

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 147**

51 Int. Cl.:

A61C 5/50 (2007.01)

A61C 5/40 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.02.2019 PCT/EP2019/052978**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.08.2019 WO19154897**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2019 E 19704772 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2024 EP 3749246**

54 Título: **Dispositivo de chorro de plasma**

30 Prioridad:

07.02.2018 EP 18155549

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

30.09.2024

73 Titular/es:

**FREIBURGER MEDIZINTECHNIK GMBH (100.0%)
Schwester-Adolfa-Weg 34
79115 Freiburg, DE**

72 Inventor/es:

**LEDERNEZ, LOIC;
BERGMANN, MICHAEL;
ENGESSER, FLORIAN y
ALTENBURGER, MARKUS**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 980 147 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de chorro de plasma

5 La presente divulgación se refiere a un dispositivo de chorro de plasma y, más particularmente, a un dispositivo de chorro de plasma para un tratamiento médico de conductos radiculares utilizando un plasma a presión atmosférica, así como a un procedimiento para generar plasma a presión atmosférica.

10 El plasma a presión atmosférica, y especialmente el plasma a presión atmosférica no térmico, se utiliza desde principios de la década de 2000 en el ámbito médico, por ejemplo, para el tratamiento de tejidos. Se conoce un dispositivo de plasma para el procesamiento de superficies y el tratamiento de tejidos del documento US 2015/0238248 A1. El dispositivo de plasma tiene un cuerpo alargado que define un lumen que lo atraviesa y un primer electrodo y un segundo electrodo. Una fuente de medios ionizables está en comunicación fluida con el lumen y configurada para suministrar medios ionizables al mismo. Una fuente de energía de frecuencia variable está adaptada para acoplarse a los electrodos primero y segundo y configurada para suministrar energía a los electrodos primero y segundo suficiente para encender los medios ionizables suministrados por la fuente de medios ionizables para generar un plasma afluente. Una frecuencia de la energía es ajustable para modificar al menos una propiedad del efluente del plasma. El plasma se produce mediante pulsos de CC o CA, especialmente aplicando pulsos bajos de CC o CA a los electrodos de los instrumentos a ciclos de trabajo bajos.

20 El documento US 7 608 839 B2 divulga una fuente de plasma, más específicamente una fuente de plasma de presión atmosférica en miniatura en forma de antorcha de plasma. La fuente de plasma a presión atmosférica de baja potencia comprende un electrodo de tierra provisto en una superficie externa de un tubo dieléctrico de confinamiento de plasma y un electrodo capilar centrado en el interior de dicho electrodo de tierra. Se aplica a la antorcha corriente alterna con una frecuencia de tensión de excitación de 13,56 MHz.

25 Cuando se utilizan sondas que tienen un electrodo dispuesto concéntricamente en la punta de la sonda, la vida útil especialmente del electrodo interior es muy limitada. Esto es aún más relevante cuando los diámetros de la antorcha son muy pequeños y los dos electrodos están dispuestos muy cerca el uno del otro. En estos casos, la vida útil de una antorcha no suele ser suficiente para el tratamiento de un conducto radicular.

30 El documento DE 10 2004 040 045 B3 divulga un aparato para el tratamiento dental, especialmente para el tratamiento de conductos radiculares y surcos gingivales. En una realización, el aparato comprende un primer electrodo exterior y una sonda eléctrica que tiene una parte de sonda flexible, que está incrustada en un aislante de tal manera que el extremo del alambre que sirve de segundo electrodo interior queda expuesto. En una segunda realización, se utiliza una sonda monopolar que sólo tiene un segundo electrodo interior, pero no el primer electrodo exterior. Para el tratamiento de un conducto radicular, la sonda que comprende el segundo electrodo interior que sobresale del primer electrodo exterior se introduce en el conducto radicular.

35 Un inconveniente de la disposición en la que sólo se utiliza un electrodo para el dispositivo de chorro de plasma o sólo se dispone un electrodo en la punta de la sonda es que el punto en el que se crea el plasma y la extensión del plasma son muy indefinidos.

Uno de los objetivos de la presente invención es proporcionar un dispositivo de chorro de plasma para el tratamiento médico, especialmente de los conductos radiculares, que tenga un punto definido donde se crea el plasma, así como una extensión definida del mismo. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo de chorro de plasma con una sonda cuya vida útil sea suficiente para el tratamiento de un conducto radicular.

40 Un aspecto de la presente invención es un dispositivo de chorro de plasma para el tratamiento de conductos radiculares utilizando un plasma a presión atmosférica. El dispositivo consta de un mango y una sonda con un canal de gas y un primer y un segundo electrodo. La sonda tiene un primer extremo conectado al mango y un segundo extremo opuesto al primero que es la punta de la sonda. El primer electrodo se extiende hasta la punta de la sonda. El primer electrodo es un electrodo exterior hueco y el segundo electrodo es un electrodo interior que se extiende al menos a lo largo de una sección del primer electrodo dentro del primer electrodo. El segundo electrodo, excepto una parte de su extremo, está rodeado por un material dieléctrico. La sonda está adaptada para introducirse en un conducto radicular. El dispositivo de chorro de plasma está adaptado para proporcionar impulsos negativos en el segundo electrodo para producir la presión atmosférica en la punta del segundo electrodo.

50 En un segundo aspecto, la sonda tiene un primer extremo conectado al mango y un segundo extremo opuesto al primero, siendo el segundo extremo una punta de sonda que tiene un primer electrodo, un segundo electrodo y un canal de gas con una salida en la punta de la sonda. El segundo electrodo está rodeado por un material dieléctrico excepto una parte en la punta de la sonda.

