

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 808 116**

51 Int. Cl.:

H01J 37/32 (2006.01)

C23C 16/503 (2006.01)

H05H 1/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.09.2017 PCT/EP2017/072635**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.03.2018 WO18050562**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2017 E 17762144 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 3513422**

54 Título: **Dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga para sustratos con forma de alambre**

30 Prioridad:

15.09.2016 LU 93222

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

25.02.2021

73 Titular/es:

**LUXEMBOURG INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (LIST) (100.0%)
5, avenue des Hauts-Fourneaux
4362 Esch-sur-Alzette, LU**

72 Inventor/es:

**BULOU, SIMON;
CHOQUET, PATRICK;
GAULAIN, THOMAS y
GERARD, MATHIEU**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 808 116 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

Dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga para sustratos con forma de alambre

Campo técnico

5 [0001] La invención se refiere a un dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga. Más específicamente, la invención se refiere a un dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga para sustratos con forma de alambre.

Estado de la técnica

10 [0002] El documento de patente de la técnica anterior publicado WO2014/191012 A1 divulga un dispositivo y un método para tratar un alambre electroconductor usando un plasma post-descarga. El dispositivo de plasma comprende una boquilla de plasma que tiene una cámara de descarga con una abertura de boquilla para la salida de un chorro de plasma en un área post-descarga para el tratamiento del alambre. La cámara de descarga comprende un tubo interno donde se puede guiar un alambre conductor que se va a tratar, donde el tubo está hecho de material eléctricamente aislante y adyacente al área post-descarga. La cámara de descarga comprende un electrodo tubular interno que rodea una porción del tubo y un electrodo tubular externo coaxial con el electrodo interno y que se extiende axialmente a lo largo de la cámara de descarga hacia la abertura de boquilla. Se inyecta un gas entre los dos electrodos y se aplica unatensión de alta frecuencia al electrodo interno creando así arcos eléctricos en la cámara de descarga que producen un plasma de alta densidad de energía. Además, los arcos eléctricos pueden extenderse hasta el área post-descarga y reaccionar con el alambre conductor. El electrodo interno debe ser distante al área post-descarga, de lo contrario crearía un arco eléctrico con el sustrato de alambre conductor. También se suministran alta tensión y corriente al electrodo en vista de la distancia radial entre ellos y la distancia necesaria entre el electrodo interno y el área post-descarga. Por lo tanto, este dispositivo no está adaptado para el recubrimiento orgánico y sustratos termosensibles porque el plasma de alta densidad de energía podría degradar el precursor del recubrimiento y el sustrato.

25 [0003] El documento de patente de la técnica anterior publicado US2005/0236374 A1 divulga un dispositivo de plasma para procesar un alambre. El dispositivo comprende un tubo de contacto conductor que rodea un camino longitudinal que recibe el alambre. Un manguito dieléctrico adyacente al tubo de contacto rodea el alambre y define con dicho alambre un pasaje anular de gas. El gas se guía por medio de una entrada adyacente al tubo de contacto y se inyecta un precursor químico en el pasaje del alambre. Un manguito de electrodo está alrededor del manguito dieléctrico de manera que una señal altamente dieléctrica de alta frecuencia entre dicho electrodo y el tubo conductor crea una descarga de barrera dieléctrica para crear el plasma. El precursor químico está directamente en contacto con el plasma, lo que puede promover la fragmentación del precursor, haciendo así que el procesamiento sea menos eficaz. Este dispositivo no está adaptado para precursores y sustratos termosensibles.

35 [0004]El documento de la técnica anterior publicado DE 10 2012 104 224 A1 se refiere a un dispositivo de plasma para tratar un alambre y proporciona un aislante de alta temperatura para aislar eléctricamente el área interna del dispositivo. Se selecciona un aislante de alta temperatura de manera que la alta temperatura que ocurre en el dispositivo no dañe el aislante. La divulgación de este documento no se refiere al impacto térmico sobre el sustrato, ya que incluso sugiere precalentar el alambre para intensificar la limpieza.

Resumen de la invención

40 Problema técnico

[0005] La invención proporciona una solución para superar al menos un defecto de la técnica anterior mencionada. Más específicamente, la invención resuelve el problema técnico de proporcionar un dispositivo para un recubrimiento por plasma post-descarga orgánico o inorgánico, continuo, homogéneo y eficiente sobre un sustrato con forma de alambre conductor o no conductor, más particularmente sobre un sustrato termosensible.

