

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 680 653**

51 Int. Cl.:

**D06M 10/02** (2006.01)

**D06M 10/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.06.2012 PCT/GB2012/051516**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2013 WO13001306**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.06.2012 E 12753547 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 2726666**

54 Título: **Método y aparato para el tratamiento superficial de materiales usando varias fuentes de energía combinadas**

30 Prioridad:

**28.06.2011 US 201161501874 P**

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

**10.09.2018**

73 Titular/es:

**MTIX LTD (100.0%)  
Bankfield Mills, Wakefield Road, Moldgreen  
Huddersfield HD5 9BB, GB**

72 Inventor/es:

**MISTRY, PRAVIN**

74 Agente/Representante:

**JIMÉNEZ BRINQUIS, Rubén**

ES 2 680 653 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**

Método y aparato para el tratamiento superficial de materiales usando varias fuentes de energía combinadas

5 **ÁMBITO TÉCNICO**

La invención hace referencia al tratamiento superficial de materiales y varios sustratos, concretamente, y, por ejemplo, textiles y, concretamente, al tratamiento de materiales con una combinación de varias fuentes de energía diversas, entre las cuales, una es normalmente plasma atmosférico.

**ANTECEDENTES**

10 El desarrollo de «textiles inteligentes» es, desde hace tiempo, un área de estudio para mejorar diversas propiedades, como la resistencia a las manchas, la impermeabilidad, la fijación del color y otras características que pueden lograrse mediante un tratamiento avanzado con tecnologías de plasma, fuentes de energía de microondas y, en algunos casos, tratamientos químicos.

15 El tratamiento con plasma atmosférico (APT, por sus siglas en inglés) mejora las propiedades de la superficie de las fibras, como la hidrofiliidad, sin afectar a las propiedades internas de estas, y puede ser empleado por los fabricantes y transformadores de textiles para mejorar las propiedades superficiales de las fibras naturales y sintéticas a fin de aumentar la adhesión, la humectabilidad, la capacidad de estampación y la tintabilidad y para reducir el encogimiento del material.

20 Se conoce como plasma a presión atmosférica (también como plasma AP [por sus siglas en inglés] o plasma a presión normal) el caso especial del plasma en el que la presión se corresponde aproximadamente con la presión atmosférica circundante. Los plasmas AP presentan una gran importancia técnica, ya que, al contrario que los plasmas a baja presión o los plasmas a alta presión, no resulta necesario el uso de ningún costoso recipiente de reacción que garantice el mantenimiento de un nivel de presión distinto de la presión atmosférica. Además, en muchos casos, estos plasmas AP pueden incorporarse fácilmente a la línea de producción. Resultan posibles diversas formas de excitación del plasma, incluidas la excitación por CA (corriente alterna), la excitación por CC (corriente continua) a baja frecuencia, la excitación con ondas de radio y la excitación con microondas. Sin embargo, solo los plasmas AP excitados por CA han alcanzado una relevancia industrial reseñable.

30 En general, los plasmas AP se generan mediante excitación por CA (descarga de corona) y chorros de plasma. En el chorro de plasma se genera un arco eléctrico pulsado por medio de una descarga de alta tensión (5-15 kV, 10-100 kHz). Un gas de proceso, como, por ejemplo, aire comprimido sin aceite, fluye a través de esta sección de descarga, excitándose y convirtiéndose en plasma. A continuación, este plasma atraviesa un cabezal inyector hasta alcanzar la superficie del material que vaya a tratarse. El cabezal inyector presenta un potencial de tierra y, de este modo, retiene en gran medida las partículas del flujo de plasma con potencial. Además, el cabezal inyector determina la forma geométrica del chorro emergente. Pueden emplearse varios cabezales inyectores para la correspondiente zona del sustrato que se esté tratando. Por ejemplo, los materiales dispuestos en láminas, hojas o tejidos con varios metros de ancho que tratar pueden tratarse mediante una fila de inyectores.

40 El plasma AP y el plasma al vacío llevan tiempo utilizándose para limpiar y activar superficies de materiales a fin de prepararlas para la adhesión, el estampado, el pintado, la polimerización u otros recubrimientos funcionales o decorativos. El procesamiento con plasma AP puede ser preferible al plasma al vacío para el procesamiento continuo del material. Otro método de tratamiento superficial emplea energía de microondas para polimerizar recubrimientos precursores.

45 La solicitud de patente alemana abierta a inspección pública DE 36 19 694 A1 describe un método y un aparato para crear agrupaciones de átomos funcionales en la superficie de sustratos macromoleculares, como la celulosa o la lana, en los cuales el sustrato se somete a una descarga eléctrica silenciosa de manera previa o simultánea a la irradiación con luz ultravioleta. Las lámparas de luz ultravioleta apuntan en sentido perpendicular al sustrato que vaya a tratarse.

El documento de patente JP 61119676 describe la generación de una fina película en un sustrato tras el tratamiento del mismo en una cámara de tratamiento de vacío y su calentamiento a una determinada temperatura. Se forma una película de plasma a cierta distancia del sustrato. A continuación, se dirige un haz láser hacia el sustrato en sentido perpendicular a la película de plasma.

En el documento de patente US 2008/0055594 A1 se describe un analizador híbrido de elementos mediante plasma. Se genera plasma entre un electrodo de masa y un electrodo de alta tensión. Ambos electrodos forman una región anular en la que se introduce la muestra. La radiación de microondas se acopla al plasma para mantenerlo.

5 Hammen et al. (US 2009/0120782 A1) describen un aparato de tratamiento superficial por descarga con alimentación continua para tratar materiales de malla. Este aparato incorpora una cámara de descarga en la que tiene lugar la ionización de un gas de proceso mediante la aplicación de alta tensión.

## RESUMEN

La invención se define en las reivindicaciones.

10 La invención pretende en general ofrecer unas técnicas mejoradas para tratar (como, por ejemplo, tratar y modificar superficies) materiales, como, por ejemplo, los sustratos, y más concretamente, los textiles (incluidos los textiles tejidos o de punto y las telas sin tejer), y a grandes rasgos requiere la combinación de distintas fuentes de energía adicionales (como la irradiación láser) con uno o varios plasmas generados por alta tensión (como los plasmas a presión atmosférica [AP]) para llevar a cabo los tratamientos, que pueden alterar el interior del material tratado, además de la superficie, y que pueden emplear gases introducidos o materiales precursores en un entorno seco. Se describen en el  
15 presente las combinaciones de distintas fuentes de energía.

Un modo de realización de la invención comprende a grandes rasgos un método y un aparato para tratar y elaborar textiles técnicos y otros materiales usando una combinación de al menos dos fuentes de energía que interactúan entre sí, como el láser y el plasma atmosférico (AP) generado a alta tensión.

20 Las técnicas descritas en el presente pueden incorporarse fácilmente a un sistema para el procesamiento automático de materiales textiles. La funcionalidad puede lograrse mediante una limpieza sin soluciones acuosas, como el grabado o la ablación, activándose mediante la formación de radicales en la superficie o las superficies e incrementando y reduciendo, de manera simultánea y selectiva, las propiedades funcionales deseadas. Las diversas propiedades, como la hidrofobicidad, las propiedades ignífugas por hidrofiliidad, las propiedades antimicrobianas, la resistencia al encogimiento, la abrasión mediante fibras, las propiedades hidrófugas, el teñido a bajas temperaturas, la mayor absorción del tinte y la fijación del color, pueden lograrse o mejorarse, aumentarse o reducirse, por medio de uno o  
25 varios procesos que provocan cambios químicos o morfológicos, como la formación de radicales en la superficie del material. También pueden aplicarse y procesarse recubrimientos del material, como los recubrimientos a escala nanométrica en la composición de materiales avanzados.

30 La combinación (o hibridación) de la energía del plasma AP con un haz láser como fuente de energía secundaria puede dar lugar a un entorno energético más eficaz (y comercialmente viable) para el tratamiento de sustratos. La fuente de energía secundaria se puede aplicar de manera combinada (conjuntamente o simultáneamente) o secuencial (de forma sucesiva o selectiva) con la energía del plasma AP para lograr las propiedades deseadas.

35 La fuente de energía secundaria puede actuar sobre la columna de plasma generada aparte, de modo que se obtenga un entorno plasmático más eficaz y con mayor energía, a la vez que se dispone de la posibilidad de actuar directamente sobre la superficie y, en algunos casos, el interior del material sujeto a este tratamiento híbrido.