55 Cada una de las sondas y los dos electrodos tienen un primer extremo adyacente al mango y un extremo opuesto que es su punta. En otro aspecto de la presente invención, el primer electrodo puede tener una sección transversal anular. El primer electrodo puede tener alternativamente una forma exterior ovalada, rectangular o cuadrada. El grosor del material del electrodo exterior puede ser constante tanto en dirección longitudinal como en dirección circunferencial o puede variar en al menos una de las dos direcciones, que generalmente están dispuestas ortogonalmente entre sí.

Cuando tiene una sección transversal anular con un grosor constante en dirección longitudinal y circunferencial, el primer electrodo tiene forma tubular. Alternativamente, el primer electrodo puede tener una forma cónica que se estrecha hacia la punta de la sonda. Una forma cónica puede facilitar la inserción de la sonda en el conducto radicular y mejorar la estabilidad mecánica de la sonda.

- 5 El segundo electrodo puede estar dispuesto coaxialmente al primer electrodo. En caso de que los electrodos sean axialmente simétricos a lo largo de la dirección longitudinal, los ejes longitudinales de ambos electrodos pueden ser idénticos. De lo contrario, el eje de los puntos de equilibrio puede servir de referencia para definir la disposición coaxial de los dos electrodos. Los ejes longitudinales de los electrodos también pueden disponerse paralelos entre sí.

- 10 Según un aspecto de la presente invención, la distancia entre el primer y el segundo electrodo, especialmente en la punta de la sonda, está comprendida entre 10 micras y 300 micras. La punta de la sonda puede estar diseñada de forma que los extremos del primer y del segundo electrodo estén dispuestos al mismo nivel. En consecuencia, el plasma a presión atmosférica no térmico se produce en la punta del segundo electrodo. Alternativamente, el electrodo interior puede estar empotrado, es decir, el extremo está dentro del electrodo exterior hueco.

- 15 El segundo electrodo puede extenderse sólo a lo largo de una sección del primer electrodo dentro del primer electrodo. La sección, que generalmente se extiende desde el mango o un conector al mango hacia la punta de la sonda, puede tener una longitud de al menos el 5 por ciento, preferiblemente al menos el 25 por ciento, preferiblemente al menos el 50 por ciento, más preferiblemente al menos el 75 por ciento de la longitud del primer electrodo. El segundo electrodo puede extenderse hasta la punta de la sonda. El segundo electrodo no sobresale del primero extendiéndose hasta la punta de la sonda. Cuanto más corta sea la distancia entre la punta de la sonda y una punta del segundo electrodo, más corta será la distancia entre el punto donde se produce el plasma y su lugar de acción, lo que puede dar lugar a un efecto potenciado del plasma.

- 20 En un aspecto de la invención, el primer electrodo puede diseñarse como un tubo cónico. Esta forma permite insertar un segundo electrodo de mayor diámetro desde el primer extremo. El segundo electrodo puede diseñarse como un electrodo sólido, por ejemplo, un alambre, un conductor o puede tener cualquier forma adecuada, incluida una forma hueca en sección transversal.

- 25 Según un aspecto de la invención, el diámetro exterior de la sonda puede ser inferior a 1,8 mm, preferiblemente inferior a 1,0 mm y más preferiblemente inferior a 0,5 mm. Cuando tiene una sección transversal no simétrica, el diámetro exterior de la sonda puede estar definido por la mayor extensión en un plano ortogonal a la dirección longitudinal de la sonda. El diámetro exterior de la sonda puede ser un aspecto relevante con respecto a la inserción de la sonda en el conducto radicular. Normalmente, el conducto radicular de un diente mide unos 2 cm de largo y tiene una forma cónica hacia el hueso maxilar. La longitud de la sonda puede adaptarse a las dimensiones típicas de un conducto radicular humano. Preferiblemente, la sonda puede introducirse en el conducto radicular hasta alcanzar el final del conducto. Por consiguiente, la sonda puede tener una longitud de dos o más centímetros.

- 30 Alternativamente, el segundo electrodo puede ser un conductor sobre o en un sustrato. El sustrato puede ser básicamente de sección transversal rectangular y estar adaptado a la forma interior del primer electrodo. Preferiblemente, el sustrato puede estar unido en dos superficies opuestas a la superficie interior del primer electrodo. En este caso, el sustrato puede servir como material dieléctrico. Además, sirve de espaciador o separador y fija el segundo electrodo en una posición predefinida con respecto al primer electrodo.

- 35 Según un aspecto de la invención, al menos uno de los electrodos comprende al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en cobre, acero inoxidable, plata, oro, platino, tántalo, latón, titanio, silicio, wolframio, níquel, molibdeno y cerámica. El primer y el segundo electrodo pueden estar compuestos por materiales idénticos o diferentes. La composición del material del electrodo puede seleccionarse en función de la rentabilidad, la vida útil y los parámetros para la generación de plasma.

