del disolvente de dicha primera disolución (3)
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha concentración determinada de partículas coloidales (4) está comprendida entre 0,5 % y 50 % en masa, incluyendo los extremos del intervalo.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque dicha segunda disolución (2) se escoge entre disoluciones salinas, disoluciones enriquecidas en micelas o en polímeros no adsorbentes para inducir interacciones atractivas de disminución de líquidos y/o disoluciones cuyas condiciones de pH desestabilizan las partículas coloidales.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque las disoluciones salinas son disoluciones de cloruro de aluminio.
5. Procedimiento según una cualquiera de las disoluciones 1 a 4, caracterizado porque dichas partículas coloidales (4) se escogen entre partículas de polímeros, partículas metálicas, partículas semiconductoras, gotas de emulsión y/o partículas inorgánicas.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque las partículas de polímeros son de látex de poliestireno.
7. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque las partículas inorgánicas se escogen entre sílice, óxido de titanio y/o arcilla.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la inmersión en dicha segunda disolución (2) es total.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la inmersión en dicha segunda disolución (2) es parcial.
10. Fibras concéntricas obtenidas por el procedimiento según la reivindicación 8.
11. Fibras disimétricas obtenidas por el procedimiento según la reivindicación 9.
12. Aplicación de las fibras según la reivindicación 10 a la realización de electrodos y/o de captadores.
13. Aplicación de las fibras según la reivindicación 11 a la realización de actuadores mecánicos.

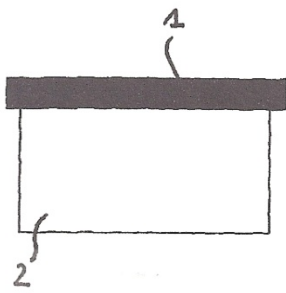


Figura 1

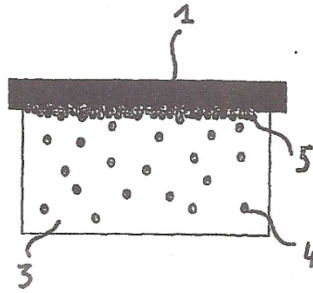


Figura 2

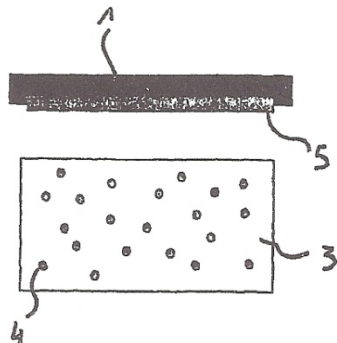


Figura 3

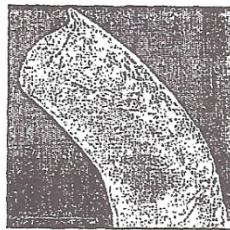


Figura 4



Figura 5



Figura 6



Figura 7

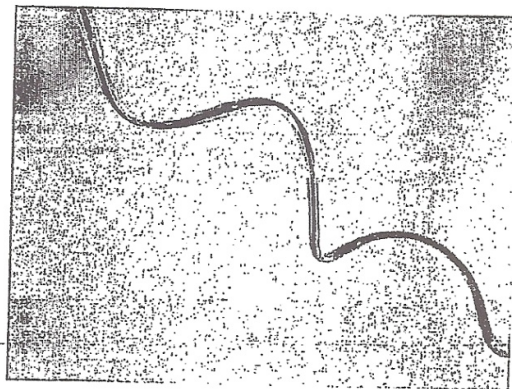


Figura 8

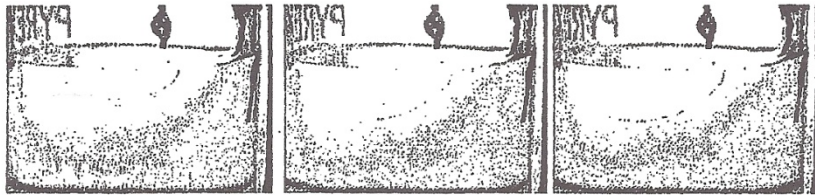


Figura 9

Figura 10

Figura 11

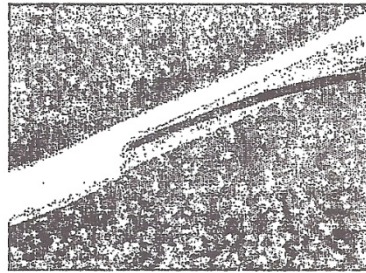


Figura 12