40 Las técnicas descritas en el presente documento pueden aplicarse, aunque no exclusivamente, al tratamiento de textiles (tanto orgánicos como inorgánicos), papel, papel sintético, plástico y otros materiales similares que normalmente adoptan forma de lámina, hoja o tela en rollo («artículos de venta por metros»). Las técnicas que se describen en el presente documento también pueden aplicarse a la extrusión de plásticos o metales, los laminadores, el moldeo por inyección, el hilado, el cardado, el tejido, la fabricación de vidrio, el grabado de sustratos y la limpieza y el recubrimiento de cualquier material, así como a casi cualquier técnica de procesamiento de materiales. Mediante las técnicas descritas, pueden tratarse materiales rígidos, como las láminas de vidrio (por ejemplo, las empleadas en las pantallas táctiles).

45 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se expone un método para el tratamiento de un sustrato, tal como se define en la reivindicación 1.

En otro aspecto, la presente invención incluye un aparato, tal como se define en la reivindicación 7.

En un aspecto más, la presente invención comprende un uso del aparato descrito en el presente documento para el tratamiento de un sustrato textil.

En un aspecto diferente, la presente invención concibe un material textil obtenido con el método descrito en el presente documento.

5 Las ventajas de la presente invención pueden incluir, entre otras, un método para la creación de un plasma con mayor energía y más eficaz para limpiar y activar superficies para su posterior procesamiento o acabado. Por ejemplo, la irradiación con láser ultravioleta, tanto de onda continua como pulsada, puede combinarse con plasma AP generado por medios electromagnéticos para crear un entorno reactivo fuertemente ionizado y con mayor energía para el tratamiento de superficies. El efecto de la energía híbrida resultante puede ser mayor que el de la suma de sus distintos componentes. Puede emplearse energía láser pulsada para conducir el plasma, de manera que se generan ondas y la energía láser acelera las ondas de plasma resultantes, que actúan sobre el sustrato de manera similar a la acción de las olas en el mar.

Este plasma acelerado y con una mayor energía puede dar lugar a radicales en la fibra o la superficie del sustrato tratado y fijar grupos ionizados a dichos radicales. Dichos grupos funcionales, como carboxilo, hidroxilo u otros, se fijan a la superficie mejorando las características de polaridad y pueden dar lugar a una mayor hidrofiliidad y otras propiedades funcionales deseables.

15 La invención combina de manera conveniente fuentes de energía en un entorno atmosférico controlado en presencia de un sustrato material. El resultado final puede ser la conversión y la síntesis de materiales en la superficie del sustrato: el sustrato puede sufrir una alteración física, en contraste con un simple recubrimiento.

20 En un modo de realización que se expone a modo de ejemplo, se crea un plasma por radiofrecuencia a alta frecuencia en un compartimento (o cavidad, o cámara) formado entre rodillos giratorios y accionados y que se extiende por todo el ancho del área de procesamiento. El campo de plasma generado es uniforme por todo el ancho del área de tratamiento y puede actuar a presión atmosférica. Se incluye, además, un láser ultravioleta de gran potencia para que interactúe con el plasma o con el material que se trate. Es posible modificar la forma del haz láser para que presente una sección transversal rectangular y una densidad energética uniforme en toda el área de tratamiento. Puede emplearse un sistema de suministro de gas para combinar cualquier cantidad de gases ambientales y precursores (por ejemplo, cuatro) en un único gas de alimentación que llene la cámara de plasma híbrido. También puede incorporarse un sistema de pulverización o nebulizador capaz de aplicar una capa fina y uniforme de material sol-gel o aceleradores del proceso al material que vaya a tratarse, antes o después del procesamiento.

30 El proceso de combinación del plasma y la fotónica (como el láser ultravioleta) es seco, se lleva a cabo a presiones atmosféricas y emplea gases seguros e inertes (como el nitrógeno, el oxígeno, el argón y el dióxido de carbono). Al modificarse la potencia del láser y el plasma y al variarse los gases ambientales o al añadirse materiales sol-gel u otros precursores orgánicos o inorgánicos —es decir, al cambiar la «receta» —, el sistema ofrece una amplia variedad de aplicaciones del proceso.

Algunas de dichas aplicaciones son la limpieza, la preparación y la mejora del rendimiento de los materiales.

35 - En la limpieza, el láser puede intensificar la potencia del plasma y actuar por sí mismo sobre el material del sustrato.

40 - En la preparación del material del sustrato para un procesamiento secundario, como el teñido, puede realizarse la ablación de la superficie de las fibras de manera controlada, aumentando así la hidrofiliidad del material (por ejemplo, en los materiales textiles). Además, al introducir gases ambientales en la zona de procesamiento del sistema, pueden crearse sustancias químicas en la superficie del material (p. ej., una tela), que pueden reaccionar con los medios de tinción para lograr una penetración más eficaz del tinte, un proceso de coloración más intenso o una reducción de la temperatura de tinción. Por ejemplo, se pueden preparar las fibras textiles para conseguir una absorción más controlada de los tintes de óxido de cromo y aumentar así la intensidad del color negro obtenido. Por tanto, existe potencial en este proceso para rebajar el contenido químico de los tintes, lo cual podría reducir tanto el impacto medioambiental negativo como los costes de procesamiento.

45 - En relación con la mejora del rendimiento, por medio del proceso puede lograrse la síntesis de materiales en la superficie del sustrato. Mediante la alteración de las potencias y de las frecuencias del láser y el plasma, y gracias a la introducción de otros materiales en el entorno del proceso, el sistema consigue la ablación de la superficie del sustrato y, mediante varias reacciones químicas entre el sustrato y los gases ambientales, se sintetizan nuevos materiales en la superficie de las fibras de la malla del material textil.

50

BREVE DESCRICIÓN DE LOS DIBUJOS

5 Puede hacerse referencia de forma detallada a modos de realización de la invención descrita, en relación con los cuales pueden ilustrarse algunos **ejemplos** no exhaustivos en los dibujos adjuntos (o figuras, o FIGS). En general, las figuras son dibujos esquemáticos. Para ofrecer una mayor claridad, algunos elementos de las figuras pueden exagerarse y otros, omitirse. Puede hacerse referencia a la relación o a las relaciones entre los distintos elementos de las figuras en función del modo en que se presentan o ubican en los dibujos, como, por ejemplo, «arriba», «abajo», «izquierda», «derecha», «encima», «debajo» o términos similares. La fraseología y la terminología empleados en el presente no deben interpretarse de manera restrictiva y debe considerarse que se emplean con fines exclusivamente descriptivos.

10 La FIG. 1 es una representación esquemática de un sistema de tratamiento de acuerdo con un modo de realización de la invención.

La FIG. 2 muestra una vista parcial en perspectiva de un área de plasma del sistema de tratamiento ilustrado en la FIG. 1. No forma parte de la invención.

La FIG. 2A muestra una vista parcial en perspectiva de un área de plasma del sistema de tratamiento ilustrado en la FIG. 1.

15 La FIG. 3 muestra una vista parcial en perspectiva de un área de pretratamiento, un área de plasma y un área de postratamiento del sistema de tratamiento ilustrado en la FIG. 1 de acuerdo con algunos modos de realización de la invención.

Las FIGS. 4A a 4F son representaciones esquemáticas de elementos de un área de tratamiento del sistema de tratamiento ilustrado en la FIG. 1 de acuerdo con algunos modos de realización de la invención.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA

La invención hace referencia en general al tratamiento (como, por ejemplo, el tratamiento de superficies) de materiales (por ejemplo, textiles) para modificar sus propiedades.

25 Se describirán varios modos de realización para ilustrar la invención o las invenciones y dichos modos de realización deberán considerarse ilustrativos y no exhaustivos. Aunque la invención se describe en general en el contexto de varios **ejemplos** de modos de realización, debe entenderse que con dicha descripción no se pretende limitar la invención a estos modos de realización concretos. Cada modo de realización puede constituir un ejemplo o una puesta en práctica de uno o más aspectos de la invención o las invenciones. Aunque en el contexto de cada modo de realización se pueden describir varias características de la invención o las invenciones, las características también se pueden enunciar por separado o en cualquier combinación entre sí que resulte adecuada. Por otro lado, aunque la invención o las invenciones se pueden describir en el contexto de distintos modos de realización, dicha invención o dichas invenciones también pueden ponerse en práctica siguiendo un único modo de realización.