- 40 Según otro aspecto, el material dieléctrico puede ser un barniz, cerámica, silicona o polímero. Además, puede servir como espaciador para posicionar el segundo electrodo con respecto al primero. En una realización, el material dieléctrico puede ser un sustrato sobre el que se aplica un conductor. El conductor que es el segundo electrodo puede estar rodeado por el sustrato. Alternativamente, el conductor puede aplicarse a una superficie del sustrato y recubrirse con un material dieléctrico, por ejemplo un barniz. Otras realizaciones de un material dieléctrico pueden ser un barniz, especialmente un barniz polimérico o un revestimiento polimérico, por ejemplo un revestimiento en polvo o poliamida.
- 45 En caso de que el diámetro exterior del material dieléctrico sea menor que el diámetro interior del primer electrodo, el espesor del material dieléctrico, por ejemplo el revestimiento o el barniz, define la distancia mínima entre los dos electrodos. El material dieléctrico puede estar dispuesto de tal manera que sólo la cara frontal del segundo electrodo quede descubierta y no cubierta por el material dieléctrico. Además, la superficie circunferencial de la punta de la sonda del segundo electrodo también puede estar parcial o totalmente desnuda. La punta del segundo electrodo puede estar parcialmente desnuda, de forma que el punto de producción de plasma esté predefinido por la abertura en el material dieléctrico.

- 50 El material dieléctrico también puede diseñarse como un espaciador para posicionar el segundo electrodo en relación con el primer electrodo. En este caso, el espaciador puede tener al menos dos puntos de contacto o superficies de

contacto alineadas con la superficie interior del primer electrodo. El espaciador puede estar dispuesto a lo largo de toda la extensión longitudinal de la sonda o al menos de partes de la misma. El espaciador también puede contener al menos un conducto de gas que suministre gas al canal de gas o que construya el canal de gas. Preferiblemente, los conductos de gas están dispuestos simétricamente entre el primer y el segundo electrodo. Alternativamente, el espacio entre el segundo electrodo/el material dieléctrico y el primer electrodo puede servir como canal de gas.

Según un aspecto de la presente invención, los impulsos negativos tienen al menos una magnitud de corriente de 0,1 a 350 mA. Según otro aspecto, los impulsos negativos pueden tener una frecuencia de 1 Hz a 4 kHz. Los impulsos negativos pueden tener forma rectangular, parabólica, de diente de sierra o de seno. El pulso también puede ser una combinación de al menos dos de las formas. En todos los casos los pulsos son negativos, pulsos monopolares pero no pulsos bipolares. Por consiguiente, la tensión aplicada al segundo electrodo interior es siempre cero o negativa. Entre dos impulsos negativos no circula corriente y, sobre todo, no se aplican impulsos positivos a los electrodos. Preferiblemente, el segundo electrodo está conectado a tierra a través de un generador de tensión. El primer electrodo puede conectarse directamente a tierra. Para obtener dicha magnitud de corriente, que es el factor de impacto para el número de radicales en el plasma producido, los pulsos negativos pueden tener una magnitud de voltaje superior a 300V, preferiblemente de unos 600V a 1200V. Los impulsos de tensión negativa se aplican al segundo electrodo.

Según un aspecto de la invención, la sonda puede ser desmontable del mango y reemplazable. La posibilidad de separar la sonda del mango permite cumplir fácilmente las normas médicas en materia de higiene. Puede utilizarse una sonda nueva para cada paciente o incluso para cada conducto radicular o diente. Las superficies de unión entre el mango y la sonda pueden proporcionar conexiones eléctricas en un conector para los dos electrodos, así como una conexión para el canal de gas. El conector también puede contener conexiones adecuadas para fijar de forma segura la sonda al mango. Los electrodos pueden extenderse desde el conector hacia la punta de la sonda y hacia sus propias puntas.

El mango del dispositivo de chorro de plasma puede tener elementos de control para controlar el flujo de gas y/o la generación de impulsos negativos. El control puede incluir el arranque y la parada del mismo, así como el ajuste de parámetros del plasma, como la longitud del haz.

Según otro aspecto de la invención, puede proporcionarse un sistema que comprende un dispositivo de chorro de plasma y una estación base conectada eléctricamente al dispositivo de chorro de plasma y adaptada para generar impulsos negativos. La estación base puede incluir un circuito eléctrico para generar impulsos negativos. La estación base puede comprender además medios para controlar y establecer los parámetros de los impulsos negativos.

Según otro aspecto de la invención, el sistema también puede incluir un depósito de gas para suministrar gas al canal de gas. En este caso, la conexión también puede incluir una conexión para gas, por ejemplo un tubo. El depósito de gas puede ser un tanque con una salida para suministrar una presión, un caudal y/o un volumen de gas predefinidos. La estación base también puede incluir medios para controlar el flujo de gas, así como la composición del gas. La cantidad de gas suministrada puede correlacionarse con el voltaje aplicado a los electrodos y/o la magnitud de la corriente eléctrica. Por consiguiente, tanto la cantidad de gas como la tensión aplicada influyen en la generación de plasma, por ejemplo, en la longitud del haz de plasma.

Otro aspecto de la presente divulgación (no reivindicado) es un procedimiento para generar plasma a presión atmosférica. El procedimiento comprende proporcionar un dispositivo de chorro de plasma que comprende una sonda con un canal de gas y un primer y segundo electrodo, la sonda tiene un segundo extremo que es una punta de sonda. El primer electrodo se extiende hasta la punta de la sonda. El primer electrodo es un electrodo exterior hueco y el segundo electrodo es un electrodo interior que se extiende al menos a lo largo de una sección del primer electrodo dentro del primer electrodo. El segundo electrodo, excepto una parte de su extremo, está rodeado por un material dieléctrico. La sonda está adaptada para introducirse en un conducto radicular. El procedimiento comprende además guiar un gas hacia la punta de la sonda y generar impulsos negativos en el segundo electrodo para producir el plasma a presión atmosférica en la punta del segundo electrodo.

