

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 053**

51 Int. Cl.:

H05H 1/24 (2006.01)

A61B 18/04 (2006.01)

A61L 2/14 (2006.01)

H01J 37/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2013 PCT/GB2013/000550**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14096755**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2013 E 13815796 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017 EP 2936943**

54 Título: **Dispositivo para proporcionar un flujo de plasma**

30 Prioridad:

18.12.2012 GB 201222840

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

02.10.2017

73 Titular/es:

**LINDE AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Klosterhofstrasse 1
80331 München, DE**

72 Inventor/es:

HOLBECHE, THOMAS BICKFORD

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 635 053 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para proporcionar un flujo de plasma

5 Campo de la invención

La presente descripción se refiere a un dispositivo para proporcionar un flujo de plasma atmosférico. La invención se expone en las reivindicaciones adjuntas.

10 Antecedentes de la invención

Se conocen sistemas para la generación de plasma gaseoso no térmico y tienen utilidad en varios campos tales como los campos industrial, dental, médico, cosmético y veterinario para el tratamiento del cuerpo humano o animal. La generación de plasma gaseoso no térmico puede emplearse para promover la coagulación de la sangre, limpieza, esterilización y eliminación de contaminantes de una superficie, desinfección, reconexión de tejido y tratamiento de trastornos tisulares sin provocar un daño tisular térmico significativo. Con el fin de ser tolerable para un paciente, el flujo de plasma atmosférico, que incluye iones y gas no ionizado, debe mantenerse a una temperatura aceptable, preferiblemente por debajo de aproximadamente 40°C.

En tales dispositivos de plasma, es deseable adicionalmente conservar la energía y aumentar la cantidad de especies activas (por ejemplo radicales OH) en el plasma que se suministra a la región de tratamiento, al tiempo que también se conserva el consumo de gas.

El documento WO-A-2012/005132 describe un equipo de tratamiento de plasma que comprende una célula de plasma para generar plasma y un elemento de apantallamiento de campo eléctrico de alta frecuencia.

Sumario de la invención

La presente descripción proporciona un dispositivo para formar a una presión atmosférica ambiental un plasma gaseoso que comprende especies activas para el tratamiento de una región de tratamiento, comprendiendo el dispositivo: al menos una célula de plasma para formar dicho plasma gaseoso para tratar la región de tratamiento, comprendiendo la al menos una célula de plasma: una entrada para recibir gas desde una fuente y una salida para descargar especies activas generadas en la célula; un sustrato dieléctrico encerrado alrededor de una trayectoria de flujo para gas transportado desde la entrada hasta la salida; un electrodo formado sobre o en el sustrato dieléctrico para energizar gas a lo largo de la trayectoria de flujo para formar especies activas; y un recubrimiento protector hecho de un dieléctrico formado sobre una superficie interna del sustrato dieléctrico para proteger el sustrato dieléctrico frente a una reacción con las especies activas, comprendiendo además el dispositivo: una salida de boquilla para descargar dicho plasma gaseoso; un electrodo de tierra que comprende un sustrato dieléctrico y un electrodo formado sobre o en el sustrato dieléctrico, en el que el electrodo de tierra rodea sustancialmente y al menos se solapa parcialmente con la al menos una célula de plasma, en el que el extremo más externo del electrodo de tierra está más cerca de la salida de boquilla que de la salida de la célula de plasma.

El dispositivo de la presente descripción es ventajoso ya que la interacción de los campos producidos mediante la al menos una célula de plasma y el electrodo de tierra sirve para reducir la energía requerida para suministrar el plasma no térmico.

El sustrato dieléctrico de la al menos una célula de plasma y/o el electrodo de tierra está hecho de una poliimida. Las poliimididas tienen la ventaja de que son de peso ligero, flexibles, resistentes al calor y a los productos químicos, tienen una alta rigidez dieléctrica y pueden actuar como sustrato para componentes eléctricos impresos.

Preferiblemente, el recubrimiento protector está hecho de un material seleccionado de uno de PTFE, FEP o caucho de silicona que generalmente no es reactivo con las especies activas. El recubrimiento protector puede estar hecho de un material que generalmente no es reactivo con las especies activas generadas en la célula.

En una realización preferida, el electrodo de la al menos una célula de plasma y/o el electrodo de tierra está formado mediante la creación de un patrón de un material eléctricamente conductor sobre el respectivo sustrato dieléctrico. El electrodo puede preferiblemente estar impreso, o puede estar formado de una matriz fibrosa transferida al respectivo sustrato dieléctrico.

Preferiblemente, el sustrato dieléctrico de la al menos una célula de plasma es flexible y está conformado para definir la trayectoria de flujo. En una realización preferida, el sustrato dieléctrico de la al menos una célula de plasma está formado por un tubo flexible que encierra la trayectoria de flujo.

Una vaina protectora está formada preferiblemente alrededor del sustrato dieléctrico y el electrodo de la al menos una célula de plasma para proteger el electrodo.

En una realización preferida, el dispositivo comprende una red de células de plasma que tiene una pluralidad de células de plasma.

5 En otro aspecto, la presente descripción se refiere a una célula de plasma para un dispositivo tal como se describe en el presente documento.

10 Un dispositivo según la descripción puede estar hecho formando un electrodo sobre un sustrato dieléctrico hecho de una poliimida, configurando el sustrato dieléctrico para formar una trayectoria de flujo para gas desde una entrada de célula hasta una salida de célula y formando un recubrimiento dieléctrico protector sobre una superficie interna del sustrato dieléctrico para proteger el sustrato frente a una reacción con las especies activas.

El electrodo puede crearse con un patrón sobre el sustrato dieléctrico.

15 El electrodo con patrón puede depositarse sobre el sustrato dieléctrico mediante impresión o estar formado de una matriz fibrosa transferida al sustrato dieléctrico.

El sustrato dieléctrico es flexible y tras la formación del electrodo sobre el sustrato, el sustrato está conformado para encerrar la trayectoria de flujo entre la entrada y la salida.

20 El sustrato dieléctrico puede estar conformado para corresponderse con la forma de un molde dentro del dispositivo.

El recubrimiento protector puede estar hecho de un material que generalmente no es reactivo con las especies activas generadas en la célula.

25 El método puede comprender formar una vaina protectora hecha de un dieléctrico alrededor del sustrato dieléctrico y el electrodo con patrón.

30 La presente invención se expone en las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones, los aspectos o los ejemplos según la presente descripción que no se encuentran dentro del alcance de dichas reivindicaciones se proporcionan sólo con fines ilustrativos y no forman parte de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

35 Con el fin de que la descripción pueda entenderse más claramente, varias realizaciones de la misma, que se facilitan sólo a modo de ejemplo, se describirán ahora más detalladamente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 muestra un dispositivo para formar un plasma;

40 la Figura 2 muestra una célula de plasma del dispositivo más en detalle;

la Figura 3 muestra en la Figura 3a una célula de plasma en perspectiva, en la Figura 3b la célula de plasma en sección longitudinal, en la Figura 3c en sección lateral y en la Figura 3d los electrodos de la célula;

45 la Figura 4 muestra en la Figura 4a una célula de plasma en perspectiva, en la Figura 4b la célula de plasma en sección longitudinal, en la Figura 4c en sección lateral y en la Figura 4 la célula de plasma en planta;

la Figura 5 muestra una célula de plasma en una vista que permite ver parcialmente el interior;

50 la Figura 6 muestra un dispositivo que tiene una red de células de plasma;

la Figura 7 muestra un dispositivo que tiene una disposición alternativa; y

la Figura 8 muestra una vista en detalle de la parte de boquilla de la Figura 7.