45 Solución técnica

[0006] La invención se refiere a un dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga para un sustrato con forma de alambre, que comprende un electrodo tubular interno sobre una pared tubular interna para recibir el sustrato y un precursor que se mueve axialmente en una dirección de trabajo; un electrodo tubular externo coaxial con, y que rodea, el electrodo interno; donde los electrodos interno y externo están configurados para ser alimentados con una fuente de alimentación eléctrica para producir un plasma cuando se suministra un gas de

- 5 plasma entre dichos electrodos y es así excitado, donde el gas excitado por plasma fluye axialmente en la dirección de trabajo y reacciona con el precursor en un área de recubrimiento al final de la pared tubular interna en dicha dirección; destacable porque el electrodo tubular interno se extiende axialmente hacia el área de recubrimiento al menos hasta el extremo del electrodo externo, preferiblemente más allá del mismo, en la dirección de trabajo y porque al menos una pared tubular dieléctrica se extiende axialmente entre el electrodo interno y el electrodo externo.
- [0007] Según una forma de realización preferida, el área de recubrimiento es tal, que el gas excitado por plasma puede entrar en contacto directamente con el sustrato.
- 10 [0008] Según una forma de realización preferida, el área de recubrimiento es directamente adyacente a la pared tubular interna.
- [0009] Según una forma de realización preferida, la al menos una pared tubular dieléctrica se extiende axialmente más allá del electrodo externo en la dirección de trabajo.
- [0010] Según una forma de realización preferida, el electrodo tubular interno rodea la pared tubular interna o está formado por la pared tubular interna.
- 15 [0011] Según una forma de realización preferida, el electrodo tubular interno está formado por la pared tubular interna hecha de material conductor eléctrico o una combinación de material conductor eléctrico y dieléctrico.
- [0012] Según una forma de realización preferida, el electrodo tubular interno rodea o está unido a la pared tubular interna.
- 20 [0013] Según una forma de realización preferida, el electrodo tubular interno se extiende axialmente a lo largo de una porción de la pared tubular interna, donde dicha porción es de hasta el 100%.
- [0014] Según una forma de realización preferida, la pared tubular dieléctrica o una de la al menos una pared tubular dieléctrica sostiene el electrodo externo.
- 25 [0015] Según una forma de realización preferida, el electrodo tubular externo se extiende axialmente a lo largo de una porción de la pared tubular dieléctrica, donde dicha porción es preferiblemente de al menos un 10% y de hasta el 100%.
- [0016] Según una forma de realización preferida, la al menos una pared tubular dieléctrica está hecha de un material dieléctrico, incluido, pero no limitado a, material de la lista siguiente: cuarzo, alúmina, dióxido de silicio, vidrio y cualquier combinación de los mismos.
- 30 [0017] Según una forma de realización preferida, la pared tubular dieléctrica que sostiene el electrodo externo es una primera pared tubular dieléctrica, donde dicho dispositivo comprende una segunda pared tubular dieléctrica que se extiende entre el electrodo tubular interno y la primera pared tubular dieléctrica.
- 35 [0018] Según una forma de realización preferida, se proporciona un espacio anular entre la pared tubular dieléctrica que sostiene el electrodo externo y el electrodo tubular interno o entre la primera y la segunda pared tubular dieléctrica, donde dicho dispositivo comprende un conector configurado para alimentar dicho espacio con el gas de plasma para producir el plasma, donde dicho conector está situado axialmente opuesto al área de recubrimiento.
- [0019] Según una forma de realización preferida, el plasma se crea a partir de gas no condensable que puede incluir, pero de forma no limitativa, argón, helio, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y cualquier combinación de los mismos.
- 40 [0020] Según una forma de realización preferida, el precursor comprende al menos un producto químico.
- [0021] Según una forma de realización preferida, la pared tubular interna se mueve axialmente con relación al resto del dispositivo para desplazar axialmente el área de recubrimiento.
- [0022] Según una forma de realización preferida, el dispositivo comprende además la fuente de alimentación eléctrica configurada para suministrar una alta tensión pulsada o alterna, donde dicho dispositivo está configurado

de modo que el electrodo interno preferiblemente se conecte eléctricamente a tierra y el electrodo externo preferiblemente se alimente eléctricamente con dicha alta tensión.

[0023] Según una forma de realización preferida, la alta tensión de la fuente de alimentación eléctrica está comprendida entre 1 y 50 kV y/o la corriente suministrada por dicha fuente al electrodo es inferior a 1000 mA.

5 [0024] Según una forma de realización preferida, el dispositivo comprende además un tubo de confinamiento que rodea el área de recubrimiento.

[0025] La invención está dirigida también a un método para un recubrimiento continuo de un sustrato con forma de alambre con un dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga con un electrodo tubular interno y un electrodo tubular externo, donde dicho método comprende mover el sustrato y un precursor en una dirección de trabajo a través del electrodo interno mientras se alimentan los electrodos externo e interno con una alta tensión y se suministra un gas de plasma entre dichos electrodos, para producir un gas excitado por plasma que fluye axialmente hacia un área de recubrimiento donde dicho gas excitado por plasma reacciona químicamente con dicho precursor sobre dicho sustrato; destacable porque el dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga es según la invención.