30 En la descripción principal que sigue, se hablará sobre el tratamiento superficial de sustratos, que pueden ser textiles suministrados en rollos (largas hojas de material o telas enrolladas en una bobina). Pueden aplicarse uno o más tratamientos, incluidos, entre otros, la síntesis de materiales, a una o ambas caras del sustrato textil y pueden introducirse materiales adicionales. A los efectos del presente, se entenderá por «sustrato» una fina «hoja» de material o tela con dos caras, a las que es posible referirse como «anverso» y «reverso» o caras «superior» e «inferior».

ALGUNOS MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

40 Los siguientes modos de realización y los siguientes aspectos de estos pueden describirse e ilustrarse junto con sistemas, herramientas y métodos expuestos a modo de ejemplo ilustrativo, que en ningún caso deberán considerarse exhaustivos. Es posible que se indiquen diseños concretos para ofrecer una visión detallada de la invención o las invenciones. Sin embargo, debe ser evidente para los expertos en la materia que quizá resulte posible poner en práctica la invención o las invenciones sin algunos de los detalles concretos que se presentan en este documento. Además, es posible que se omitan o simplifiquen algunas características conocidas a fin de no complicar las descripciones de la invención o las invenciones.

45 La FIG. 1 muestra un sistema de tratamiento superficial (100) completo y un método para realizar el tratamiento, como, por ejemplo, el tratamiento superficial de un sustrato (102). En las figuras que se presentan, el sustrato (102) se muestra avanzando por el sistema (100) de derecha a izquierda.

El sustrato (102) puede ser, por ejemplo, un material textil y puede suministrarse, al modo de los «artículos de venta por metros», como una tela enrollada en una bobina. El sustrato que deba tratarse puede ser, por ejemplo, un material textil fibroso, como algodón/poliéster, de aproximadamente 1 m de ancho, aproximadamente 1 mm de grosor y aproximadamente 100 metros de largo.

- 5 Una parte del material (102A), como, por ejemplo, una parte del sustrato (102) de 1 x 1 m aún sin tratar, se ilustra saliendo de un rollo de alimentación (R1) en una sección de alimentación (100A) del sistema (100). Desde la sección de alimentación (100A), el sustrato (102) atraviesa una sección de tratamiento (120) del aparato (100). Tras el tratamiento, el sustrato (102) sale del aparato de tratamiento (120) y puede recogerse de cualquier modo que resulte adecuado, como, por ejemplo, enrollado en un rollo de salida (R2). Una parte del material (102B), como, por ejemplo, una parte del sustrato (102) de 1 x 1 m ya tratada, se ilustra enrollándose en un rollo de salida (R2) en una sección de salida (100B) del sistema (100). Pueden incluirse varios rodillos (R) entre las distintas secciones del sistema (100) (tal como se muestra) y dentro de las distintas secciones (no se muestra) para guiar el material a través del sistema.

La sección de tratamiento (120) puede comprender en general tres áreas (o regiones, o zonas):

- opcionalmente, un área de pretratamiento (o del precursor) (122);
- 15 - un área de tratamiento (o del plasma) (124);
- opcionalmente, un área de postratamiento (o de acabado) (126).

El área de tratamiento (124) incorpora componentes para generar plasma atmosférico (AP) con corriente alterna (CA) a alta tensión. Sus elementos son generalmente conocidos y algunos de ellos se describen con más detalle a continuación.

- 20 Se incluye un láser (130) como fuente de energía secundaria para crear un haz (132) que interactúa con el plasma AP en el área de tratamiento principal (124) y que también incide en la superficie del sustrato (102).

Puede incorporarse un controlador (140) para controlar la operación de los distintos componentes y elementos descritos previamente y puede proporcionarse con las interfaces de usuario habituales (sistema de introducción de comandos, pantalla, etc.).

- 25 La configuración que se muestra en la FIG. 2 no forma parte de la invención, pero sirve para ilustrarla. La FIG. 2 muestra parte del área de tratamiento principal (124) y algunos elementos operativos de la misma. Se incluyen tres ejes ortogonales (x, y y z). (En la FIG. 1, se incluyen los correspondientes ejes x e y.)

- 30 Se muestran dos electrodos alargados (212 [e1] y 214 [e2]), uno de los cuales puede considerarse un cátodo y el otro, un ánodo. Estos dos electrodos (e1 y e2) pueden disponerse en general de forma paralela entre sí, en paralelo al eje y y separados el uno del otro en la dirección del eje x. Los electrodos (e1 y e2) pueden presentar cualquier forma que resulte adecuada, como, por ejemplo, forma de varilla, tubo o cualquier otro tipo de electrodo cilíndrico giratorio, y, en principio, están separados el uno del otro a una distancia que deje espacio suficiente para el grosor del material procesado. Los electrodos (e1 y e2) pueden disponerse, aproximadamente, 1 mm por encima de la cara superior (102a) del sustrato (102) que vaya a tratarse.

- 35 Los electrodos (e1 y e2) pueden energizarse de cualquier modo que resulte adecuado para crear plasma atmosférico (AP) a lo largo de la pareja de cátodo y ánodo en el espacio entre los electrodos (e1 y e2) y directamente alrededor de estos, al que nos podemos referir como «zona de reacción del plasma».

- 40 Tal como se ha mencionado previamente, puede dirigirse un haz láser (132) al área de tratamiento principal (124) y dicho haz también puede incidir en la superficie del sustrato (102). En la FIG. 2, se muestra el haz láser (132) dirigido aproximadamente a lo largo del eje y, aproximadamente en paralelo a los electrodos (e1 y e2) y entre los mismos, y ligeramente por encima de la cara superior (102a) del sustrato (102), de modo que interactúe con el plasma (columna) generado por ambos electrodos (e1 y e2). En un ejemplo de aplicación, la superficie de incidencia del haz puede ser un rectángulo de, aproximadamente, 30 x 15 mm. El haz puede orientarse en vertical u horizontal para facilitar la interacción deseada del plasma o la irradiación directa del sustrato.

- 45 El haz láser (132) se dirige ligera pero suficientemente «desviado» para que irradie directamente el sustrato (102) que deba tratarse mientras reacciona al mismo tiempo con el plasma que generan los dos electrodos (e1 y e2). En concreto, el haz láser (132) se desvía con un ángulo «a», que es, aproximadamente, inferior a 1-10 grados en relación con la cara

superior (102a) del sustrato (102) a fin de que incida en dicha cara superior (102a). El haz láser (132) puede inspeccionarse por medio de galvanómetros convencionales o algún instrumento similar, para que interactúe debidamente con cualquier parte seleccionada del plasma generado por los dos electrodos (e1 y e2), con el sustrato (102) o con ambos.

5 El plasma se crea usando una primera fuente de energía, como corriente alterna (CA) a alta tensión. Una segunda fuente de energía diferente (como el láser) interactúa con el plasma, generando un «plasma híbrido», y dicho plasma híbrido interactúa (en el área de tratamiento) con el sustrato (el material) que vaya a tratarse. Además de interactuar con la primera fuente de energía, la segunda fuente de energía también debe interactuar directamente con el material que  
10 vaya a tratarse. La interacción directa con el sustrato u otro gas (secundario o precursor) puede generar su propio plasma mantenido por láser, que, a su vez, puede interactuar con el plasma generado por alto voltaje para incrementar la energía del entorno reactivo.

El sustrato (102) (material que se trate) se guía mediante rodillos a medida que atraviesa el área (la zona) de  
15 tratamiento principal (124). La FIG. 2A muestra que uno de estos rodillos (214) funciona como el ánodo y el otro (212), como el cátodo (o al revés) de una pareja de ánodo y cátodo dispuesta para generar el plasma. Cabe señalar que, en la FIG. 2, el sustrato (102) se encuentra a un lado de ambos electrodos (e1 y e2) (por debajo de estos, en la ilustración), y, en la FIG. 2A, el sustrato (102) se encuentra dispuesto entre los dos electrodos (e1 y e2). En ambos casos, el plasma generado por los electrodos (e1 y e2) actúa, al menos, sobre una de las caras del sustrato (102). Los ánodos y los cátodos pueden estar revestidos por un material aislante, como un material cerámico.

