



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 524**

51 Int. Cl.:
A61B 18/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05717882 .4**

96 Fecha de presentación : **03.03.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1720475**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.11.2006**

54 Título: **Instrumento de tratamiento de un tejido de plasma de gas.**

30 Prioridad: **05.03.2004 US 792765**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.06.2011

73 Titular/es: **ENERGIST LIMITED**
2 Park Pavilions, Clos Llwyn Cwm
Valley Way Enterprise Park
Swansea SA6 8QY, GB

72 Inventor/es: **Goble, Colin Charles Owen y**
Penny, Keith

74 Agente: **Morales Durán, Carmen**

ES 2 361 524 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

Instrumento de tratamiento de un tejido de plasma de gas

5 Esta invención se refiere a un conjunto para instrumento de tratamiento de un tejido de plasma de gas. El instrumento puede ser utilizado para el rejuvenecimiento del tejido, por ejemplo, revestimiento de la piel, o el rejuvenecimiento o la retirada de tejido localizado en, por ejemplo, el tubo digestivo, vías respiratorias, vasos sanguíneos, útero o uretra.

10 La piel humana tiene dos capas principales: la epidermis, que es la capa externa y típicamente tiene un espesor de aproximadamente 120 μ en la región de la cara, y la dermis, que es típicamente 20 a 30 veces más gruesa que la epidermis, y contiene folículos pilosos, glándulas sebáceas, terminaciones nerviosas y capilares sanguíneos finos. Por volumen, la dermis se compone fundamentalmente de colágeno de proteína.

15 Un objetivo común de muchos procedimientos quirúrgicos cosméticos es mejorar la apariencia de la piel de un paciente. Por ejemplo, un efecto clínico deseable en el ámbito de la cirugía estética es proporcionar una mejora en la textura de la piel envejecida y darle una apariencia más juvenil. Estos efectos pueden lograrse mediante la supresión de una parte o la totalidad de la epidermis, y en ocasiones parte de la dermis, provocando el crecimiento de una nueva epidermis que tiene las propiedades deseadas. Además, la piel con frecuencia contiene tejido de cicatrices, cuya apariencia es considerada por algunas personas que es un detrimento para su atractivo. La estructura de la
20 piel que da lugar al tejido de la cicatriz se forma típicamente en la dermis. Al retirar la epidermis de una región seleccionada y volver a esculpir el tejido de la cicatriz en la dermis es posible mejorar la apariencia de ciertos tipos de cicatrices, como por ejemplo las cicatrices dejadas por el acné. El proceso de eliminación del tejido epidérmico y, posiblemente, dérmico es conocido como rejuvenecimiento de la piel o dermoabrasión.

25 Una técnica conocida para conseguir el rejuvenecimiento de la piel incluye la retirada mecánica de los tejidos mediante un disco abrasivo, por ejemplo. Otra técnica que se conoce como "peeling" químico, y consiste en la aplicación de un producto químico corrosivo a la superficie de la epidermis, para retirar la epidermis, y las posiblemente células de piel dérmica. Otra una técnica es el rejuvenecimiento con láser de la piel. Los láseres son utilizados para suministrar una cantidad controlada de energía a la epidermis. Esta energía es absorbida por la epidermis, causando necrosis de las células epidérmicas. La necrosis puede producirse como resultado de la absorción de energía que provoca la temperatura del agua en las células para aumentarla a un nivel en el que las células mueren, o bien, dependiendo de la frecuencia de la luz láser empleada, la energía puede ser absorbida mediante moléculas en las células de la epidermis de una manera que da lugar a su disociación. Esta disociación molecular mata las células, y
30 como efecto secundario también provoca un aumento en la temperatura de la piel.