55 Descripción detallada de realizaciones ilustradas

Haciendo referencia a la Figura 1, se muestra un dispositivo 10 para proporcionar un flujo de plasma para el tratamiento de una región de tratamiento, que puede formar parte de un cuerpo humano o animal tal como dientes. El dispositivo comprende una célula de plasma 12 para formar a una presión atmosférica ambiental un plasma gaseoso que comprende especies activas para su descarga a través de una boquilla 14 para tratar la región de tratamiento. No es necesario controlar la presión para mantener una presión atmosférica ambiental estricta, sino que generalmente debe evitarse una presión positiva o negativa significativa en el ejemplo de la Figura 1.

65 La célula de plasma 12 comprende una entrada 16 para recibir gas desde una fuente 18 y una salida 20 para descargar especies activas generadas en la célula. Un sustrato dieléctrico 22 está encerrado alrededor de una trayectoria de flujo 24 para gas transportado desde la entrada hasta la salida. Un electrodo 26 está formado sobre

una superficie externa del sustrato dieléctrico y conectado a una fuente de energía eléctrica 28 mediante conectores eléctricos 30 para energizar gas a lo largo de la trayectoria de flujo para formar especies activas. El electrodo 26 puede estar incrustado en el sustrato dieléctrico 22 o intercalado entre sustratos. La fuente de energía eléctrica está diseñada para accionar los electrodos con un voltaje y una frecuencia adecuadamente altos para energizar el gas en la célula, por ejemplo un voltaje eficaz de 2,5 kV a 100 MHz, sin embargo el voltaje no debe superar la rigidez dieléctrica del sustrato dieléctrico para evitar que se formen vías conductoras a través del sustrato. La fuente también debe estar configurada para no sobrecargar la configuración del electrodo provocando la fusión y el consecuente cortocircuito de canales de una configuración de electrodo con patrón. Una carcasa 29 aloja los componentes del dispositivo.

Una sección ampliada II tomada a través de la célula de plasma se muestra en la Figura 2. El electrodo 26 en este ejemplo toma la forma de una espiral y se transfiere a la superficie externa del sustrato dieléctrico generalmente cilíndrico 22. El electrodo tiene un patrón regular para producir un campo eléctrico generalmente uniforme en la célula de plasma. Un revestimiento protector 32 está ubicado sobre una superficie interna del sustrato dieléctrico para resistir a la reacción de las especies activas generadas en la célula 12 con el sustrato dieléctrico 22. Si se permite, tal reacción degradará el sustrato dieléctrico y reducirá sus propiedades de aislamiento eléctrico, o la rigidez dieléctrica, y dará como resultado una conducción eléctrica entre el electrodo y el gas en la célula. Tal conducción puede conducir a una formación de arco que calienta el plasma, reduce la energía y puede producir especies activas no deseables. Una vaina protectora 34 rodea el electrodo y el sustrato dieléctrico y protege los componentes internos de la célula frente a un daño físico. La vaina 34 en este ejemplo está hecha de un dieléctrico que protege la región externa con respecto a la célula de plasma frente a la exposición a alto voltaje. La región externa con respecto a la célula de plasma contiene normalmente aire, y el alto voltaje produciría, si no se protege mediante la vaina, ozono al energizar el oxígeno en el aire.

La protección proporcionada por el revestimiento protector 32 significa que la elección de materiales para el sustrato dieléctrico 22 es mayor que la que sería el caso en ausencia del revestimiento protector 32. En el último caso, se requerirá que el sustrato 22 no sea reactivo con las especies activas generadas en la célula, además de sus propiedades eléctricas requeridas. Las especies activas dependen del gas de fuente a partir del que se genera el plasma y puede ser argón o nitrógeno. Por consiguiente, el sustrato 22 puede estar hecho de poliimida, que tiene propiedades eléctricas adecuadas, pero que generalmente es reactiva con especies activas. El revestimiento protector 32 puede estar hecho de un material tal como PTFE, FEP o caucho de silicona que generalmente no es reactivo con las especies activas. La estructura compuesta de la célula proporciona una disposición que tiene las propiedades eléctricas requeridas, pero que no se degradará significativamente durante su uso.

El sustrato dieléctrico 22 puede estar hecho de cualquier medio dieléctrico adecuado y es preferiblemente delgado, teniendo un grosor de menos de 5 mm, preferiblemente menos de 2 mm y más preferiblemente menos de 1 mm. Dado que el campo eléctrico generado a lo largo del gas de descarga en la célula se reduce aumentando el grosor, un sustrato delgado permite generar un campo de intensidad mayor con un consumo de energía reducido. Sin embargo, se observará que muchos medios dieléctricos tienen una intensidad insuficiente, particularmente cuando son delgados para resistir a la rotura cuando se exponen a un campo eléctrico que es suficientemente alto para generar un plasma atmosférico en la cámara. Por consiguiente, la rigidez dieléctrica del sustrato dieléctrico seleccionado 22 debe ser suficiente para resistir una conducción eléctrica significativa desde el electrodo al gas en la célula. El material dieléctrico puede ser poliimida, que tiene buenas propiedades eléctricas y es un material flexible, lo que significa que puede configurarse para dar una cualquiera de varias formas diferentes, tal como se describirá más en detalle más adelante.

Las poliimididas son polímeros de monómeros de imida. Las poliimididas son de peso ligero, flexibles, resistentes al calor y a los productos químicos, tienen una alta rigidez dieléctrica y pueden actuar como sustrato para componentes eléctricos impresos. Poliimididas adecuadas para su uso en la invención y su preparación se describen en, por ejemplo, el documento US 3 179 634. Un procedimiento ampliamente conocido para preparar poliimididas es el proceso de poli(ácido ámico) de dos etapas, que implica hacer reaccionar un dianhídrido y una diamina en condiciones ambientales en un disolvente aprótico dipolar tal como N,N-dimetilacetamida (DMAc) o N-metilpirrolidona (NMP) para dar el poli(ácido ámico) correspondiente. Este ácido se cicla entonces para dar la poliimida final. Tales poliimididas se venden comercialmente, especialmente bajo la marca comercial KAPTON. Se cree que la poliimida usada de manera más extensa en los productos KAPTON utiliza el monómero dianhídrido piromelítico y 4,4'-oxidianilina.

Algunos productos de poliimida comerciales son productos laminados con otros materiales de plástico. Tales productos laminados se dan a conocer en los documentos US 3 616 177 y US 2005/0013988 A1. El último documento se refiere específicamente a sustratos dieléctricos que comprenden una capa de núcleo de poliimida y una capa de unión de fluoropolímero de alta temperatura.