En otro aspecto, el procedimiento comprende proporcionar un dispositivo de chorro de plasma con una sonda que tiene un segundo extremo y que es una punta de sonda que tiene un primer electrodo y un segundo electrodo. El segundo electrodo está rodeado por un material dieléctrico, excepto una parte de su extremo. La sonda está además adaptada para ser introducida en un conducto radicular.

En el tratamiento de un diente y especialmente de un conducto radicular de un diente (no reivindicado), la punta de la sonda se introduce en el conducto radicular. El plasma se genera dentro de la cavidad del diente, por ejemplo el conducto radicular. El plasma que se genera dentro del conducto radicular se expande en el conducto radicular así como en los túbulos dentinarios matando bacterias y gérmenes y esterilizando la cavidad. Además, se inactivan los polisacáridos extracelulares.

En la punta del segundo electrodo se genera un plasma a presión atmosférica de baja temperatura. En la literatura, el plasma de baja temperatura se clasifica a menudo como plasma no térmico. Los iones y los neutros del plasma no térmico pueden tener temperatura ambiente o una temperatura ligeramente superior a la temperatura ambiente, mientras que los electrones tienen una temperatura mucho más elevada.

Generalmente, la temperatura del gas no debe exceder los 42°C, preferiblemente no debe exceder los 39°C, para no calentar significativamente el entorno, especialmente el diente. Los parámetros de los impulsos negativos, como la amplitud, la frecuencia y el ciclo de trabajo, se ajustan en consecuencia.

5 Según un aspecto de la invención, el gas guiado a la punta de la sonda, especialmente en un canal de gas, comprende al menos un gas seleccionado de un grupo que consiste en oxígeno y gases inertes. Como gases inertes pueden utilizarse helio, neón, argón o nitrógeno. También puede utilizarse una combinación de al menos dos de los gases inertes mencionados anteriormente. Los gases inertes también pueden mezclarse con oxígeno. La cantidad de gas, especialmente el caudal del gas, así como la composición del gas definen el número de partículas activables que pueden ionizarse.

10 En un aspecto de la presente invención, el procedimiento se utiliza con un dispositivo de chorro de plasma descrito anteriormente y también puede utilizarse en un sistema que comprenda un dispositivo de chorro de plasma.

Otro aspecto de la presente divulgación (no reivindicado) se refiere a dicho procedimiento de generación de plasma a presión atmosférica para el tratamiento médico de un conducto radicular y más preferentemente la desinfección de conductos radiculares. Para ello, se introduce la punta de la sonda en el conducto radicular.

15 Una ventaja de aplicar pulsos negativos al electrodo interior es una curva de temperatura más baja en comparación con la aplicación de pulsos positivos que tienen el mismo valor de voltaje absoluto. Especialmente para el tratamiento médico de un conducto radicular es importante que la temperatura dentro del diente no supere los 42°C. De lo contrario, el diente podría resultar dañado.

20 Otra ventaja de aplicar impulsos negativos al electrodo interior es la mejora de la vida útil. Las pruebas han demostrado que la vida útil de la sonda se multiplica al aplicar impulsos negativos en lugar de impulsos positivos a sondas con un diseño idéntico. En un ciclo de prueba, la vida útil de una sonda fue de 4:41 minutos con una desviación típica de 2:19 minutos al aplicar impulsos positivos. Al aplicar pulsos negativos, con un perfil idéntico reflejado en los ejes x, la vida útil superó los 15 minutos. En consecuencia, puede garantizarse un tratamiento típico para esterilizar un conducto radicular con una duración de 5 a 10 minutos. El fallo de la sonda en el ciclo de prueba con impulsos positivos se produjo principalmente debido a un fallo del aislamiento del electrodo interior. Las realizaciones preferentes de la invención se describen a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

Figura 1 muestra una disposición esquemática de un sistema que comprende un dispositivo de chorro de plasma para el tratamiento médico de conductos radiculares mediante plasma a presión atmosférica;

Figura 2 muestra un circuito eléctrico para suministrar impulsos negativos a una sonda;

30 Figura 3 ilustra impulsos negativos de forma rectangular;

Figura 4 muestra una realización de una sonda;

Figuras 5a, b ilustra secciones transversales alternativas de una sonda;

Figura 6 muestra un diagrama de la intensidad de los picos de OH en función de la potencia; y

Figura 7 muestra un diagrama de temperatura en función de la potencia.

35 La figura 1 muestra una disposición esquemática de un sistema 1 con un dispositivo de chorro de plasma 30 para el tratamiento médico de conductos radiculares 3 mediante plasma a presión atmosférica no térmico. El sistema 1 comprende un suministro de gas 10. El gas se almacena en un cilindro de gas a presión 11 que tiene una salida 12 para suministrar gas a una unidad principal 20. En una realización alternativa, el suministro de gas 10 es un aparato de preparación de aire que utiliza aire ambiente y lo procesa con el fin de proporcionar una cantidad suficiente de partículas activables para producir plasma. Además, el aparato de preparación de aire puede contener un dispositivo para esterilizar el aire ambiente.

40 La unidad principal 20, que también puede considerarse una estación base, controla la cantidad de gas que debe suministrarse. Otra función de la unidad principal 20 es la generación de impulsos negativos. El gas y los impulsos negativos se suministran al dispositivo de chorro de plasma 30 que consta de una pieza de mano 40 y una pieza de boca 50. La boquilla 50, provista de una sonda 51, es desmontable del mango 40. Esto permite cumplir las normas relativas a la esterilidad de los productos sanitarios. La sonda 51 de la pieza bucal 50 se introduce en el conducto radicular 3 de un diente 2 durante el tratamiento para esterilizar el conducto radicular 3 así como los túbulos dentinarios.