Típicamente, durante el rejuvenecimiento con láser, un rayo láser se dirige a una zona de tratamiento dada en la piel durante un corto período de tiempo (típicamente menos de un milisegundo). Esto puede lograrse mediante pulsación del láser o moviendo el láser de forma continua y con la suficiente rapidez de manera que el rayo es sólo incidente
40 sobre una zona determinada de la piel durante un período de tiempo predeterminado. Una serie de pasadas se pueden hacer sobre la superficie de la piel, y los restos de la piel muerta se limpian usualmente de la piel entre las pasadas. Los láseres empleados actualmente para la dermoabrasión incluyen un láser de CO₂, y un láser Erbium-YAG. Los mecanismos mediante los cuales la energía es absorbida por el tejido, haciendo que muera, y los efectos clínicos resultantes obtenidos, tales como la profundidad de la necrosis del tejido y la magnitud del margen térmico (es decir, la región que rodea el área tratada que sufre la modificación del tejido como resultado de la absorción del calor) varían de un tipo de láser a otro. Esencialmente, sin embargo, los tratamientos diferentes que proporcionan estos láseres pueden ser considerados como un solo tipo de método de tratamiento en el que se utiliza un láser para transmitir energía para eliminar alguna o parte de la epidermis (y dependiendo del objetivo del tratamiento, posiblemente parte de la dermis), con el objetivo de crear el crecimiento de una nueva epidermis que tiene un mejor aspecto, y posiblemente también la estimulación del crecimiento de nuevo colágeno en la dermis.
50

Otras referencias de los antecedentes incluyen los documentos US 3.699.967 (Anderson), US 3.903.891 (Brayshaw), US 4.040.426 (Morrison), US 5.669.904, WO 95/26686 y WO 98/35618. La patente US 4.901.719 (Trenconsky et al) describe una unidad de electrocirugía para la coagulación de tejidos mediante la conducción de energía eléctrica de radiofrecuencia a través de una corriente de gas inerte conductor en el tejido. La unidad es monopolar en el sentido de que incluye un lápiz portátil con una unidad de boquilla extraíble que incluye un solo electrodo axial que termina en una punta de aguja. Un plasma se crea gracias a la caída de tensión de radiofrecuencia entre la punta de aguja y la superficie del tejido del paciente. La vía de retorno es a través del paciente y una placa del paciente. La patente US 4.781.175 (McGreevy et al) relacionada describe otra unidad monopolar que tiene un lápiz con una unidad de electrodo de boquilla extraíble que incorpora un solo electrodo axial. Esta unidad puede ser desechable, siendo el resto del lápiz utilizable repetidamente.
60

El documento WO 01/62169 proporciona una alternativa a las técnicas de rejuvenecimiento de piel conocidas, ya que describe un sistema de rejuvenecimiento del tejido que comprende un instrumento que tiene un conducto de gas

que termina en una boquilla de salida de plasma, y un electrodo asociado con el conducto, y un generador de energía de radiofrecuencia acoplado al electrodo del instrumento y dispuesto para suministrar la energía de radiofrecuencia al electrodo en uno solo o una serie de pulsos de tratamiento para la creación de un plasma a partir del gas suministrado a través del conducto, teniendo los pulsos una duración entre 2 ms y 100 ms.

5 La aplicación de un campo eléctrico al gas para crear el plasma puede tener lugar en cualquier frecuencia adecuada, pero frecuencias UHF o de microondas (por ejemplo, en la región de 2450 MHz) se prefieren, teniendo estas últimas la ventaja de que las tensiones adecuadas para obtener el plasma son más fáciles de obtener en una estructura completa. El plasma se puede iniciar o "golpear" en una frecuencia, con lo cual se puede realizar entonces una óptima transferencia de energía en el plasma a una frecuencia diferente.

10 En una variante, una tensión de oscilación de radiofrecuencia se aplica al electrodo para crear un campo eléctrico oscilante correspondiente, y la energía transferida al plasma se controla mediante la monitorización de la energía reflejada desde el electrodo (proporcionando esto una indicación de la fracción de la salida de potencia desde el dispositivo de salida de potencia que se ha transferido en el plasma), y ajustando la frecuencia de la tensión de oscilación del generador en consecuencia. A medida que la frecuencia de oscilación desde el generador se aproxima a la frecuencia de resonancia del electrodo (que se ve afectada por la presencia del plasma), la potencia transferida al plasma aumenta, y *viceversa*.

15 En esta variante, un campo eléctrico dipolar se aplica al gas entre un par de electrodos en el instrumento que están conectados a los terminales de salida opuestos del dispositivo de salida de energía.

20 En una variante alternativa, se aplica un campo eléctrico de CC, y la energía se suministra en el plasma desde el campo de CC.