También se conoce combinar una poliimida con grafito o fibra de vidrio para potenciar su resistencia a la flexión y con metal para potenciar su conductividad térmica. Se conoce adicionalmente proporcionar calidades de poliimida que son resistentes a una descarga eléctrica por efecto corona. Por ejemplo, tales productos están disponibles comercialmente como KAPTON CR y KAPTON FCR. Se conocen formas de poliimida resistentes a la descarga por

efecto corona, por ejemplo, por el documento US 3 389 111. Las composiciones dadas a conocer en ese documento contienen ciertos compuestos organometálicos, particularmente compuestos aromáticos, alifáticos o aralifáticos de elementos seleccionados de los grupos IVb y Vb de la tabla periódica de elementos y hierro, en los que el metal se une a través de carbono a la parte orgánica de la molécula.

5 Otra poliimida adecuada es la película de poliimida APICAL, que es una poliimida aromática de tipo AF hecha por Kaneka Texas Corporation. Esta poliimida tiene una rigidez dieléctrica en un intervalo de 118 a 197 kV/mm dependiendo de la película particular seleccionada.

10 Los electrodos 26 pueden estar hechos de cobre e imprimirse sobre el sustrato dieléctrico 22 mediante técnicas usadas en la fabricación de placas de circuito impreso, tales como deposición o ataque con ácido. Sin embargo, el patrón de electrodo está configurado para generar un alto campo eléctrico en la célula de plasma, mientras que en las PCB, un alto campo eléctrico generalmente no es deseable. Además, en las PCB, el cableado está formado sobre un lado de un sustrato y actúa como conductores eléctricos usados predominantemente para portar señales eléctricas entre componentes ubicados en el otro lado del sustrato mediante vías de interconexión. En la presente invención, el patrón de electrodo no porta señales y está diseñado para su uso con altos potenciales eléctricos de por ejemplo 1 kV (o mucho mayores).

20 La vaina protectora 34 constituye una barrera física entre el patrón de electrodo y el sustrato por un lado y las condiciones ambientales en el dispositivo y también proporciona soporte estructural que mantiene la célula en una configuración generalmente cilíndrica u otra configuración deseada. Por consiguiente, la vaina protectora 34 puede estar hecha de un termoplástico tal como poliéter-bloque-amida. La vaina protectora 34 también es preferiblemente un dieléctrico que proporciona un aislamiento eléctrico entre el electrodo y el exterior de la célula de plasma. Alternativamente, una capa de dieléctrico puede recubrir el sustrato dieléctrico 22 y el electrodo 26 y una o más de otras capas pueden recubrir la capa de dieléctrico 22.

Pueden proporcionarse capas adicionales en la célula de plasma laminada, tal como una o más capas adhesivas, uno o más patrones de electrodo adicionales, o una o más capas de dieléctrico.

30 Haciendo referencia a la Figura 3, se muestra más en detalle una célula de plasma 40, en la que el o cada electrodo se transfiere al sustrato dieléctrico mediante impresión, tal como mediante deposición o ataque con ácido. Se usarán números de referencia similares para designar características similares comentadas anteriormente y no se explicarán de nuevo por motivos de brevedad. La célula 40 comprende un primer electrodo 42 y un segundo electrodo 44, ambos impresos sobre un sustrato dieléctrico 46 mediante técnicas de impresión conocidas en la fabricación de PCB. Una segunda capa de dieléctrico 48 cubre los electrodos con patrón y protege y aísla eléctricamente la célula. Un conducto de gas 49 transporta gas desde una fuente de gas hasta la célula de plasma. En la Figura 3 no se muestra un revestimiento protector 32 por motivos de simplicidad de los dibujos.

40 En un método preferido de fabricación de la célula de plasma, el/los electrodo(s) 42, 44 se imprime(n) sobre un sustrato dieléctrico generalmente plano tal como poliimida, que es flexible, de modo que tras la impresión el sustrato puede conformarse para dar una configuración deseada, que en este ejemplo es un cilindro con una parte frontal de sección decreciente que forma la salida de la célula 20. El sustrato plano generalmente rectangular se conforma para dar un cilindro y después se unen los lados longitudinales del sustrato y se fijan para sujetar el sustrato en una configuración cilíndrica. A este respecto, la impresión del/los electrodo(s) sobre un sustrato plano se consigue de una manera más sencilla y menos costosa que mediante impresión sobre un sustrato cilíndrico y están disponibles equipos de fabricación de PCB convencionales para imprimir sobre sustratos planos. Sin embargo, naturalmente, la presente invención no excluye la impresión o la creación de un patrón del electrodo de otro modo sobre un sustrato cilíndrico.

50 Los circuitos electrónicos flexibles, o los denominados circuitos flexibles, se conocen en otros campos de la técnica y se usan en, por ejemplo, cámaras y teléfonos celulares. En tales campos, los componentes electrónicos se montan sobre sustratos de plástico flexibles, tales como poliimida, PEEK o una película de poliéster conductora transparente. Adicionalmente, los circuitos flexibles pueden ser circuitos de plata serigrafiados sobre poliéster. Estos circuitos impresos flexibles (FPC) se elaboran normalmente mediante fotolitografía. Una manera alternativa de elaborar circuitos de lámina flexibles es laminando tiras de cobre muy delgadas (por ejemplo de 0,07 mm) entre dos capas de PET. Estas capas de PET, normalmente de 0,05 mm de grosor, se recubren con un adhesivo que es termoendurecible, y se activará durante el proceso de laminación. Estas técnicas pueden usarse en la producción de la presente célula de plasma. Sin embargo, se observará que la disposición de electrodo de la presente célula de plasma está diseñada para portar altos voltajes (por ejemplo de 1 a 3 kV) y altas frecuencias (por ejemplo por encima de los 100 kHz), mientras que las placas de circuito flexibles conocidas están diseñadas para portar bajos potenciales a bajas frecuencias.

65 La flexibilidad del sustrato dieléctrico significa que puede conformarse para que se corresponda con un molde dentro del dispositivo. El molde puede ser, por ejemplo, un tubo de cuarzo o parte del accesorio de boquilla. Esta flexibilidad de sustrato permite más alcance para posicionar la célula de plasma dentro del dispositivo, conduciendo

a un uso más eficaz del espacio y contribuyendo a una reducción del tamaño del dispositivo o, si se prefiere, a un aumento admisible del tamaño de otros componentes dentro del dispositivo, tal como la fuente de energía.

5 En el ejemplo mostrado en la Figura 3 se muestran dos electrodos y están conectados a la fuente de energía eléctrica mediante conectores eléctricos 52, 54. Los conectores y los patrones de electrodo pueden verse de la manera más clara en la Figura 3d, en la que se han eliminado otros componentes de la célula. El patrón está configurado para potenciar la generación de especies activas en la célula y puede consistir en cualquier forma adecuada, tales como espirales, zigzags o pistas curvilíneas. La impresión del patrón permite producir patrones complejos y adecuados sin un gasto significativo y sin el riesgo de cortocircuito entre las pistas. Preferiblemente, el patrón cubre tanto de la superficie de la célula como sea posible, de modo que se aplica un campo eléctrico generalmente uniforme al gas en la célula. Los patrones pueden formarse sin esquinas abruptas o puntas afiladas, dado que se apreciará que tales regiones pueden atraer un número relativamente alto de portadores de carga, que a su vez pueden producir un campo eléctrico no uniforme.