La FIG. 3 muestra que, en el área (la zona) de pretratamiento (122), puede emplearse una fila de cabezales (boquillas)  
20 de pulverización (322) que cubran todo el ancho del material que vaya a tratarse, o cualquier otro medio adecuado, para dispensar los materiales precursores (323) en fase sólida, líquida o gaseosa en el sustrato (102) y así permitir el procesamiento de determinadas propiedades, como las características antimicrobianas, ignífugas o superhidrofóbicas/hidrofílicas.

Puede existir una zona de separación intermedia entre el área (la zona) de pretratamiento (122) y el área (la zona) de  
25 tratamiento principal (124) a fin de dejar tiempo para que los materiales aplicados en la fase de pretratamiento se infiltren en el sustrato (sean absorbidos por este). El sistema seguirá procesando un material continuo, pero la zona de separación puede retener, por ejemplo, hasta 200 m de tela. Cuando el material que vaya a tratarse (como, por ejemplo, artículos de venta por metros) entre, por ejemplo, en el sistema a 20 m/min, esta zona de separación permite un  
30 «tiempo de secado» de varios minutos entre el pretratamiento (122) y el tratamiento con plasma híbrido (124) sin interrumpir el flujo de material por el sistema.

De igual modo, en el área (la zona) de postratamiento (126), puede emplearse una fila de cabezales (boquillas) de  
pulverización (326) que cubran todo el ancho del material que vaya a tratarse (124), o cualquier otro medio adecuado, para dispensar los materiales de acabado (327) en fase sólida, líquida o gaseosa en el sustrato (102) y así conferirle las características deseadas.

35 Algunos modos de realización del área de tratamiento (124)

Las FIGS. 4A a 4F ilustran varios modos de realización de elementos del área de tratamiento (124).

La FIG. 4A ilustra un modo de realización (400A) con las siguientes características:

- Un primer rodillo («superior») (412) funciona como electrodo (e1) y puede presentar un diámetro de, aproximadamente, 10 cm, y una longitud (perpendicular a la ilustración) de 2 m. Este rodillo (412) puede  
40 incorporar un núcleo metálico y una superficie exterior cerámica (aislante eléctrico).
- Un segundo rodillo («inferior») (414) funciona como electrodo (e2) y puede presentar un diámetro de, aproximadamente, 15 cm, y una longitud (perpendicular a la ilustración) de 2 m. Este rodillo (414) puede incorporar un núcleo metálico y una superficie exterior cerámica (aislante eléctrico).
- El segundo rodillo (414) se encuentra dispuesto en paralelo al primer rodillo (412) y directamente debajo de  
45 este (tal como se aprecia en la ilustración), con un espacio de separación que se corresponde con el grosor (por ejemplo, puede ser ligeramente inferior al grosor) del material del sustrato (402) (equipárese a 102) que se hace pasar entre ambos rodillos (412 y 414). El material puede avanzar de derecha a izquierda, tal como se indica con la flecha. El sustrato (402) presenta una cara superior (402a) (equipárese a 102a) y una cara inferior (402b) (equipárese a 102b).

- El primer rodillo (412) puede servir de ánodo de una pareja de ánodo y cátodo y puede recibir alta tensión. El segundo rodillo (414) puede servir de cátodo de la pareja de ánodo y cátodo y puede estar puesto a tierra.
- Un primer rodillo presor o de alimentación («derecho») (416) (n1) se encuentra adyacente al cuadrante inferior derecho (según la ilustración) del primer rodillo (412) y al cuadrante superior derecho (según la ilustración) del segundo rodillo (414). Este rodillo (416) puede presentar un diámetro de, aproximadamente, 12 cm, y una longitud (perpendicular a la ilustración) de 2 m. La superficie exterior de este rodillo (416) puede estar en contacto con la superficie exterior del primer rodillo (412). El espacio entre la superficie exterior de este rodillo (416) y la superficie exterior del segundo rodillo (414) se corresponde con el grosor (por ejemplo, puede ser ligeramente inferior al grosor) del material del sustrato (402) (equipárese a 102) que se hace pasar entre ambos rodillos (416 y 414).
- Un segundo rodillo presor o de alimentación («izquierdo») (418) (n2) se encuentra adyacente al cuadrante inferior izquierdo (según la ilustración) del primer rodillo (412) y al cuadrante superior izquierdo (según la ilustración) del segundo rodillo (414). Este rodillo (418) puede presentar un diámetro de, aproximadamente, 12 cm, y una longitud (perpendicular a la ilustración) de 2 m. La superficie exterior de este rodillo (418) puede estar en contacto con la superficie exterior del primer rodillo (412). El espacio entre la superficie exterior de este rodillo (418) y la superficie exterior del segundo rodillo (414) se corresponde con el grosor (por ejemplo, puede ser ligeramente inferior al grosor) del material del sustrato (402) (equipárese a 102) que se hace pasar entre ambos rodillos (418 y 414).
- En general, los rodillos presores o de alimentación (416 y 418) deben presentar una superficie exterior aislante que evite los cortocircuitos en el ánodo y el cátodo (412 y 414).

Con dicha disposición de los rodillos (412, 414, 416 y 418), puede formarse una cavidad semihérmica (440) entre las superficies exteriores de los cuatro rodillos (412, 414, 416 y 418) para delimitar el área de tratamiento (124) y contener el plasma. La cavidad completa (440) puede comprender una primera sección («derecha») (440a) en el espacio entre los rodillos superior, derecho e inferior (412, 416 y 414) y una segunda sección («izquierda») (440b) en el espacio entre los rodillos superior, izquierdo e inferior (412, 418 y 414). El círculo sólido al final de la línea que indica la sección derecha (440a) de la cavidad (440) representa el flujo de gas en la cavidad. El rectángulo sólido al final de la línea que indica la sección izquierda (440b) de la cavidad (440) representa el haz láser (132).

El plasma generado en la cavidad (440) puede ser un plasma a presión atmosférica (AP). Por tanto, no resulta necesario sellar la cavidad (440). Sin embargo, pueden colocarse topes o tapas (no se muestran) en los extremos de los rodillos (412, 414, 416 y 418) para contener (semicerrado) y controlar el flujo de gas dentro y fuera de la cavidad (440).

La FIG. 4B ilustra un modo de realización (400B) en el que los rodillos izquierdo y derecho (416 y 418) están ligeramente separados de los otros dos rodillos (412 y 414), de modo que la cavidad (440) se encuentra abierta y permite el procesamiento de sustratos más gruesos y rígidos. Sin embargo, esto requiere un accionamiento independiente y directo de cada electrodo (ánodo y cátodo). El material se conduciría a través de la zona de reacción mediante unos rodillos de alimentación y salida externos.

La FIG. 4C ilustra un modo de realización (400C) en el que se utiliza una pantalla en forma de «U» invertida (420), en lugar de los rodillos izquierdo y derecho (416 y 418), para delimitar la cavidad (440), que se divide entre una sección derecha y una sección izquierda (440a y 440b). La pantalla (420) se dispone esencialmente cubriendo por completo un rodillo (412) (excepto el lugar por el que se conduce el material) y al menos parte del otro rodillo (414). Podría colocarse una segunda pantalla (no se muestra) bajo el rodillo inferior (414).

La FIG. 4D ilustra un modo de realización (400D) adaptado para tratar sustratos rígidos. El sustrato (402) descrito previamente era flexible, como, por ejemplo, un material textil. Los sustratos rígidos, como el vidrio para pantallas táctiles, también pueden tratarse con plasma híbrido y materiales precursores. Un sustrato rígido (404) con una cara superior (404a) y una cara inferior (404b) atraviesa el rodillo superior (e1) (412) y el rodillo inferior (e2) (414). Puede disponerse una fila de boquillas (422) (equipárese a 322) para suministrar material precursor en forma líquida, sólida o atomizada. También puede incorporarse una pantalla (no se muestra) similar a la indicada con la referencia 420 (véase la FIG. 4C) para contener el plasma híbrido.

La FIG. 4E muestra un diseño (400E) que incorpora una fila de boquillas (inyectores) de plasma a alto voltaje (430) en lugar de los electrodos cilíndricos (e1 y e2). Por ejemplo, pueden disponerse diez inyectores (430) con una separación entre sí de 20 cm en el área de tratamiento (124). La ilustración muestra un sustrato rígido (404). Puede colocarse una fila de boquillas (422) (equipárese a 322) para suministrar el material precursor, por ejemplo, en forma atomizada, en el

sustrato (404) en un área de pretratamiento (122) antes de su exposición al plasma híbrido. Pueden disponerse, por ejemplo, diez boquillas (422) con una separación entre sí de 20 cm en el área de pretratamiento (122). También puede incorporarse una pantalla (no se muestra) similar a la indicada con la referencia 420 (véase la FIG. 4C) para contener el plasma híbrido.