50 La figura 2 muestra un circuito eléctrico 21 de la unidad principal 20 y el dispositivo de chorro de plasma 30. Un primer electrodo exterior 31 del dispositivo de chorro de plasma 30 está conectado con la masa 22. Mediante un generador de tensión 23, pueden aplicarse impulsos negativos al segundo electrodo interior 32. Entre el primer electrodo 31 y el segundo electrodo 32 se dispone un canal de gas 54 para proporcionar partículas ionizables con el fin de generar plasma entre los electrodos primero y segundo 31, 32 en una punta 52 de una sonda 51.

La figura 3 muestra un diagrama con un perfil rectangular ideal de impulsos de tensión negativa aplicados al segundo electrodo 32 a través del generador de tensión 23. Los impulsos negativos tienen, en comparación con los impulsos positivos aplicados al segundo electrodo interior 32, ventajas en lo que respecta a la vida útil del segundo electrodo 32.

5 La figura 4 muestra una realización de una pieza bucal 50 que tiene una sonda 51. Una cavidad anular está dispuesta entre el primer electrodo 31 y el segundo electrodo 32 y el material dieléctrico 33, respectivamente, sirviendo como canal de gas 54. El electrodo exterior 31 de la sonda 51 tiene una forma cónica que facilita la inserción de la sonda 51 en el conducto radicular 3. Además, la forma cónica aumenta la estabilidad de la sonda en un primer extremo en un conector 53. La rigidez a la flexión disminuye hacia el segundo extremo opuesto al primero. Una cierta flexibilidad de la sonda puede facilitar su inserción en el conducto radicular 3, que normalmente no es recto. La punta 52 está situada en el segundo extremo. Como se muestra, el electrodo interior 32 está rebajado en comparación con el electrodo exterior 31 y cubierto por un barniz que sirve de material dieléctrico 33. El desplazamiento de los electrodos interior y exterior 31, 32 es en esta realización de aproximadamente 1 mm. Sólo la superficie frontal 34 del electrodo interior 32 no está cubierta por el material dieléctrico 33. En consecuencia, se genera un plasma en el extremo del electrodo interior en la punta 52 de la sonda 51 entre las zonas expuestas de los electrodos.

La pieza bucal 50 comprende además un conector 53 para conectar la pieza bucal 50 con la pieza de mano 40. El conector 53 contiene conectores eléctricos 55a y 55b para conectar los electrodos primero y segundo 31, 32 con las líneas eléctricas correspondientes de la pieza de mano 40. El conector 53 comprende además una entrada de gas 56. La entrada de gas 56 está sellada mediante una junta 57 de forma que el gas pueda ser suministrado a través del canal de gas 54 hacia la punta de la sonda 52. A través del conector 53, la pieza bucal 50 puede separarse de la pieza de mano 40 y acoplarse a ella, y puede fijarse de forma segura con ella.

La figura 5 muestra dos configuraciones alternativas de una sonda 51 según la invención. Cada una de las dos figuras 5a y 5b muestra una sección transversal a lo largo del eje longitudinal de la sonda 51. En la parte inferior, ambas figuras muestran una sección transversal a lo largo de los planos A-A y B-B, respectivamente. En contraste con la realización de la Figura 4, las realizaciones mostradas en la Figura 5 tienen un primer electrodo 31 en forma de un cilindro hueco con un diámetro constante. Se muestran dos configuraciones diferentes del segundo electrodo 32 rodeado por el material dieléctrico 33, mientras que en la figura 5a en el lado izquierdo el electrodo interior 32 es un alambre cilíndrico rodeado por el material dieléctrico 33 y en la figura 5b en el lado derecho el electrodo interior 32 es de forma rectangular. Puede entenderse por un experto en la materia que son aplicables las diversas combinaciones de formas de electrodo interior y material dieléctrico, por ejemplo, el material dieléctrico 33 mostrado en la figura 5b con un electrodo interior cilíndrico 32. En la figura 5b, el material dieléctrico 33 está dispuesto casi a lo largo de todo el diámetro del interior hueco del electrodo exterior 31. En los cuatro bordes, el material dieléctrico rectangular 33 está en contacto con la superficie interior del primer electrodo 31, de forma que la posición en dirección radial queda definida y fija. En la Figura 5a, se proporciona una cavidad anular entre el primer electrodo 31 y el material dieléctrico 33 que rodea al segundo electrodo 32 que sirve como canal de gas 54. En cambio, el canal de gas 54 de la figura 5b está separado en cuatro secciones.

Un parámetro para caracterizar el plasma es la cantidad de radicales, es decir, de radicales OH. Cuanto mayor sea la cantidad de radicales, mejor será el efecto desinfectante del plasma a baja temperatura. En un montaje experimental de un dispositivo de chorro de plasma con un electrodo exterior 31 de acero inoxidable de 1,27 mm de diámetro y un electrodo interior 32 de cobre de 0,55 mm de diámetro, se ha medido la intensidad de los radicales OH mediante espectroscopia de emisión. En la configuración, se aplica energía en forma de impulsos positivos al electrodo interior 32, mientras que el electrodo exterior 31 está conectado a tierra. El helio se suministra a través del canal 54 y fluye a un caudal volumétrico constante de 1 l/min. La intensidad del pico característico de 309 nm se muestra en la Figura 6 en función de la potencia aplicada al dispositivo de chorro de plasma. Al aumentar la potencia aplicada, aumenta también la intensidad del pico de OH.