10 15 La célula de plasma generalmente cilíndrica 40 puede tener un diámetro exterior de 3 a 10 mm y un diámetro de boquilla de salida de 0,5 a 2 mm. Las capas de sustrato dieléctrico 46, 48 pueden tener de 0,1 a 1 mm de grosor. Los hilos de electrodo pueden tener aproximadamente de 0,01 mm a 0,1 mm de anchura y de grosor. La capa protectora puede tener aproximadamente 1 mm de grosor.

20 Aunque en la Figura 3 se muestra una célula de plasma generalmente cilíndrica, pueden elaborarse otras formas a partir de los componentes flexibles, por ejemplo una célula que transporta gas a lo largo de una trayectoria tortuosa. Una disposición de este tipo aumenta el tiempo de residencia del gas en la célula y promueve la formación de plasma. En la Figura 4 se muestra otra célula de plasma, que tiene una forma más plana.

25 Haciendo referencia a la Figura 4 se muestra una célula de plasma 60 que comprende electrodos 62, 64 impresos sobre un sustrato dieléctrico 66. En la Figura 4 se usarán números de referencia similares para designar características similares comentadas anteriormente y no se explicarán de nuevo por motivos de brevedad. Una segunda capa de dieléctrico 68 cubre el patrón de electrodo, de modo que el electrodo está incrustado dentro del material dieléctrico. En este ejemplo, el sustrato dieléctrico 66 está formado para dar una configuración generalmente plana. A este respecto, el sustrato tiene una extensión sustancialmente mayor en una primera dimensión D1 que se extiende entre la entrada 16 y la salida 20 a lo largo de la trayectoria de flujo y una segunda dimensión D2 generalmente lateral con respecto a la primera dimensión que en una tercera dimensión D3 generalmente ortogonal con respecto a dichas dimensiones primera y segunda. Tal como se muestra, la primera dimensión se extiende generalmente a través de la cámara, la segunda dimensión se extiende a lo largo de la cámara y la tercera dimensión se extiende en el grosor de la cámara.

35 Los beneficios de la célula plana son triples. En primer lugar, el gas se expone al campo eléctrico durante un periodo relativamente largo a medida que pasa a través de la cámara en la primera dimensión. En segundo lugar, para cada longitud unitaria en la primera dimensión, una cantidad relativamente grande de gas se expone al campo eléctrico, debido a la anchura relativamente grande en la segunda dimensión. En tercer lugar, el grosor relativamente pequeño de la cámara garantiza que la distancia máxima de cualquier gas que pase a través de la cámara sea sólo una distancia corta desde el o cada electrodo, al tiempo que todavía permite que un flujo de gas razonable a través de la cámara. También debe observarse que el área superficial interna de la cámara de plasma es grande en comparación con el volumen de gas y por tanto es conductora para transportar calor lejos del gas. En el ejemplo mostrado en la Figura 1, la anchura de la cámara es de aproximadamente 10 mm y la longitud es de aproximadamente 50 mm. La altura de la cámara es preferiblemente de menos de 5 mm y más preferiblemente de menos de aproximadamente 2 mm.

40 45 En este ejemplo, los electrodos se transfieren a cada lado plano del sustrato 66 en una configuración con forma generalmente de "S". Los electrodos cubren sólo una parte de cada lado plano que está separada de sus bordes para reducir el cruce del campo eléctrico generado alrededor de los bordes, en vez de a través de la cámara de gas en la célula.

50 El patrón de electrodo puede no ser continuo, sino que puede proporcionarse alternativamente en secciones, o patrones discretos, que pueden estar separados entre sí. El/los electrodo(s) está(n) configurado(s) preferiblemente dependiendo de las características particulares de la célula, por ejemplo, el caudal de gas a través de la célula, la semivida de las especies activas generadas en la célula y el tipo de tratamiento requerido.

55 En la Figura 5 se muestra otra realización de la invención. Se muestra una célula de plasma 80 que comprende un sustrato dieléctrico generalmente tubular, o cilíndrico, 82 formado en este caso a partir de poliimida. Una capa protectora 84 que puede estar hecha de PTFE cubre una superficie interna del sustrato dieléctrico para resistir a la degradación del sustrato durante su uso. Un electrodo 86 se crea mediante un patrón sobre el sustrato dieléctrico. El electrodo está hecho de una matriz fibrosa que en este ejemplo es trenza de acero. El patrón de electrodo es una rejilla de fibras en esta Figura, pero se apreciará que puede formarse cualquier patrón adecuado. Una experimentación simple, que implica variar el voltaje y la frecuencia, revelará qué patrón funciona bien y establece un buen campo eléctrico en la célula de plasma. El patrón de electrodo puede formarse transfiriendo en primer lugar

una capa de acero, cobre u otro material conductor al sustrato dieléctrico y usando después un láser para eliminar material para producir el patrón deseado. Alternativamente, la matriz fibrosa puede transferirse al sustrato durante el proceso de extrusión. Una vaina protectora 88 cubre el patrón de electrodo y el sustrato dieléctrico. La vaina proporciona soporte mecánico y aislamiento eléctrico. Puede usarse poliimida para formar la vaina.

Microlumen® elabora estructuras tubulares adecuadas aunque sean para su uso en el campo de la medicina, en el que los tubos se usan como catéteres. La trenza de acero que se transfiere a la capa de poliimida proporciona al tubo resiliencia estructural y no está diseñada para portar electricidad. El sustrato de poliimida proporciona un material flexible para permitir su terminación cuando se inserta en el cuerpo. Se apreciará que el tamaño de tales tubos es necesariamente pequeño (aproximadamente de 1 a 3 mm) para encajar dentro de las vías corporales y un tamaño de este tipo también se presta para su uso como célula de plasma por los motivos descritos en detalle anteriormente.

Haciendo referencia a modo de ejemplo a la Figura 2, la células de plasma descritas en el presente documento pueden fabricarse mediante la creación de un patrón de un electrodo 26 sobre un sustrato dieléctrico 22, configurando el sustrato dieléctrico 22, por ejemplo para dar un cilindro, para formar una trayectoria de flujo para gas desde una entrada de célula 16 hasta una salida de célula 20, y formando un revestimiento protector 32 sobre una superficie interna del sustrato dieléctrico para resistir a la reacción de las especies activas con el sustrato dieléctrico. El orden de las etapas puede seleccionarse según se requiera.