5 Este diseño permite tratar sustratos metálicos y otros sustratos conductores.

La FIG. 4F ilustra un modo de realización (400F) con un primer rodillo («superior») (412) que funciona como electrodo (e1) (o ánodo), un segundo rodillo («inferior») (414) que funciona como electrodo (e2) (o cátodo) y dos rodillos presores (436 y 438) (equipárense a 416 y 418).

10 En contraste con el modo de realización 400A (FIG. 4A), en este modo de realización, los rodillos presores (436 y 438) están ligeramente separados (por ejemplo, 1 cm) de los rodillos superior e inferior (412 y 414). Por tanto, aunque seguirán contribuyendo a contener el plasma, es posible que no puedan funcionar como rodillos de alimentación y que deban colocarse otros rodillos de alimentación (no se muestran).

15 El rodillo derecho (436) (equipárese a 416) se muestra con un recubrimiento o revestimiento (437) en la superficie. El rodillo izquierdo (438) (equipárese a 418) se muestra con un recubrimiento o revestimiento (439) en la superficie. Los rodillos derecho e izquierdo (436 y 438) del área de tratamiento con plasma híbrido (124) pueden, por ejemplo, envolverse con una hoja metálica (o incorporar una capa exterior metálica) que pueda ser desprendida durante el proceso por el plasma híbrido con alto contenido energético o por el láser (segunda fuente de energía), creando una columna que contenga plasma metálico reactivo y pueda fijarse fácilmente a los radicales de la superficie del sustrato para crear recubrimientos nanométricos con una composición metálica en el material del sustrato. El material metálico (hoja, capa) puede ser objeto de grabado o ablación controlados por el plasma y los componentes metálicos desprendidos pueden reaccionar con el plasma y depositarse en el sustrato, por ejemplo, en capas a escala nanométrica.

20 El material metálico que recubre ambos rodillos (436 y 438) puede consistir, por ejemplo, en titanio, cobre, aluminio, oro o plata, o en una combinación de estos. Es posible recubrir uno de los rodillos con un material y el otro rodillo, con otro material. También es posible recubrir distintas partes de los rodillos (436 y 438) con distintos materiales. En general, cuando se produce la ablación de estos materiales, forman un material precursor en forma de vapor en el área de tratamiento (124) (al contrario que el sistema de boquillas 322 y 422 que suministran material precursor en el área de pretratamiento [124]).

#### Características adicionales

30 Aunque no se muestra expresamente, los materiales de acabado dispensados en el sustrato (102) tras el tratamiento mediante una energía híbrida (124) pueden exponerse inmediatamente a plasma secundario o plasma híbrido a fin de secar o sellar los materiales de acabado que se hayan dispensado tras la activación de la superficie mediante el plasma híbrido o a fin de conseguir una reacción en dichos materiales.

35 Aunque no se muestra expresamente, debe entenderse que pueden introducirse diversos gases, como O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H, CO<sub>2</sub>, Ar o He, o compuestos, como materiales a base de silano o siloxano, en el plasma, por ejemplo, en el área de tratamiento (124), para aportar diferentes características y propiedades deseadas al sustrato tratado.

40 Para aportar propiedades antimicrobianas al material tratado, pueden incorporarse materiales precursores, como silanos o siloxanos sin base de plata y materiales de la familia del cloruro de aluminio, como cloruro de dimetiloctadecil[3-(trihidroxisilil)propil]amonio. Pueden utilizarse otros grupos de silanos o siloxanos para afectar a la hidrofobicidad, así como siloxonas y etoxisilanos (para incrementar la hidrofiliidad). El hexametildisiloxano aplicado en el plasma en la fase gaseosa puede alisar la superficie de las fibras textiles y aumentar el ángulo de contacto, que resulta indicativo del nivel de hidrofobicidad.

45 Es posible emplear una pequeña presión negativa o un vacío parcial a presión atmosférica para arrastrar los componentes del plasma hacia los sustratos porosos y lograr una mayor penetración de dichos componentes en estos sustratos. La FIG. 3 muestra dicho sistema de succión, como una pletina (base) (324) sobre la que pasa el sustrato (102) en el área de tratamiento (124) y que puede disponer de varios orificios y estar debidamente conectada a un sistema de succión (no se muestra) para lograr el efecto deseado. La pletina (324) puede funcionar como uno de los electrodos que generan el plasma. Alternativamente, para llevar a cabo esta función, podría modificarse fácilmente un rodillo o un elemento similar (con orificios y conectado al sistema de succión).

Debe entenderse que se trata de un proceso seco y con un bajo impacto medioambiental, y que los gases o componentes sobrantes o derivados son inherentemente seguros y pueden ser evacuados del sistema y reciclados o eliminados como resulte adecuado.

5 Se describe, por tanto, un método para tratar materiales con, al menos, dos fuentes de energía en el que dichas fuentes consisten en: 1) un plasma AP generado por el paso de varios gases a través de un campo electromagnético de alta energía y 2) al menos un láser que interactúa con dicho plasma para crear un «plasma híbrido». El láser puede funcionar en el rango de las longitudes de onda ultravioletas: a 308 nm o menos. El láser puede ser un láser de excímeros que opere con una potencia de salida de al menos 25 W, incluso a más de 100 W, más de 150 W y más de 200 W. El láser puede ser pulsado, por ejemplo, a una frecuencia de 25 Hz o superior, como 350-400 Hz, incluyendo los láseres de picosegundos y femtosegundos. Aunque solo se ha descrito la interacción de un láser con el plasma (y el sustrato), la invención contempla el posible uso de dos o más láseres.

Algunos **ejemplos** de parámetros para generar el plasma en el área de tratamiento son: 1-2 kW para el plasma generado a alta tensión y 500 mJ y 350 Hz para el láser ultravioleta a 308 nm, en una mezcla de gases de argón al 80 % y oxígeno o CO<sub>2</sub> al 20 %.

15 Además del láser, puede usarse una fuente ultravioleta, como una lámpara ultravioleta o una matriz de LED (diodos emisores de luz, por sus siglas en inglés) ultravioletas de alta potencia dispuestos a lo largo del área de tratamiento, para dirigir la energía al plasma AP y crear así un plasma híbrido y para interactuar con el material que se esté tratando (grabándolo o generando reacciones o síntesis).

20 En la descripción principal, se ha ilustrado el tratamiento de una cara (102a) de un material de sustrato (102) y se han descrito algunos **ejemplos** de tratamientos. La invención contempla que también pueda tratarse la cara inferior opuesta (102b) del material (102), por ejemplo, haciendo volver a pasar el material (102) por el área de tratamiento (124). Para tratar la segunda cara del material, pueden emplearse diversas fuentes de energía y distintos entornos, así como diferentes materiales precursores y de acabado. De este modo, pueden tratarse ambas caras del material. También debe entenderse que los tratamientos pueden sobrepasar la superficie del material que se trate para modificar o mejorar las propiedades del interior (el núcleo) del material. En algunos casos, tanto ambas caras del material como su interior pueden tratarse eficazmente desde un lado.

30 El sistema también puede usarse para tratar materiales que no presenten forma de lámina, de hoja o de tela en rollo. Por ejemplo, el sistema puede servir para mejorar las propiedades ópticas y morfológicas de los diodos orgánicos emisores de luz (OLED, por sus siglas en inglés) mediante el recocado con energía híbrida. Estos artículos independientes se pueden transportar por el sistema en cualquier modo que resulte adecuado.

35 Pueden aplicarse otros tipos de energía de manera combinada o consecutiva para mejorar la capacidad de procesamiento. Por ejemplo, el método para tratar materiales puede usar una combinación de al menos dos fuentes de energía, como microondas y láser, microondas y plasma generado por medios electromagnéticos, plasma y microondas o distintas combinaciones de plasma, láser y resonancia ciclotrónica de electrones (ECR, por sus siglas en inglés) con microondas pulsadas.