15 [0026] Según una forma de realización preferida, el precursor se inyecta en un líquido o en una fase gaseosa con un gas portador.

[0027] Según una forma de realización preferida, la mezcla del precursor y el gas portador fluye a través de la pared tubular interna con una velocidad de gas inferior, igual o superior, preferiblemente con una velocidad de gas igual o superior, a la velocidad de gas del gas de plasma y el gas excitado por plasma.

20 [0028] Según una forma de realización preferida, el sustrato se sumerge o se pulveriza o se impregna con el precursor antes de moverse a través de la pared tubular interna.

Ventajas de la invención

[0029] La invención es particularmente interesante porque la disposición evita el impacto de partículas de plasma de alta energía sobre moléculas precursoras, así como sobre el sustrato que se va a recubrir. Además, permite la deposición sobre sustratos termosensibles. El sustrato no está directamente en contacto con el plasma y su recubrimiento no se ve afectado por los filamentos eléctricos presentes en la descarga. La configuración coaxial permite la producción de un plasma homogéneo y un recubrimiento homogéneo incluso sobre superficies complejas. El dispositivo se puede usar con sustratos conductores y no conductores. El dispositivo permite la deposición de películas finas inorgánicas, orgánicas u orgánicas/inorgánicas debido a la configuración post descarga y la deposición a baja temperatura. Los materiales inorgánicos que se pueden depositar usando este dispositivo pueden ser, pero de forma no limitativa, SiO₂, TiO₂, SiO₂/TiO₂. La materia orgánica que se puede depositar usando este dispositivo comprende materiales funcionales compuestos por grupos reactivos, tales como grupos hidroxilo, grupos carboxílicos, grupos amina, grupos epóxido, grupos acrílicos, grupos sulfurados, grupos clorados. Las estructuras inorgánicas/orgánicas que se pueden obtener comprenden, pero de forma no limitativa, SiOxCyHz, SiOxCyHz/TiO₂.

Breve descripción de los dibujos

[0030]

La figura 1 es una representación esquemática del dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga conforme a la presente invención.

40 La figura 2 es una vista transversal longitudinal del dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga según la presente invención.

La figura 3 es una vista en corte transversal del dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga de la presente invención.

45 La figura 4 es un espectro FTIR del recubrimiento obtenido con la inyección de HMDSO en unapost descarga de plasma de N₂.

La figura 5 es un espectro FTIR del recubrimiento obtenido con la inyección de MMA en unapost descarga de plasma de N₂.

Descripción de una forma de realización

[0031] Las figuras 1 a 3 no definen las proporciones precisas de los elementos.

[0032] Con referencia a las figuras adjuntas 1, 2 y 3, la referencia 2 muestra un dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga según la presente invención. El dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga 2 tiene una forma tubular y comprende una pared tubular interna 3 configurada para recibir un sustrato con forma de alambre 4 para ser recubierto. El sustrato con forma de alambre 4 puede moverse axialmente a través de la pared tubular interna 3 en una dirección de trabajo 30 para ser recubierto en un área de recubrimiento 16 representada aquí con líneas punteadas. El área de recubrimiento 16 es adyacente a la pared tubular interna 3 y es tal que un gas excitado por plasma 19 puede entrar en contacto directamente con el sustrato 4. El gas excitado por plasma 19 (es decir, gas de plasma que pasa a través de la zona de plasma del dispositivo y que ha sido activado por especies energéticas del plasma) fluye axialmente en la dirección de trabajo 30 y reacciona con un precursor 8 en el área de recubrimiento 16. El precursor 8 está preferiblemente en forma de un flujo de gas precursor. El recubrimiento ocurre en el área de recubrimiento 16 donde se mezclan el sustrato 4, el gas excitado por plasma 19 y el precursor 8.

[0033] La pared tubular interna 3 está diseñada para separar el gas excitado por plasma 19 y el flujo de gas precursor 8, así como para proteger el sustrato 4 de la interacción directa con el plasma. La pared tubular interna 3 está hecha de material no poroso. La pared tubular interna 3 está rodeada directamente por un electrodo tubular interno 6, hecho de material conductor, como se muestra en las figuras 2 y 3. Sin embargo, como una forma de realización preferida, la pared tubular interna 3 puede formar el electrodo interno 6. Para ello, la pared tubular interna 3 podría estar hecha de material conductor eléctrico o una combinación de material conductor eléctrico y material dieléctrico.