En los ejemplos mostrados en las Figuras 3 y 4, el electrodo con patrón se deposita sobre el sustrato dieléctrico mediante técnicas de impresión conocidas en la fabricación de placas de circuito impreso. Por ejemplo, en un proceso sustractivo, una capa de cobre puede unirse por todo el sustrato (creando una "PCB en bruto"), eliminando después el cobre no deseado tras aplicar una máscara temporal (por ejemplo mediante ataque con ácido), dejando sólo los tramos de cobre deseados. Alternativamente, en un proceso aditivo, las vías conductoras pueden elaborarse depositando tramos sobre el sustrato desnudo (o un sustrato con una capa muy delgada de cobre) habitualmente mediante un proceso complejo de múltiples etapas de electrodeposición.

La amplia mayoría de las placas de circuito permanecen planas durante su uso. Sin embargo, en un método preferido de fabricación de una célula de plasma el sustrato dieléctrico se elabora a partir de una película delgada de material dieléctrico flexible sobre la que se crea mediante un patrón el electrodo. El sustrato puede entonces conformarse posteriormente para encerrar la trayectoria de flujo entre la entrada y la salida, por ejemplo como un cilindro, o en una forma que no siga una trayectoria recta entre la salida y la entrada. Alternativamente, el circuito puede insertarse en un tubo de cuarzo o de otro material dieléctrico, en el que se adaptará a la forma del tubo. De esta manera, la célula de plasma puede fabricarse mediante la impresión relativamente barata de tramos conductores sobre un sustrato plano y después conformarse para dar la forma requerida. El revestimiento protector puede formarse sobre una superficie de un sustrato plano, al tiempo que el patrón de electrodo se imprime sobre una superficie opuesta.

Haciendo referencia a la Figura 5, el electrodo con patrón está formado de una matriz fibrosa que se transfiere al sustrato dieléctrico o bien durante la extrusión del sustrato tubular o bien posteriormente a su fabricación. Dado que el material seleccionado para el sustrato es flexible, la célula de plasma puede conformarse posteriormente para dar cualquier forma deseada.

En las presentes realizaciones, la selección del material dieléctrico del sustrato debe tener preferiblemente en cuenta su conductividad térmica y, a este respecto, la poliimida tiene una conductividad térmica relativamente buena de aproximadamente 0,5 W/m.K, de modo que puede conducirse calor lejos del gas en la célula. La temperatura de la mezcla de gas descargada desde la cámara de plasma es preferiblemente de menos de 60°C, y más preferiblemente de menos de 40°C.

El/los electrodo(s) puede(n) crearse con un patrón generalmente de manera uniforme sobre el sustrato dieléctrico o puede(n) crearse mediante un patrón para producir una región que tiene una concentración diferente de tramos conductores que otra región. Por ejemplo, puede ser deseable producir un campo eléctrico más intenso hacia la salida de la célula en comparación con hacia la entrada de la célula, de modo que se suministre más energía al gas a medida que se aproxima a la región de tratamiento. Alternativamente, el patrón de electrodo puede consistir en múltiples patrones discretos en serie separados a lo largo de la trayectoria de flujo entre sí.

El dispositivo de las realizaciones que tiene las células de plasma descritas en el presente documento se presta a una forma compacta y en una disposición preferida el dispositivo está configurado para ser portátil y hacerse funcionar, por ejemplo, como puede portarse y hacerse funcionar un cepillo de dientes eléctrico. Un dispositivo portátil tiene que ser suficientemente pequeño y ligero como para que no sea difícil de manejar durante su uso y pueda guiarse de manera relativamente precisa para la aplicación de especies activas generadas a una región de tratamiento tal como un diente específico en una boca. A este respecto, el dispositivo puede estar configurado para tener una masa de menos de 1 kg, una longitud de menos de 200 mm y una anchura de 50 mm.

En la Figura 6 se muestra un dispositivo adicional. Dado que las células de plasma descritas en el presente documento pueden ser relativamente pequeñas (por ejemplo de 50 mm de longitud por 5 mm de anchura), puede proporcionarse una red de células de plasma 88 que comprende una pluralidad de células de plasma en un único dispositivo, que puede ser en sí mismo adecuado para ser portátil y hacerse funcionar. En la Figura 6, el dispositivo 90 comprende tres células de plasma 92, 94, 96, cada una de las cuales está en comunicación de flujo con la fuente de gas 18 para recibir en la células gas que va a energizarse y con la boquilla 14 (o cada boquilla) para suministrar plasma desde las células hasta una región de tratamiento. Un ducto de gas 98 se extiende desde la fuente de gas y se trifurca para suministrar gas a cada una de las células. Ductos adicionales 100 se extienden desde las salidas de célula y convergen para suministrar especies activas a la boquilla. El/Los electrodo(s) de cada célula están conectados mediante conductores eléctricos 102 a la fuente de energía eléctrica 28.

La red de células de plasma mostrada es capaz de suministrar una mayor cantidad de especies activas a la región de tratamiento que la única célula de plasma del dispositivo mostrado en la Figura 1. Sin embargo, a diferencia de un dispositivo que simplemente incorpora una célula de plasma más grande, la provisión de la red de células de plasma permite que el gas esté más próximo a los electrodos de las células y por tanto interaccione más fácilmente con los campos eléctricos generados. En una célula más grande, la distancia máxima entre el gas y los electrodos esta aumentada y por tanto tendrá que crearse un mayor potencial en el electrodo para suministrar una energía comparable al gas.

Aunque en este ejemplo, la red de células de plasma comprende tres células de plasma, puede incorporarse cualquier número de células. Además, las tres células de plasma se disponen en una relación paralela, mientras que una o más de las células pueden proporcionarse en serie, sin embargo, una relación en serie puede ser apropiada sólo si la semivida de las especies activas es suficientemente larga, de modo que el plasma generado en la primera de las series sobreviva para su aplicación a la región de tratamiento.

La Figura 7 muestra un dispositivo adicional 100 que tiene una disposición alternativa. De un modo similar al dispositivo 10 de la Figura 1, el dispositivo 100 comprende una célula de plasma 112 para formar un plasma gaseoso que va a descargarse a través de la boquilla 114 (por medio de una salida de boquilla 120). La célula de plasma 112 comprende una entrada 116 para recibir gas desde una fuente 118 y una salida 119 para descargar especies activas generadas en la célula a una cámara de plasma 121 ubicada aguas arriba (durante el uso) de la salida de boquilla 120.

La célula de plasma 112 tiene sustancialmente la misma configuración que la célula de plasma mostrada en la Figura 2. Sin embargo, se entenderá que la célula de plasma 112 puede tener cualquier configuración consistente con cualquiera de las configuraciones de célula de plasma descritas anteriormente en el presente documento. Específicamente, el electrodo 26 puede ser de cualquier otra configuración que la configuración en espiral descrita con referencia a la Figura 2, y puede estar incrustado dentro de, o intercalado entre, el sustrato dieléctrico 22. El electrodo 26 de la célula de plasma 112 está conectado al lado de alto voltaje de un transformador de alto voltaje 129 que se alimenta con energía mediante una batería de litio 128. De esta manera, el gas que se desplaza, durante el uso, a lo largo de una trayectoria de flujo desde la entrada 116 hasta la salida 119 de célula de plasma 112 se energiza para formar especies activas.