Un factor limitante para aumentar la potencia aplicada al dispositivo de chorro de plasma es la temperatura del plasma y el aumento de la temperatura del diente incurrido. Como se ha indicado anteriormente, la temperatura en una realización no debe superar los 39°C. Sorprendentemente, el dispositivo de chorro de plasma puede ser energizado con más potencia cuando se aplican pulsos negativos al electrodo interior en lugar de pulsos positivos. Como puede observarse en la Figura 7, la temperatura de 39°C se supera cuando se aplican pulsos positivos con una potencia de 0,3 W. En cambio, con pulsos negativos aplicados al electrodo interior, no se alcanza la temperatura de 39°C aunque se triplique la potencia. Como puede verse en la figura 7, la temperatura sigue siendo inferior a 30°C cuando se aplica 1 W. Se alcanzaría una temperatura de 39°C cuando se aplican más de 2 W.

En una realización, se aplican pulsos con una frecuencia de 1 kHz, un ancho de pulso de 10 microsegundos y un voltaje de 1000 V al dispositivo de chorro de plasma. Cuando se utilizan impulsos negativos en el electrodo interior, se alcanza una temperatura constante de 27°C y cuando se utilizan positivos, se alcanza una temperatura de 47°C.

Sorprendentemente, la polaridad negativa del electrodo interior conduce a una disminución del desarrollo de la temperatura en comparación con una polaridad positiva del electrodo exterior. En consecuencia, la polaridad negativa del electrodo interior permite un aumento de la potencia aplicada al dispositivo de chorro de plasma y, por lo tanto, una mayor generación de radicales, con lo que se consigue una desinfección más eficaz de los conductos radiculares.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de chorro de plasma (30) para el tratamiento médico de conductos radiculares (3) mediante un plasma a presión atmosférica que comprende
 - 5 un mango (40); y
 - una sonda (50) con un canal de gas (54) y un primer y un segundo electrodo (31, 32); teniendo la sonda (50) un primer extremo conectado al mango (40) y un segundo extremo opuesto al primer extremo que es una punta de la sonda;
 - 10 en el que el primer electrodo (31) es un electrodo exterior hueco y el segundo electrodo (32) es un electrodo interior que se extiende al menos a lo largo de una sección del primer electrodo (31) dentro del primer electrodo (31);
 - en el que el segundo electrodo (32), excepto una parte de su extremo, está rodeado por un material dieléctrico (33);
 - 15 en la que la sonda (50) está adaptada para ser introducida en un conducto radicular (3); y
 - en el que el dispositivo de chorro de plasma (30) está adaptado para proporcionar impulsos negativos en el segundo electrodo (32) para producir el plasma a presión atmosférica en la punta del segundo electrodo (32), **caracterizado porque** el primer electrodo (31) se extiende hasta la punta de la sonda.
2. Dispositivo de chorro de plasma (30) según la reivindicación 1, en el que el segundo electrodo (32) se extiende al menos a lo largo del 25 por ciento, preferiblemente al menos a lo largo del 50 por ciento, más preferiblemente al menos a lo largo del 75 por ciento de la longitud del primer electrodo (31) dentro del primer electrodo (31).
- 20 3. Dispositivo de chorro de plasma (30) según la reivindicación 1 ó 2, en el que el segundo electrodo (32) se extiende hasta la punta de la sonda (50).
4. Dispositivo de chorro de plasma (30) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer electrodo (31) tiene forma tubular o cónica y el segundo electrodo (32) está dispuesto coaxialmente con el primer electrodo (31).
- 25 5. Dispositivo de chorro de plasma (30) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que un diámetro exterior de la sonda (50) es inferior a 1,8 mm, preferentemente inferior a 1,0 mm y más preferentemente inferior a 0,5 mm.
6. Dispositivo de chorro de plasma (30) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo electrodo (32) es un alambre o un conductor sobre un sustrato.
- 30 7. Dispositivo de chorro de plasma (30) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno de los electrodos (31, 32) comprende al menos un elemento seleccionado del grupo que consiste en cobre, acero inoxidable, plata, oro, platino, tántalo, latón, titanio, silicio, wolframio, níquel, molibdeno y cerámica.
8. Dispositivo de chorro de plasma (30) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el material dieléctrico (33) es uno: un barniz, un polímero y un espaciador para posicionar el segundo electrodo (32) con respecto al primer electrodo (31).
- 35 9. Dispositivo de chorro de plasma (30) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los impulsos negativos tienen al menos uno de una magnitud de corriente de 1 a 350 mA y una frecuencia de 1 Hz a 4 kHz.
10. Dispositivo de chorro de plasma (30) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los impulsos negativos tienen una de una forma rectangular, parabólica, de diente de sierra o de seno.
- 40 11. Dispositivo de chorro de plasma (30) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la sonda (50) es desmontable y sustituible.
12. Un sistema que comprende
 - un dispositivo de chorro de plasma (30) según una de las reivindicaciones anteriores; y
 - una estación base (20) conectada eléctricamente al dispositivo de chorro de plasma (30) y adaptada para generar impulsos negativos.