[0034] El electrodo tubular interno 6 está rodeado por un electrodo tubular externo coaxial 10. Los dos electrodos 6 y 10 están configurados para ser alimentados con una fuente de alimentación eléctrica para producir un plasma cuando se suministra un gas de plasma 12 entre ellos, excitando así dicho gas de plasma. El electrodo tubular interno 6 se extiende axialmente hacia el área de recubrimiento 16 al menos hasta un extremo del electrodo externo 10, preferiblemente más allá del mismo. Dicho extremo del electrodo externo está en la dirección de trabajo 30. El gas excitado por plasma 19 aparece al final del electrodo externo 10, en la dirección de trabajo 30. El área de recubrimiento 16 corresponde a un área donde se mezclan el gas excitado por plasma 19, el sustrato 4 y el precursor 8.

[0035] La pared tubular interna 3 se mueve axialmente con relación al resto del dispositivo 2 para desplazar axialmente el área de recubrimiento 16.

[0036] El dispositivo comprende además al menos una pared tubular dieléctrica 14 que se extiende axialmente entre los dos electrodos 6 y 10. Esta composición del electrodo, denominada descargas de barrera dieléctrica (DBD), evita la formación de arcos eléctricos y permite la producción de un plasma de densidad de energía baja homogéneo. Como una forma de realización preferida, una pared tubular dieléctrica 14 se extiende axialmente entre los dos electrodos 6 y 10 y sostiene el electrodo externo 10. El electrodo externo 10 se extiende axialmente a lo largo de una porción de la pared tubular dieléctrica 14, preferiblemente al menos un 10% y hasta el 100% de la longitud de dicha pared tubular dieléctrica. Opcionalmente, se puede usar una segunda pared tubular dieléctrica (no representada), sobre y alrededor del electrodo tubular interno 6, para formar una descarga DBD con una configuración simétrica con dos dieléctricos.

[0037] Las paredes tubulares dieléctricas están hechas de un material dieléctrico, incluidos, pero no limitados a, los materiales de la lista siguiente: cuarzo, alúmina, dióxido de silicio, vidrio y cualquier combinación de los mismos.

[0038] Se proporciona un espacio anular 15 o pasaje (representado en la figura 3) entre el electrodo tubular interno 6 y la pared tubular dieléctrica 14 que sostiene el electrodo tubular externo 10, para recibir el gas que se va a ionizar. El espacio anular 15 puede tener aproximadamente un ancho de 0,5 a 5 mm. El dispositivo 2 comprende también un conector 20 configurado para suministrar al espacio anular 15 el gas de plasma 12 para producir el plasma. El conector 20 (representado en la figura 1) está situado axialmente opuesto al área de recubrimiento 16. En el caso de una segunda pared tubular dieléctrica, el espacio anular puede estar entre la pared tubular dieléctrica que sostiene el electrodo externo, donde dicha pared tubular dieléctrica es una primera pared tubular dieléctrica, y la segunda pared tubular dieléctrica.

[0039] El dispositivo 2 comprende además una fuente de alimentación eléctrica 18 (representada en la figura 1) configurada para suministrar una alta tensión pulsada o alterna para ionizar el gas de plasma 12 que fluye a través del espacio anular 15. La fuente de alimentación eléctrica 18 está configurada además de manera que el electrodo interno 6 esté conectado eléctricamente a tierra y el electrodo externo 10 esté alimentado eléctricamente con la alta tensión. La alta tensión de la fuente de alimentación eléctrica 18 está comprendida

preferiblemente entre 1 y 50 kV, más preferiblemente entre 1 y 15 kV, y/o la corriente suministrada por la fuente de alimentación al electrodo 10 es inferior a 1000 mA. La frecuencia de la fuente de alimentación está comprendida entre 1 kHz y 100 kHz. En general, la fuente de alimentación 18 producirá una alta tensión con una baja frecuencia para crear el plasma. De esta manera, cuando se aplica una alta tensión al electrodo externo 10, el plasma se crea por el fenómeno conocido como descarga de barrera dieléctrica. Se crea así un plasma entre el electrodo tubular interno 6 y la pared tubular dieléctrica 14 que sostiene el electrodo externo. El gas excitado por plasma 19 fluirá axialmente hacia el área de recubrimiento 16 donde dicho gas excitado por plasma 19 reacciona químicamente con el precursor 8 y el sustrato 4.