Una carcasa 150 aloja los componentes del dispositivo 100 y el dispositivo comprende además un regulador de presión 131 y un botón de accionamiento 132. El botón de accionamiento 132 puede accionarse tanto para abrir el suministro de gas a la célula de plasma 112 como para energizar el transformador de alto voltaje 129. Alternativamente pueden proporcionarse interruptores independientes para este propósito.

La boquilla 114 del dispositivo 100 puede ser solidaria con la vaina protectora 36 de la célula de plasma 112. Sin embargo, en el ejemplo mostrado en la Figura 7, la boquilla 114 es independiente de la célula de plasma 112. La célula de plasma 112 está fijada dentro de la boquilla 114 adyacente a la pared de la carcasa 150.

El dispositivo 100 comprende además un electrodo de tierra 140. El electrodo de tierra 140 tiene una forma sustancialmente cilíndrica y está fijado a la superficie externa de la boquilla 114 adyacente a la pared de la carcasa 150. Tal como se muestra en la Figura 7, el electrodo de tierra 140 es concéntrico con la célula de plasma 112 y se solapa con la célula de plasma de modo que el extremo más externo 143 del electrodo de tierra 140 está más cerca de la salida de boquilla 120 que del extremo de descarga 119 de la célula de plasma 112. De manera similar, el extremo más interno 144 del electrodo de tierra 140 está más cerca de la salida de boquilla 120 que del extremo de entrada 116 de la célula de plasma 112. Esta disposición sirve para impulsar el plasma a lo largo de la boquilla 114 hacia la salida de boquilla 120. En una realización preferida, el electrodo de tierra 140 puede deslizarse axialmente en relación con la célula de plasma 112 para permitir el ajuste de la capacitancia de la célula de plasma 112 para optimizar la formación de plasma, proporcionar un acoplamiento de energía más eficaz con el suministro de energía y variar la región de mayor intensidad de campo.

Tal como se muestra en la Figura 8, el electrodo de tierra 140 comprende un electrodo 141 (Figura 8) formado sobre un sustrato dieléctrico 142. El sustrato dieléctrico 142 puede estar hecho de cualquier material adecuado, pero está hecho preferiblemente de una poliimida. El electrodo 141 puede estar intercalado alternativamente entre capas de

5 sustrato de poliimida o incrustado dentro del mismo. Alternativa o adicionalmente puede proporcionarse un material de capa externa alternativo para el electrodo de tierra 140. Por ejemplo, la superficie externa del electrodo de tierra 140 puede estar dotada de una vaina protectora de poliéter-bloque-amida (u otro material adecuado) además de, o en lugar de, la capa de poliimida más externa. El electrodo 142 está conectado al lado de tierra del transformador de alto voltaje 129.

10 La disposición ilustrada del electrodo de tierra 140 en relación con la célula de plasma 112 tiene el efecto de hacer que el dispositivo 100 sea más eficiente de lo que sería si no estuviera presente el electrodo de tierra 140. Esto se debe a que el campo eléctrico producido por el electrodo de tierra 140 (cuando se energiza) apantalla el campo eléctrico producido por la célula de plasma 112 (cuando se energiza). Esto tiene el efecto de que se requiere menos energía para producir el nivel deseado de especies activas en el plasma que sale de la célula 112, haciendo de ese modo que el dispositivo 100 sea más eficiente. El efecto del electrodo de tierra 140 es aumentar la intensidad del campo y actuar para controlar el efecto de campo cercano de objetos conductores que influyen en el chorro de plasma de manera perjudicial. El electrodo de tierra 140 proporciona control sobre la conexión a tierra gracias al valor dieléctrico del sustrato 142 y el sustrato 22 de la célula de plasma encapsulada 112, controlando de hecho la capacitancia.

20 Toda la disposición de boquilla que consiste en la boquilla 114, la célula de plasma 112 y el electrodo de tierra 140 puede ser un conjunto monolítico que puede retirarse del dispositivo 100. Preferiblemente, el conjunto de boquilla es desechable, de modo que pueda retirarse y sustituirse fácilmente. Esto es beneficioso por motivos de higiene. En este caso, las conexiones eléctricas necesarias están hechas mediante clavijas que se conectan con los electrodos internos y externos cuando se encaja un nuevo conjunto de boquilla.

25 La invención se expone en las siguientes reivindicaciones:

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un dispositivo (10) para formar a una presión atmosférica ambiental un plasma gaseoso que comprende especies activas para el tratamiento de una región de tratamiento, comprendiendo el dispositivo (10):
- al menos una célula de plasma (12) para formar dicho plasma gaseoso para tratar la región de tratamiento, comprendiendo la al menos una célula de plasma (12):
- 10 una entrada (16) para recibir gas desde una fuente y una salida (20) para descargar especies activas generadas en la célula;
- un sustrato dieléctrico (22) encerrado alrededor de una trayectoria de flujo (24) para gas transportado desde la entrada (16) hasta la salida (20);
- 15 un electrodo (26) formado sobre o en el sustrato dieléctrico (22) para energizar gas a lo largo de la trayectoria de flujo (24) para formar especies activas; y
- un recubrimiento protector (32) hecho de un dieléctrico formado sobre una superficie interna del sustrato dieléctrico (22) para proteger el sustrato dieléctrico (22) frente a una reacción con las especies activas,
- 20 comprendiendo además el dispositivo (10):
- una boquilla (114) que tiene una salida de boquilla (120) y una cámara de plasma (121) ubicada aguas arriba de la salida de boquilla (120); en el que la célula de plasma (12, 112) está fijada dentro de la boquilla (114), y en el que la salida de la célula de plasma está configurada para descargar especies activas generadas en la célula de plasma (12, 112) a la cámara de plasma (121); y
- 25 un electrodo de tierra (140) que comprende un sustrato dieléctrico (142) y un electrodo (141) formado sobre o en el sustrato dieléctrico (142), en el que el electrodo de tierra (140) rodea sustancialmente y al menos se solapa parcialmente con la al menos una célula de plasma (12), en el que el extremo más externo del electrodo de tierra (140) está más cerca de la salida de boquilla (120) que de la salida (20) de la célula de plasma (12).
- 30 2.- Un dispositivo (10) según la reivindicación 1, en el que el sustrato dieléctrico (22 y/o 142) de la al menos una célula de plasma (12) y/o el electrodo de tierra (140) está hecho de una poliimida.
- 35 3.- Un dispositivo (10) según la reivindicación 1 ó 2, en el que el recubrimiento protector (32) está hecho de un material seleccionado de uno de PTFE, FEP o caucho de silicona que generalmente no es reactivo con las especies activas.
- 40 4.- Un dispositivo (10) según cualquier reivindicación anterior, en el que el electrodo (26 y/o 141) de la al menos una célula de plasma (12) y/o el electrodo de tierra (140) está formado mediante la creación de un patrón de un material eléctricamente conductor sobre el respectivo sustrato dieléctrico (22).
- 45 5.- Un dispositivo (10) según la reivindicación 4, en el que el electrodo (26 y/o 141) está impreso.
- 6.- Un dispositivo (10) según la reivindicación 4, en el que el electrodo con patrón (26 y/o 141) está formado de una matriz fibrosa transferida al respectivo sustrato dieléctrico (22 y/o 142).
- 50 7.- Un dispositivo (10) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sustrato dieléctrico (22) de la al menos una célula de plasma (12) es flexible y está conformado para definir la trayectoria de flujo (24).
- 8.- Un dispositivo (10) según la reivindicación 7, en el que el sustrato dieléctrico (22) de la al menos una célula de plasma (12) está formado por un tubo flexible que encierra la trayectoria de flujo (24).
- 55 9.- Un dispositivo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una vaina protectora (34) formada alrededor del sustrato dieléctrico (22) y el electrodo (26) de la al menos una célula de plasma (12).
- 60 10.- Un dispositivo (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una red de células de plasma (88) que tiene una pluralidad de dichas células de plasma.