40 Las dos fuentes de energía pueden consistir en 1) un plasma atmosférico que utilice distintos gases ionizados que atraviesen campos electromagnéticos de alta energía, y 2) una fuente de luz ultravioleta que genere y dirija radiación hacia el plasma fuertemente ionizado y directamente a la superficie que vaya a tratarse. La fuente de luz ultravioleta puede consistir en una matriz de LED ultravioletas de alta potencia dispuestos a lo largo del área de tratamiento. Los LED ultravioleta de alta potencia pueden interactuar con el plasma para incrementar la energía del mismo, además de actuar directamente sobre el sustrato a fin de conseguir el grabado o una reacción en dicho sustrato.

Un sistema automatizado de manipulación del material puede transportar el material de manera controlada por los campos de energía creados mediante la combinación de las fuentes de energía.

Pueden realizarse una serie de pasos en el proceso, como, por ejemplo:

45 Paso 1 (opcional): aplicación de precursor

Paso 2: exposición a la energía híbrida

Paso 3 (opcional): aplicación de material precursor o de acabado

Paso 4: exposición a la energía híbrida

En este proceso, todos los pasos se realizarían de manera consecutiva inmediatamente dentro del sistema.

La invención contempla la introducción de un sistema de suministro en el proceso capaz de añadir materiales precursores en fase de gas o vapor directamente en la zona de reacción del plasma.

5 Algunos **ejemplos** de parámetros del proceso de tratamiento

Tratamiento 1: hidrofiliidad

Material precursor

Fracción hidroxi de polidimetilsiloxano (fracción hidroxi de PDMS)

Alt. : copolímero (dimetilsiloxano y/o con mezcla de dimetilsilano)

10 Láser

Frecuencia 250 Hz

Potencia 380 mJ

Plasma

Gas portador argón 80 %

15 Gas reactivo O<sub>2</sub> 20 %

Caudal 15 l/min Presión ligeramente superior a 1 bar

Potencia 2 kW

Tratamiento 2: tintabilidad

20 Precursor

Sin precursor u otros catalizadores precursores

Láser

Frecuencia 250 Hz

Potencia 380 mJ

25 Plasma

Gas portador argón 80 %

Gas reactivo O<sub>2</sub> o N<sub>2</sub> 20 %

Caudal 15 l/min Presión ligeramente superior a 1 bar

Potencia 2 kW

30

Tratamiento 3: hidrofobicidad

- 5 Precursor Mezcla de octametilciclotetrasiloxano/polidimetilsilano (polimetilhidrosiloxano soluble en agua mezclado con polidimetilsiloxano con éter poliglicólico soluble en agua o una combinación de los anteriores con polidimetilsiloxano). El uso de mezclas solubles en agua permite diluir los materiales con agua desionizada hasta las concentraciones necesarias en función de la aplicación, la relación coste-eficacia y los resultados obtenidos. Las mezclas solubles en agua pueden elaborarse con los correspondientes aditivos: esencialmente, se trata de métodos para mezclar el aceite con agua a fin de crear emulsiones, que se definen en general en función del tamaño del dispersante de la emulsión, esto es, como macro o micro (macro > 100 µm, micro < 30 µm).

Alt. : copolímero (dimetilsiloxano y/o con mezcla de dimetilsilano)

10 Láser

Frecuencia al menos 350 Hz

Potencia al menos 450 mJ

Plasma

Gas portador nitrógeno, argón, helio 80 %

15 Gas reactivo CO2 o N2 2-20 %

Caudal 10-40 l/min Presión ligeramente superior a 1 bar

Potencia 0,5-1 kW

Tratamiento 4: propiedades ignífugas

20 Precursor

- 25 Copolímeros y terpolímeros basados en siloxano/silano y poliborosiloxano con compuestos inorgánicos clave, esencialmente óxidos de transición de titanio, silicio y circonio, y boro. También se incluye el boro con copolímeros y terpolímeros de siloxano, como el poliborosiloxano modificado con organosilicio/oxietil. Pueden usarse algunas mezclas de fósforo recientes basadas en composiciones de materiales limitadas, en función de los tipos de materiales de sustrato y los resultados esperados. Pueden usarse mezclas de octametilciclotetrasiloxano/polidimetilsilano soluble en agua mezclada con polidimetilsiloxano con éter poliglicólico soluble en agua o una combinación de los anteriores con polidimetilsiloxano, con los siguientes aditivos:

- Aditivo de metaborato de calcio al silano/siloxano
- Aditivo de óxido de silicio al silano/siloxano
- 30 - Aditivo de tetraisopropanolato de titanio
- Dióxido de titanio (rutilo)
- Fosfato de amonio
- Óxido de aluminio
- Borato de zinc
- 35 - Fosfato de boro con oligómeros precerámicos
- Aerogeles e hidrogeles, poliacrilatos reticulados de baja o alta densidad

- Composiciones encapsuladas a escala nanométrica/micrométrica

5 Ejemplo: Dimetilsiloxano, alternativa o adicionalmente con dimetilsilano y con poliborosiloxano, con óxidos de transición añadidos en una concentración de entre el 5 y el 10 %, como TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> (en forma pirógena, de gel o amorfa), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, etc. Los materiales precursores indicados pueden mejorar las propiedades ignífugas de los materiales en el sistema descrito en el presente documento utilizando un plasma híbrido (p. ej., con láser). La invención contempla la posibilidad de que los materiales precursores indicados en el presente documento mejoren las propiedades ignífugas (u otras propiedades) de los materiales en sistemas de tratamiento de materiales que utilicen un plasma que no sea híbrido (p. ej., sin láser).

Láser

10 Frecuencia al menos 350 Hz

Potencia al menos 450 mJ

Plasma

Gas portador nitrógeno, argón, helio 80 %

Gas reactivo CO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub> 2-20 %

15 Caudal 10-20 l/min Presión ligeramente superior a 1 bar

Potencia 0,5-1 kW

Tratamiento 5: propiedades antimicrobianas

Precursor

20 Mezclas de siloxano/silano según la base de la hidrofobicidad, con la adición de cloruro de dimetiloctadecil[3-(trimetoxisilil)propil]amonio. Mezcla de octametilciclotetrasiloxano/polidimetilsilano soluble en agua mezclada con polidimetilsiloxano con éter poliglicólico soluble en agua o una combinación de los anteriores con polidimetilsiloxano, con los siguientes aditivos:

- Cloruro de dimetiloctadecil[3-(trimetoxisilil)propil]amonio

25 - Quitosano

Láser

Frecuencia al menos 350 Hz

Potencia al menos 450 mJ

Plasma

30 Gas portador nitrógeno, argón, helio 80 %

Gas reactivo CO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub> 2-20 %

Caudal 10-20 l/min Presión ligeramente superior a 1 bar

Potencia 0,5-1 kW

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para el tratamiento de un sustrato (102,402,404) que consiste en:

5 Se crea un alto voltaje (HV) de corriente alterna (AC) y de presión atmosférica (AP) para el tratamiento del plasma en el área (124) que comprende dos electrodos separados entre sí (e1/e2;212/214;412/414) en donde los electrodos están provistos del primer y segundo rodillo (212/214;412/414) situados entre sí en paralelo, con un hueco entre ellos, el hueco corresponde al grosor del sustrato, que permite al sustrato alimentarse de los rodillos, caracterizado en que el método que consiste en:

10 Se dirige al menos un rayo láser (132) dentro del área en tratamiento, aproximadamente en paralelo entre los electrodos y ligeramente sobre la parte superior de la superficie (102a) del sustrato, que interactúa con el plasma, creando un plasma híbrido; en donde al menos un rayo láser se dirige a un ángulo ( $\alpha$ ), de menos de 1-10 grados donde la parte superior del sustrato está siendo tratada para ser directamente irradiado y coincidentemente reacciona con el plasma siendo generada por los dos electrodos; y creando un plasma híbrido que interactúa con el sustrato en el área tratada (124).

2. El método de la reivindicación 1, en donde el láser tiene al menos alguna de las siguientes características:

20 El láser contiene un láser excimer;  
El láser opera con una longitud de onda ultravioleta (UV);  
El láser opera al menos con 25 vatios de potencia de salida.