[0040] Para mejorar la homogeneidad del recubrimiento, se inyecta el precursor 8 coaxialmente con el sustrato 4 en la pared tubular interna 3. El precursor es preferiblemente un precursor químico orgánico que comprende posiblemente grupos inorgánicos (compuestos por átomos que incluyen, pero no se limitan a la lista siguiente: Si, Ti, Zr, Zn, Co, Fe, Pt, Pd, S, B, Cl, P, Mg, Ca, Au, Ag), con interfaces funcionales de crecimiento, lo que permite una buena adhesión a la superficie del sustrato y presenta grupos químicos de interés. El precursor 8 se puede inyectar en la pared tubular interna 3 en un líquido o una fase gaseosa, preferiblemente con un gas portador. El precursor está preferiblemente compuesto por C y H y puede incluir grupos funcionales, tales como alcohol, alcano, alilo, amida, amina, carboxílico, epóxido, etc. y/o insaturaciones... El precursor puede ser, por ejemplo, hexametildisiloxano, metilmetacrilato, tetraisopropóxido de titanio, aminopropiltrietoxisilano, donde dichos compuestos son llevados en gas que comprende, pero de forma no limitativa, argón, helio, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y cualquier combinación de los mismos. Para prevenir los daños inducidos por las especies de alta energía del plasma (es decir, electrones, iones), el precursor se inyecta en la pared tubular interna 3 con cualquier velocidad de flujo, junto con un flujo de gas portador. La mezcla compuesta por el precursor 8 y el gas portador se inyecta con una velocidad de gas inferior, igual o superior, preferiblemente igual o superior, a la velocidad de gas del gas de plasma 12 y el gas excitado por plasma 19. Alternativamente, el sustrato 4 se puede sumergir o pulverizar o impregnar previamente con el precursor antes de moverse a través de la pared tubular interna 3.

[0041] Opcionalmente, se puede poner un tubo de confinamiento externo (no representado) en el área de recubrimiento 16 para confinar en un volumen limitado la mezcla del gas excitado por plasma 19, el precursor químico 8 y el sustrato 4. El tubo de confinamiento está preferiblemente al final de la pared tubular externa 14.

[0042] El dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga 2 puede tener, por ejemplo, una pared tubular dieléctrica 14 que sostiene el electrodo externo hecha de vidrio con un diámetro interno de 10 mm. El electrodo tubular externo 10 puede tener una longitud de 100 mm y la pared tubular interna 3 puede tener un diámetro exterior de 6 mm. El grosor del electrodo tubular interno 6 y el electrodo tubular externo 10 está comprendido entre 1 y 1000 μm , típicamente 100-300 μm . El espacio anular 15 entre la pared tubular dieléctrica 14 que sostiene el electrodo externo y el electrodo tubular interno puede ser de 2 mm, donde dicho espacio anular corresponde al espacio entre el diámetro externo del electrodo tubular interno y el diámetro interno de la pared tubular dieléctrica que sostiene el electrodo externo.

[0043] Se realizaron dos recubrimientos sobrealambres metálicos. Se realizó un primer recubrimiento con un monómero de HMDSO (hexametildisiloxano) sobre un sustrato con forma de alambre hecho de acero inoxidable. Se usó nitrógeno como gas de plasma con una velocidad de flujo de 50 l/s. El alambre metálico se movió en el dispositivo con una velocidad de 100 cm/min y el monómero de HMDSO se inyectó en el dispositivo con un gas vector o gas portador con una velocidad de flujo de 10 l/min. La energía suministrada por la fuente de alimentación es de 80 W y la frecuencia de la señal es de 60 kHz. Se observó un recubrimiento "de tipo SiO_2 " con bandas de absorción muy débiles de " Si-CH_3 " sobre el sustrato con un espectrómetro FTIR Bruker Vertex 70 y los resultados se representan en la figura 4.