FIG. 1

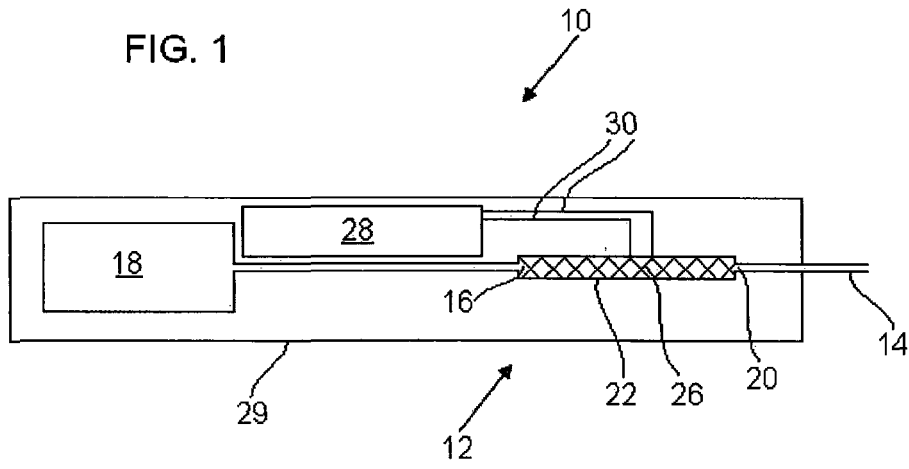
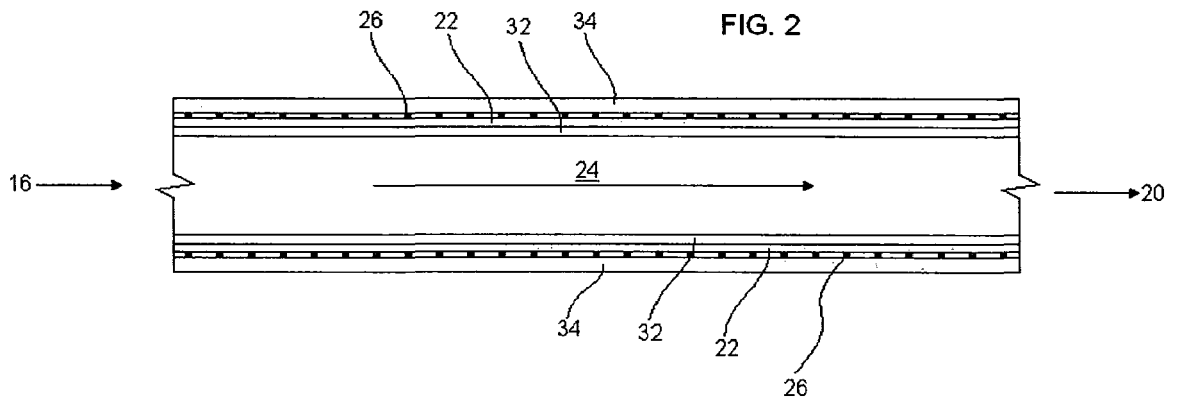
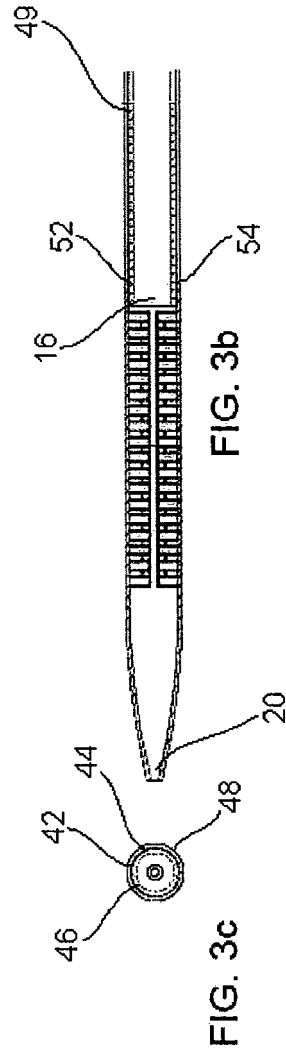
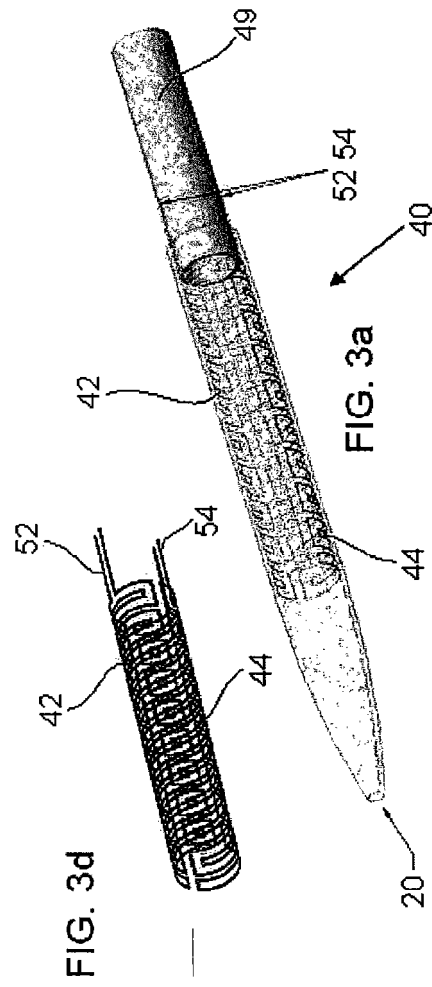
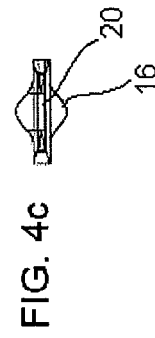
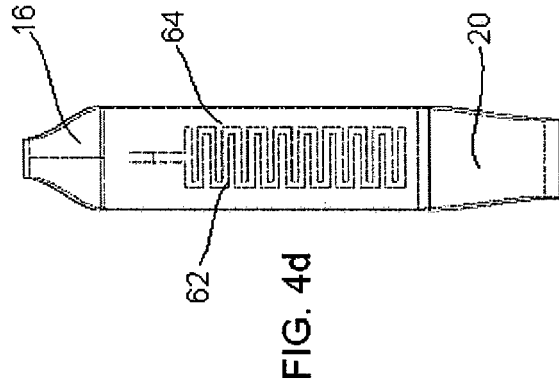
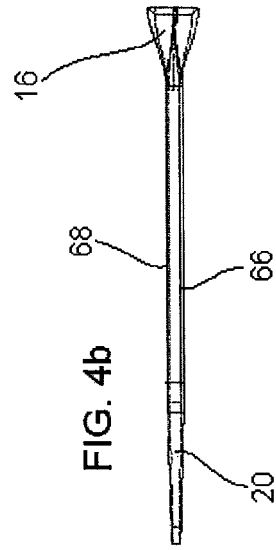
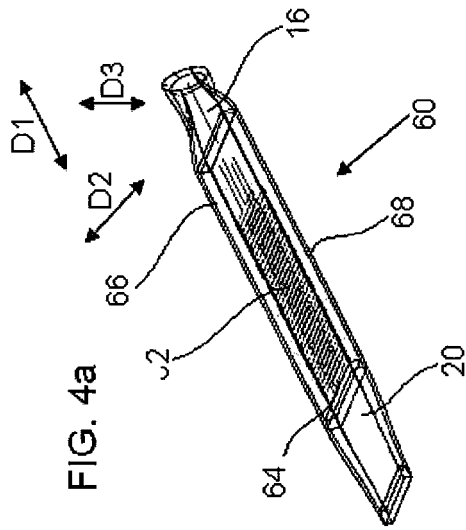
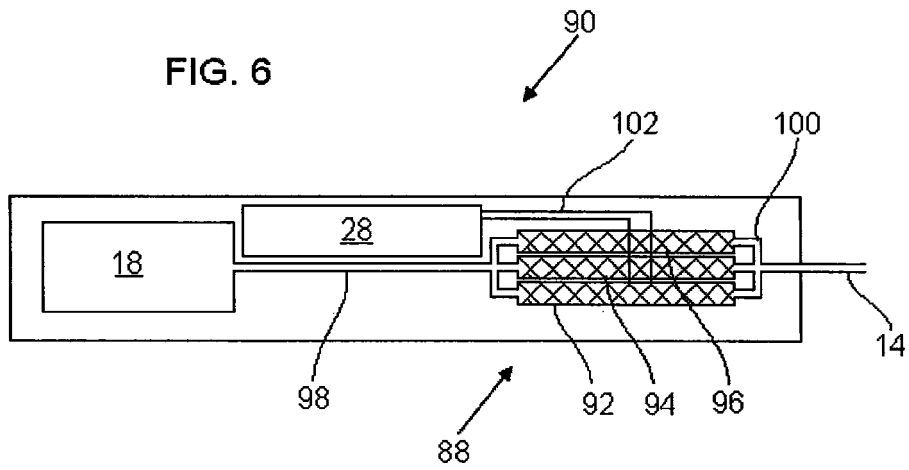
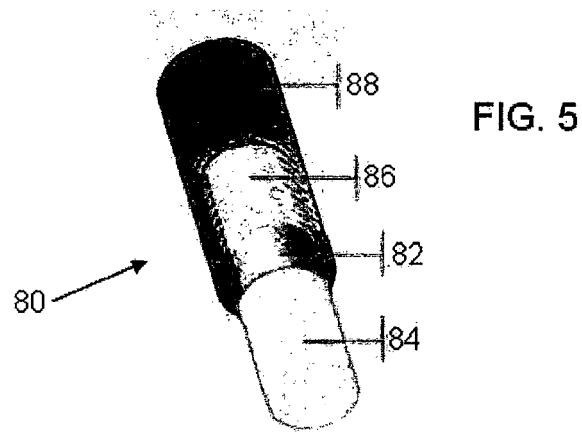