3. El método de las reivindicaciones anteriores consiste en:

25 Un tratamiento previo del sustrato, dispensando (122,322,422) materiales precursores (323,437) sobre el sustrato.

4. El método de las reivindicaciones anteriores consiste en:

30 Después de tratar el sustrato, dispensa (126,326,426) materiales acabados (327,439) sobre el sustrato.

5. El método de las reivindicaciones anteriores, en donde el sustrato es un material seleccionado que consiste en un material textil sintético, poliéster, un material orgánico, algodón y lana.

6. El método de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos un rayo láser tiene forma rectangular de corte transversal mostrando una consistente densidad de potencia sobre el total del área tratada.

7. El dispositivo (100,400 A, 400 B,400 C, 400 D, 400E, 400 F) para tratar materiales comprende:

45 Dos electrodos separados entre sí (e1/e2;212/214;412/414) para generar un plasma en la región en tratamiento (124); en donde los dos electrodos del primer y segundo rodillo se sitúan en paralelo con un hueco entre ambos, el hueco corresponde al grosor del sustrato, para permitir al material que se alimente entre los rodillos. Se caracteriza en que el dispositivo comprende:

50 Uno o más láser (130) dirigiéndose correspondientemente a uno o más rayos (132) dentro del área tratada al interactuar con el plasma y el material que está siendo tratado; por este medio se dirige al menos un rayo láser a un ángulo ( $\alpha$ ), de menos de 1-10 grados donde la parte superior del sustrato está siendo tratada para ser directamente irradiado y coincidentemente reacciona con el plasma siendo generada por los dos electrodos.

8. El dispositivo de la reivindicación 7, comprende:

55 Tres o cuatro rodillos (416/418) donde el primer y el segundo rodillo están colocados de manera adyacente formando una cavidad hermética (440) entre las superficies externas del primer, segundo, tercero y cuarto rodillo (412,414,416,418) para definir el área de tratamiento (124) y para contener el plasma.

9. El dispositivo de la reivindicación 8, en donde: al menos el tercer o cuarto rodillo (436/438) comprenden una capa externa metálica (437/439).

10. El dispositivo de la reivindicación 7, además comprende:

Una placa (420) colocado alrededor del primer y segundo rodillo (412/414) que define cavidad semi hermética (440).

- 5 11. El dispositivo de las reivindicaciones de la 7 a la 10, además comprende al menos:
- Una de las boquillas (322/422) para la emisión del material precursor, en forma líquida, sólida o atomizada; y las boquillas (326) para dispensar el material final (327) dentro del material que está siendo tratado.
- 10 12. El dispositivo de la reivindicación 7, donde los electrodos (e1/e2;212/214;412/414) están recubiertos con cerámica.
- 15 13. El dispositivo de las reivindicaciones de la 7 a la 12 en donde al menos uno de los rayos láser tiene forma rectangular de corte transversal mostrando una consistente densidad de potencia sobre el total del área tratada.
- 20 14. El uso del dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones de la 7 a la 13 es para tratar el substrato textil que consiste en: un material textil sintético, poliéster, un material orgánico, algodón o lana.
15. El material textil se obtiene por los métodos detallados en la reivindicación 1 a la 6.