[0044] Se realizó un segundo recubrimiento con un monómero de metilmetacrilato (MMA) sobre un sustrato con forma de alambre hecho de acero inoxidable. Se usó nitrógeno como gas de plasma con una velocidad de flujo de 50 l/s. El alambre metálico se movió en el dispositivo con una velocidad de 100 cm/min y el monómero de metilmetacrilato se inyectó con un flujo de 50 $\mu\text{l}/\text{min}$ en el dispositivo con un gas portador con una velocidad de flujo de 10 l/min. La energía suministrada por la fuente de alimentación es de 50 W y la frecuencia de la señal es de 60 Hz. El recubrimiento se analizó con el espectrómetro FTIR Bruker Vertex 70 y los resultados se representan en la figura 5. Se observó un recubrimiento orgánico con grupos funcionales C=O que revelaron que se produjo el recubrimiento. Los monómeros usados se toman como ejemplos y no están limitados.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) para un sustrato con forma de alambre (4), que comprende:
- 5 - un electrodo tubular interno (6) sobre una pared tubular interna (3) para recibir el sustrato (4) y un precursor (8) que se mueve axialmente en una dirección de trabajo (30);
- un electrodo tubular externo (10) coaxial con, y que rodea, el electrodo interno (6);
donde los electrodos interno y externo (6;10) están configurados para ser alimentados con una fuente de alimentación eléctrica para producir un plasma cuando se suministra un gas de plasma (12) entre dichos electrodos y es así excitado, donde el gas excitado por plasma (19) fluye axialmente en la dirección de trabajo (30) y reacciona con el precursor (8) en un área de recubrimiento (16) al final de la pared tubular interna (3) en dicha dirección (30);
- 10 **caracterizado por el hecho de que**
el electrodo tubular interno (6) se extiende axialmente hacia el área de recubrimiento (16) al menos hasta el extremo del electrodo externo (10), preferiblemente más allá del mismo, en la dirección de trabajo (30) y **por el hecho de que** en al menos una pared tubular dieléctrica (14) se extiende axialmente entre el electrodo interno (6) y el electrodo externo (10).
- 15
2. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según la reivindicación 1, donde el área de recubrimiento (16) es tal que el gas excitado por plasma (19) puede entrar en contacto directamente con el sustrato (4).
- 20
3. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, donde el área de recubrimiento (16) está directamente adyacente a la pared tubular interna (3).
4. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde la al menos una pared tubular dieléctrica se extiende axialmente más allá del electrodo externo (10) en la dirección de trabajo (30).
- 25
5. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el electrodo tubular interno (6) rodea la pared tubular interna (3) o está formado por la pared tubular interna (3).
6. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde el electrodo tubular interno (6) se extiende axialmente a lo largo de una porción de la pared tubular interna (3), donde dicha porción es de hasta el 100%.
- 30
7. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la pared tubular dieléctrica (14) o una de la al menos una pared tubular dieléctrica (14) sostiene el electrodo externo (10).
8. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según la reivindicación 7, donde el electrodo externo (10) se extiende axialmente a lo largo de una porción de la pared tubular dieléctrica (14), donde dicha porción es preferiblemente de al menos un 10% y de hasta el 100%.
- 35
9. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según cualquiera de las reivindicaciones 7 y 8, donde la pared tubular dieléctrica (14) que sostiene el electrodo externo es una primera pared tubular dieléctrica, donde dicho dispositivo comprende una segunda pared tubular dieléctrica que se extiende entre el electrodo tubular interno (6) y la primera pared tubular dieléctrica (14).
- 40
10. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según las reivindicaciones 7 y 9, donde se proporciona un espacio anular (15) entre la pared tubular dieléctrica (14) que sostiene el electrodo externo (10) y el electrodo tubular interno (6) o entre la primera y la segunda pared tubular dieléctrica, donde dicho dispositivo comprende un conector (20) configurado para alimentar dicho espacio con el gas de plasma (12) para producir el plasma, donde dicho conector está situado axialmente opuesto al área de recubrimiento (16).
- 45
11. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, donde la pared tubular interna (3) se mueve axialmente con relación al resto del dispositivo para desplazar axialmente el área de recubrimiento (16) y/o donde dicho dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) comprende además un tubo de confinamiento que rodea el área de recubrimiento (16).

12. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende además la fuente de alimentación eléctrica (18) configurada para suministrar una alta tensión pulsada o alterna, donde dicho dispositivo está configurado de manera que el electrodo interno (6) se conecte eléctricamente a tierra y el electrodo externo (10) se alimente eléctricamente con dicha alta tensión.

5 13. Dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) según la reivindicación 12, donde la alta tensión de la fuente de alimentación eléctrica (18) está comprendida entre 1 y 50 kV y/o la corriente suministrada por dicha fuente al electrodo (10) es inferior a 1000 mA.

10 14. Método para un recubrimiento continuo de un sustrato con forma de alambre (4) con un dispositivo de recubrimiento de plasma post-descarga (2) con un electrodo tubular interno (6) y un electrodo tubular externo (10), donde dicho método comprende mover el sustrato (4) y un precursor (8) en una dirección de trabajo (30) a través del electrodo tubular interno (6) mientras se alimentan los electrodos externo e interno (10; 6) con una alta tensión y se suministra un gas de plasma (12) entre dichos electrodos, para producir un gas excitado por plasma (19) que fluye axialmente hacia un área de recubrimiento (16) donde dicho gas excitado por plasma (19) reacciona químicamente con dicho precursor (8) sobre dicho sustrato (4); **caracterizado por el hecho de que** el
15 dispositivo de recubrimiento por plasma post-descarga es según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

20 15. Método según la reivindicación 14, donde el precursor (8) se inyecta en un líquido o en una fase gaseosa con un gas portador y la mezcla del precursor (8) y el gas portador se mueve a través de la pared tubular interna (3) con una velocidad de gas inferior, igual o superior, preferiblemente igual o superior, a la velocidad de gas del gas de plasma (12) y el gas excitado por plasma (19) o donde el sustrato (4) se sumerge o se pulveriza o se impregna con el precursor (8) antes de moverse a través del electrodo interno (6).