Figura 1

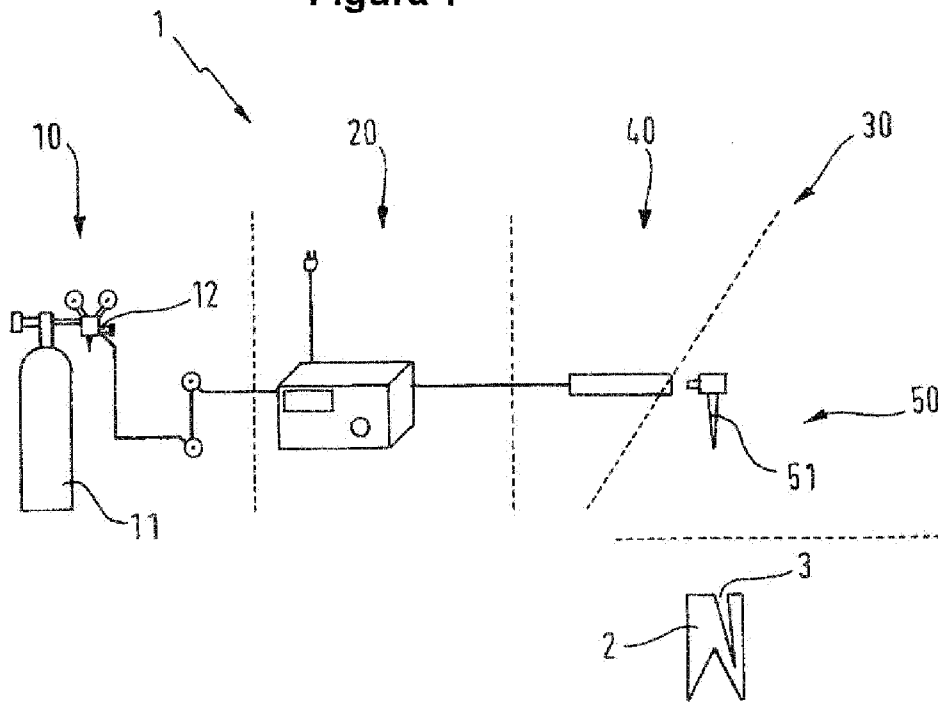


Figura 2

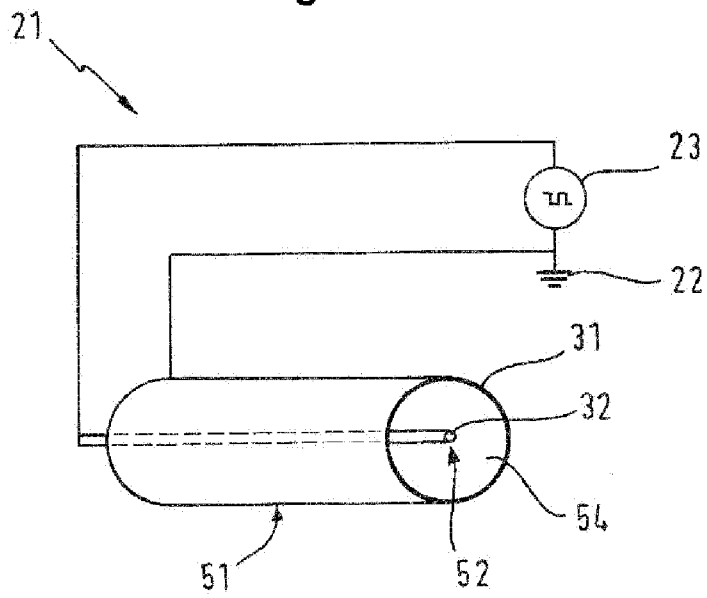


Figura 3

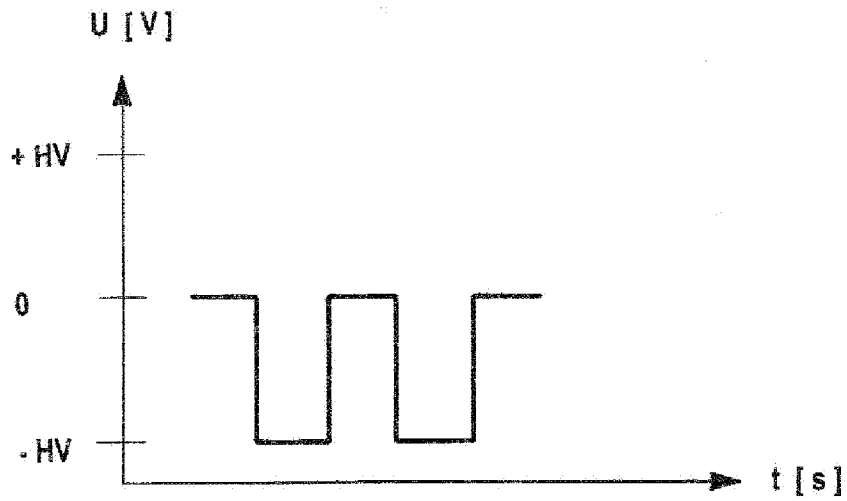