FIG. 2









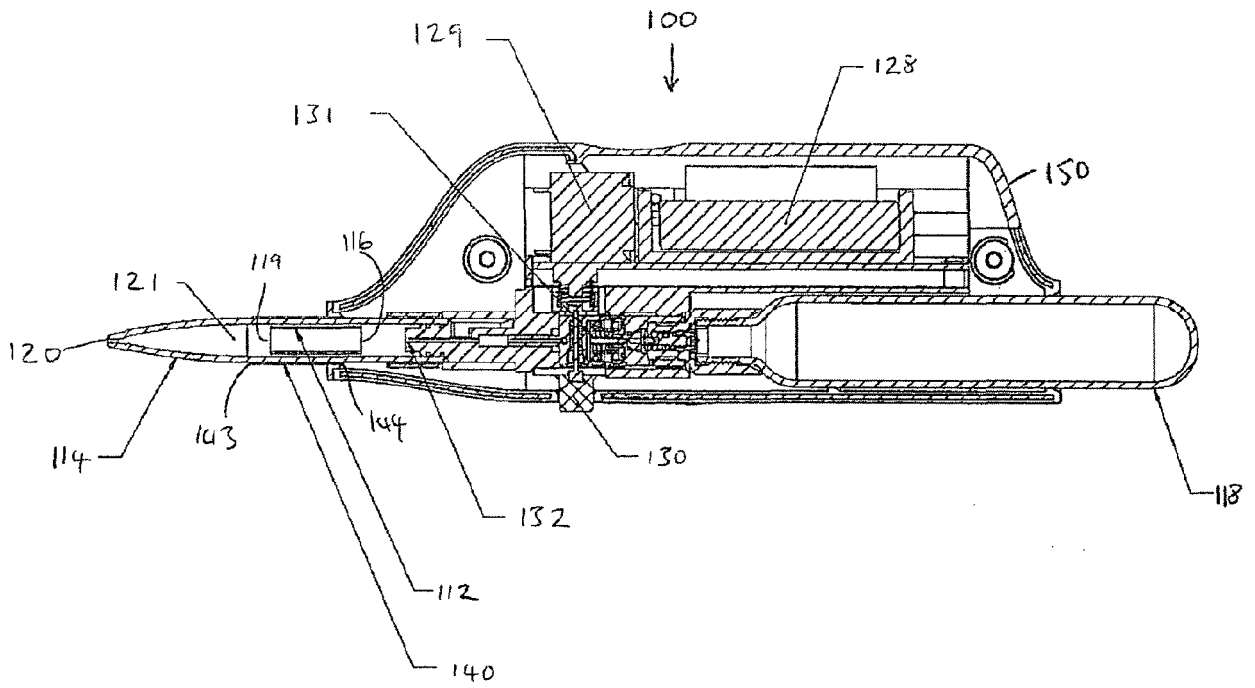


FIG. 7

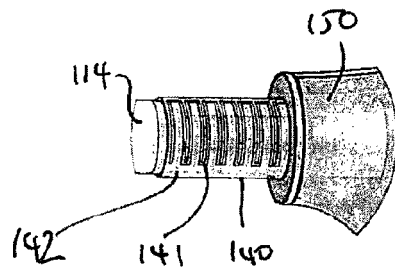


FIG. 8