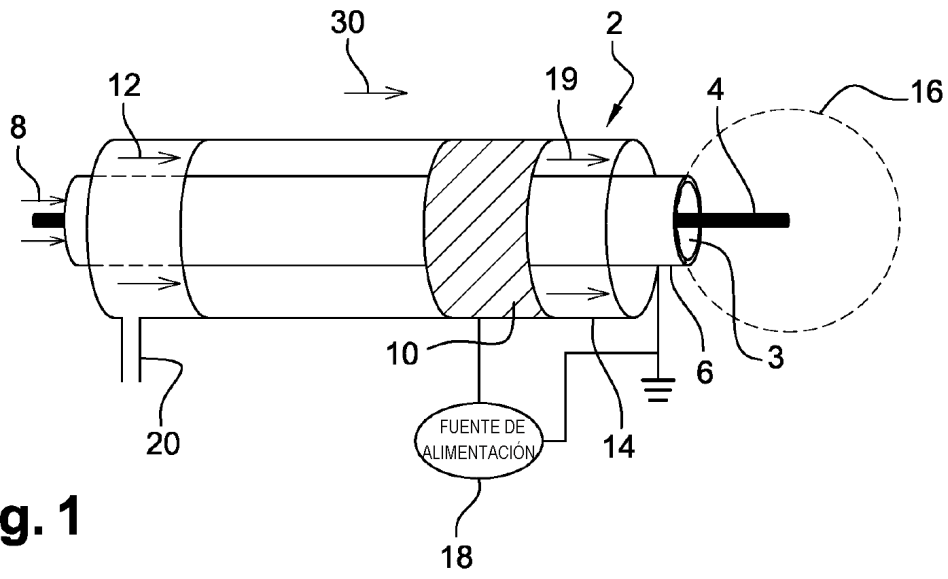


Fig. 1

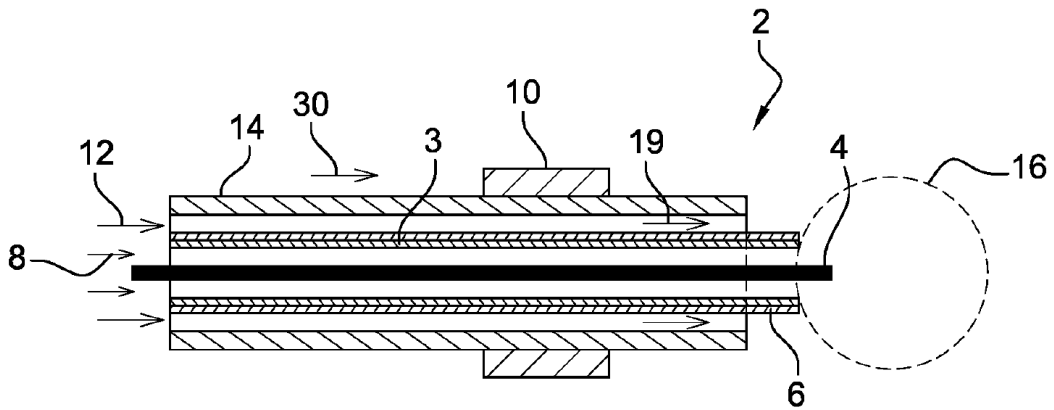


Fig. 2

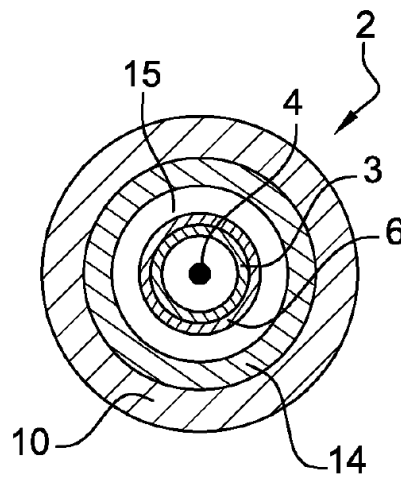