FIG. 1

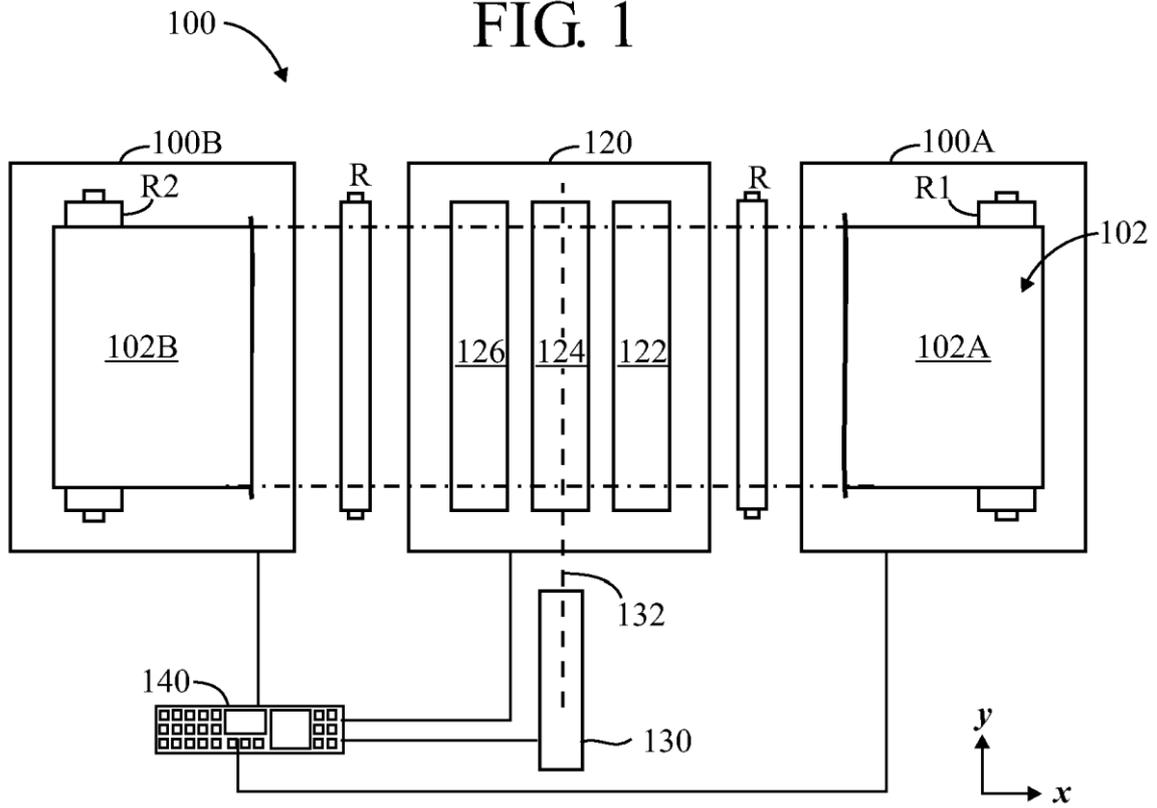


FIG. 2

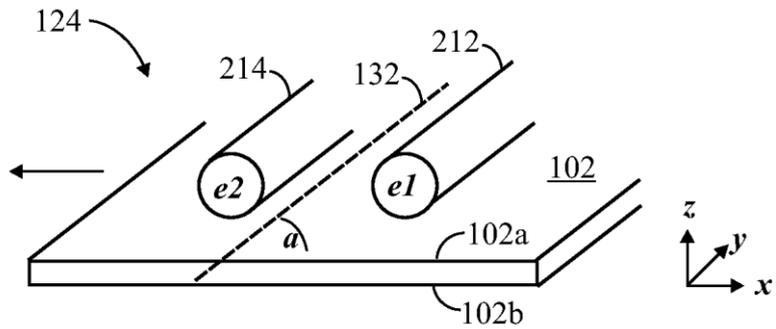


FIG. 2A

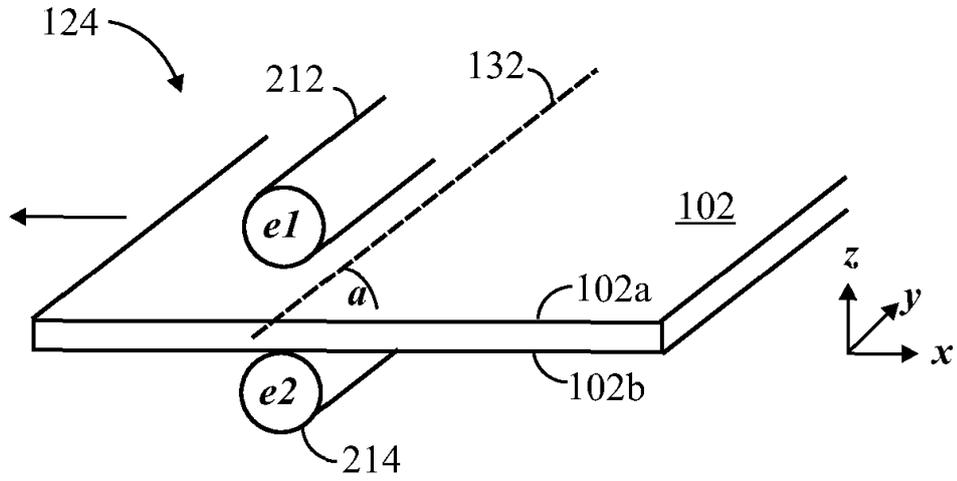


FIG. 3

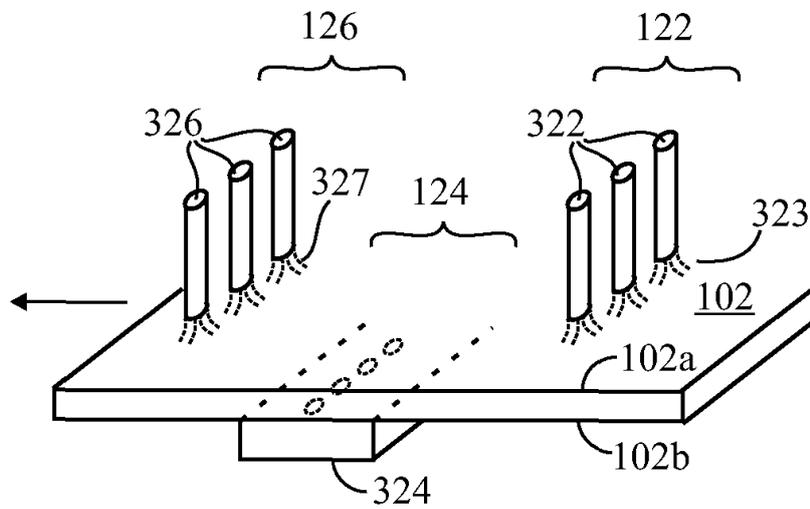


FIG. 4A

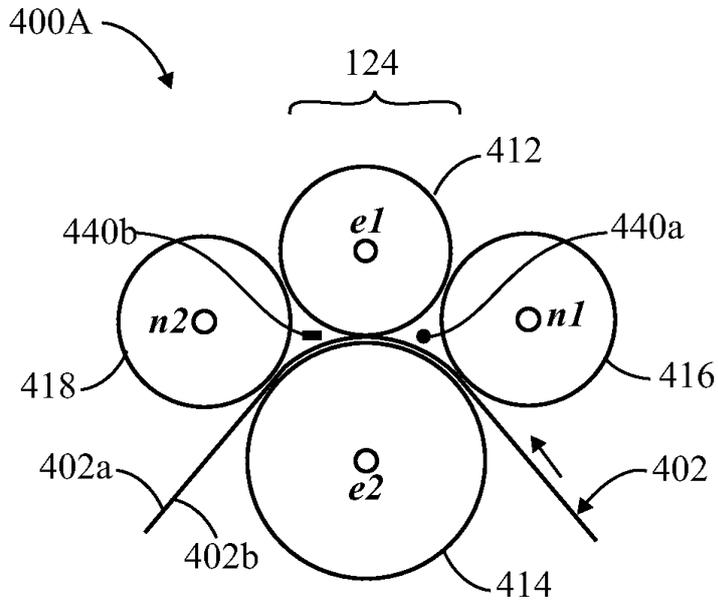


FIG. 4B

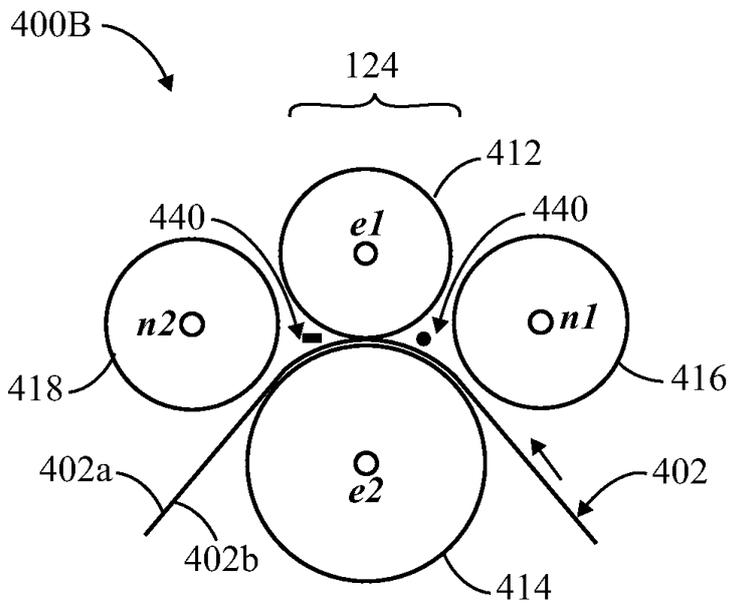


FIG. 4C

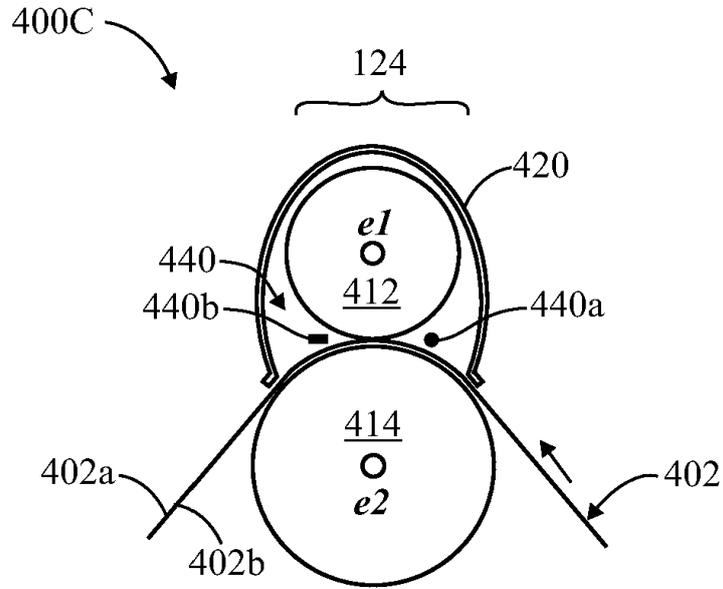


FIG. 4D

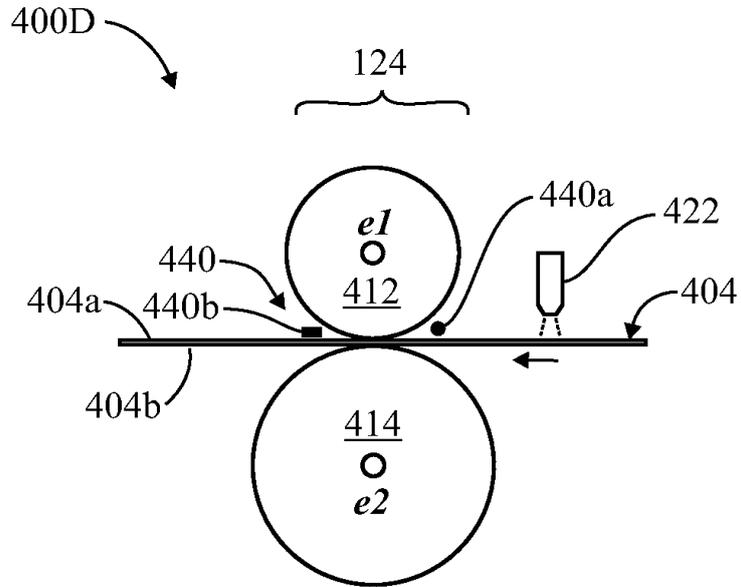


FIG. 4E

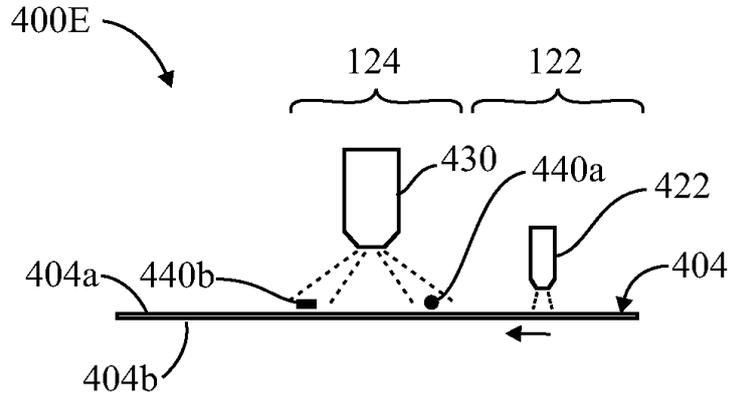


FIG. 4F