Figura 4

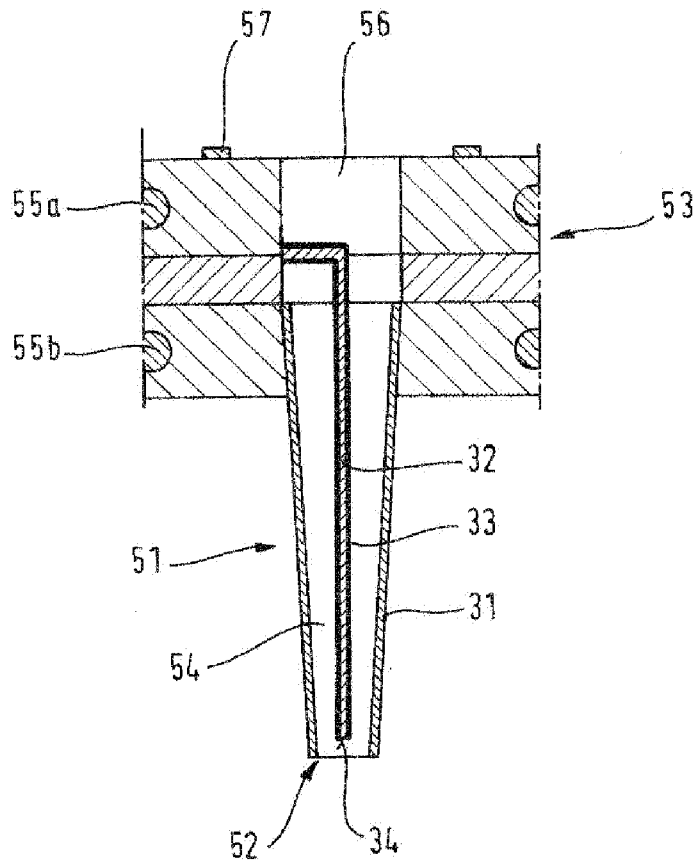


Figura 5

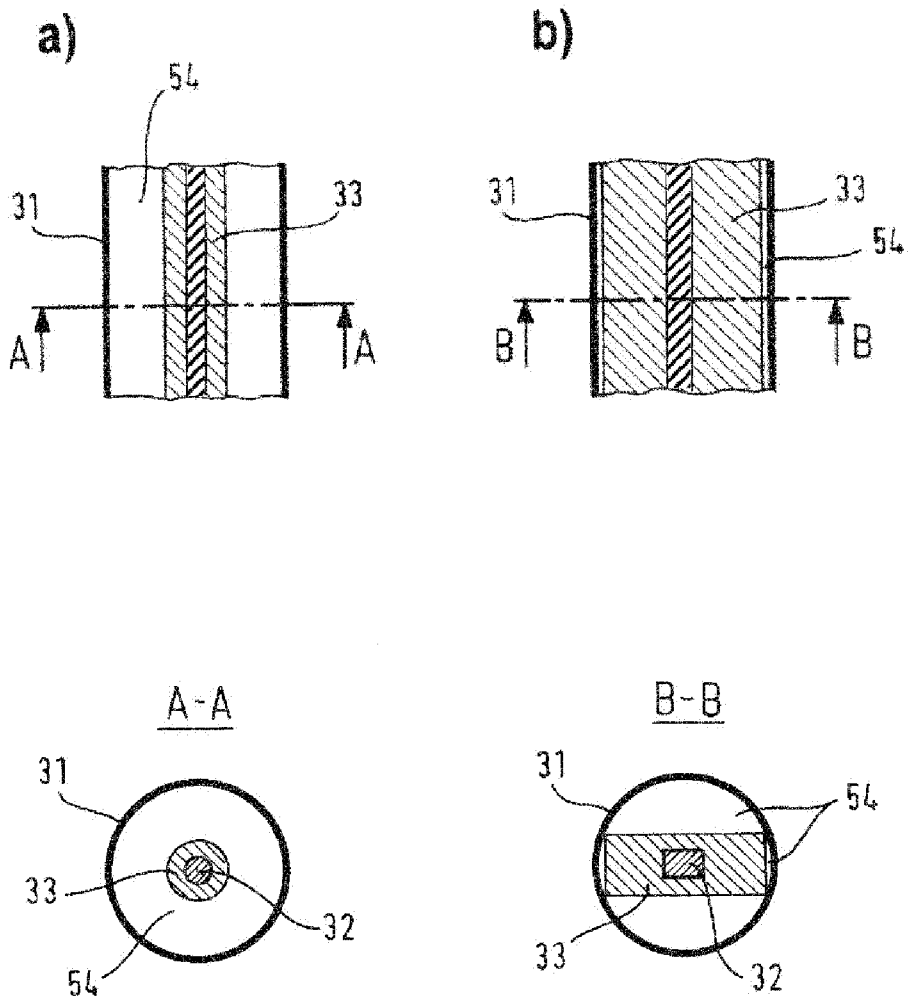


Figura 6

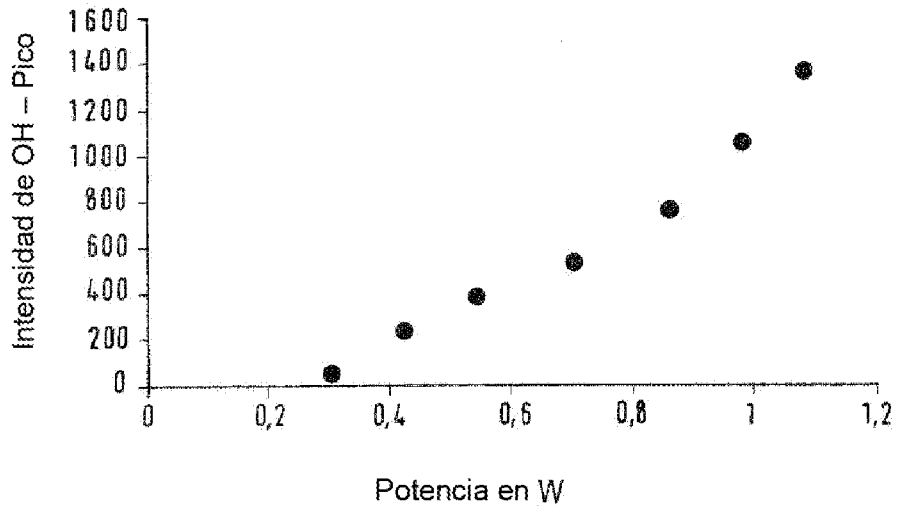


Figura 7