Fig. 3

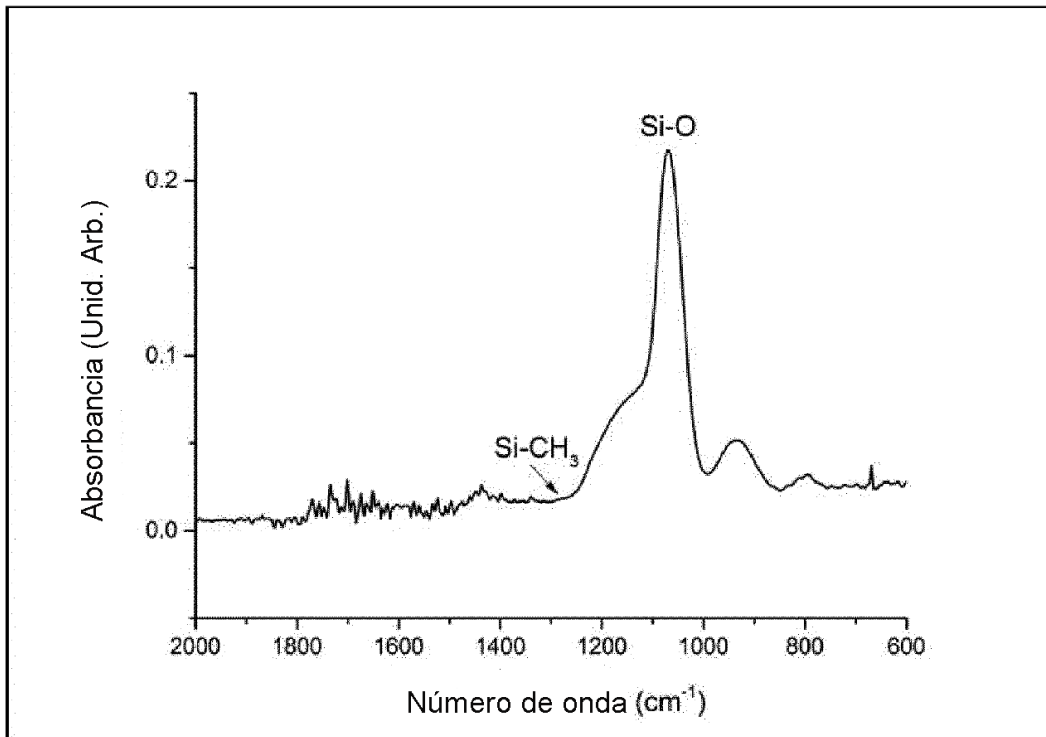


Fig. 4

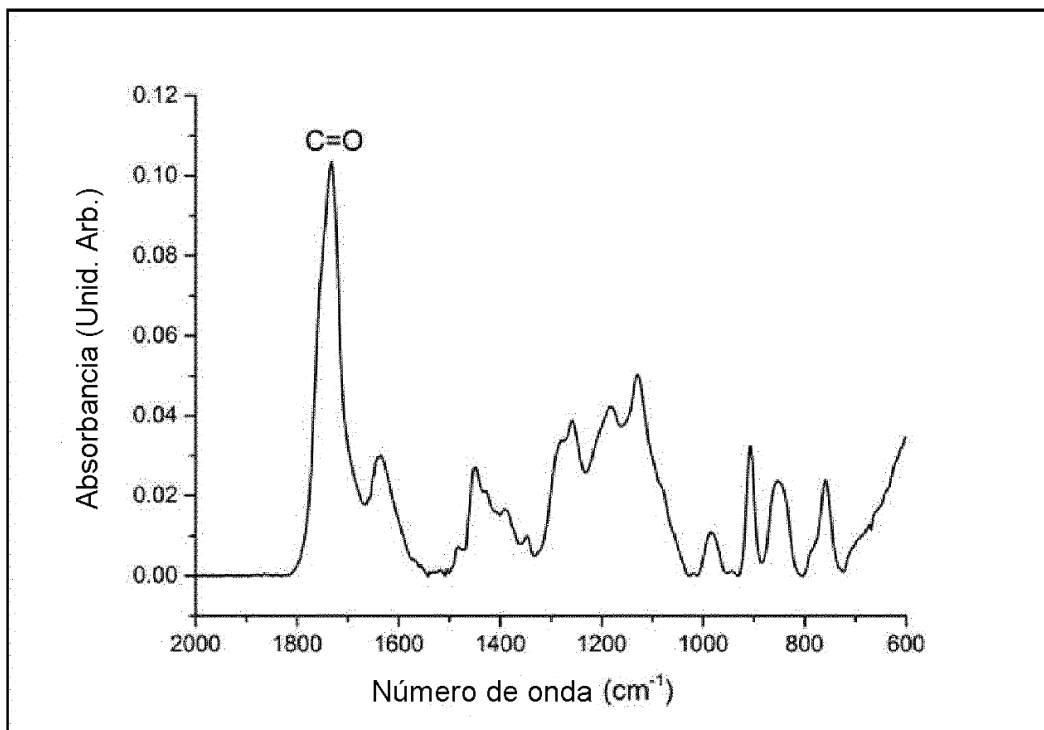


Fig. 5