25 El gas empleado es preferiblemente no tóxico, y más preferiblemente fácilmente biocompatible para permitir su secreción natural o expulsión del cuerpo del paciente. El dióxido de carbono es un gas preferido, ya que el cuerpo humano elimina automáticamente el dióxido de carbono de la sangre durante la respiración. Además, un plasma creado a partir de dióxido de carbono es más caliente (aunque más difícil de crear) que un plasma de, por ejemplo argón, y el dióxido de carbono es fácilmente disponible en la mayoría de los quirófanos. Nitrógeno o incluso aire también se pueden utilizar.

30 El instrumento anterior comprende: un conducto de gas alargado que se extiende desde una entrada de gas a una boquilla de salida y que tiene una pared dieléctrica resistente al calor; un primer electrodo situado en el interior del conducto; un segundo electrodo situado en o adyacente a una superficie externa de la pared dieléctrica en registro con el primer electrodo; y un campo eléctrico eléctricamente conductor que focaliza el elemento situado en el interior del conducto y entre el primer y segundo electrodos.

35 El sistema descrito en el documento WO 01/62169 (que forma el antecedente más cercano de la invención) tiene la ventaja de ser capaz de producir un tratamiento rápido en la superficie del tejido y minimizar los efectos no deseados, por ejemplo, efectos térmicos, en una mayor profundidad que la requerida.

40 Se ha encontrado que algunas partes del instrumento anterior se deterioran con el uso. La presente invención, en uno de sus aspectos, proporciona un conjunto de acuerdo con la reivindicación 1.

45 La pared dieléctrica está preferiblemente hecha de un material mineral tal como cuarzo, comprendiendo el elemento de focalización del campo un conductor alargado asociado con la superficie interna de la pared. El elemento de focalización puede ser una bobina helicoidal en o sobre la superficie interna del tubo dieléctrico, el tubo y el elemento de focalización teniendo un eje central común.

50 La configuración del conjunto es preferentemente de tal manera que cuando el conjunto se fija de manera liberable a la pieza de mano, el electrodo de la pieza de mano se coloca en el eje central con el elemento de focalización de campo solapando parcialmente el electrodo. Típicamente, el conjunto desechable también se caracteriza por estar configurado de tal manera que, cuando el conjunto se fija de manera liberable a la pieza de mano, un segundo electrodo de la pieza de mano se coloca adyacente a una superficie externa del tubo dieléctrico con una porción del tubo coextensiva con las porciones del primer y segundo electrodos. En el caso de los electrodos que son electrodos internos y externos coaxiales, el conjunto está configurado de tal manera que cuando se fija a la pieza de mano, el electrodo interno se extiende dentro del tubo dieléctrico y el electrodo externo se extiende alrededor de la parte externa del tubo dieléctrico.

55 60 Típicamente, el elemento de focalización se autosoporta en el tubo dieléctrico. Puede ser un muelle helicoidal formado de tungsteno, o un elemento que comprende un par de refuerzos doblados conectados entre sí mediante una banda conductora alargada.

Los medios para fijar de manera liberable el conjunto desechable a una pieza de mano pueden comprender un collar que rodea al menos una parte de un conducto de gas, teniendo el collar medios de fijación mecánicos en forma de un mecanismo de pestillo para conectar el collar a la pieza de mano.

5 Preferiblemente, el conjunto desechable incluye un alojamiento para el conducto, teniendo el alojamiento medios de conexión para conectar el alojamiento al cuerpo de la pieza de mano. El alojamiento puede comprender una carcasa hueca que rodea el conducto y que tiene una porción distal en la que se fija la pared dieléctrica y una porción proximal que está separada de la pared dieléctrica e incluye los medios de fijación.

10 Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un instrumento de tratamiento de tejido de plasma de gas según la reivindicación 18.

15 La invención también proporciona, en combinación, un instrumento de tratamiento de tejido de plasma de gas tal como se describe anteriormente y una unidad generadora, caracterizado porque la unidad generadora funciona a una frecuencia operativa superior a 300 MHz, y el elemento de focalización no está directamente conectado con el generador, sino que es electromagnéticamente resonante a la frecuencia operativa. La longitud del elemento de focalización puede estar entre $\lambda/8$ y $\lambda/4$, donde λ es la longitud de onda operativa del generador.

20 La invención se describe a continuación a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un dibujo esquemático que ilustra el principio básico de un sistema de tratamiento de tejidos para el rejuvenecimiento de la piel;

25 La figura 2 es una sección longitudinal del instrumento de tratamiento de tejidos para su uso en el sistema de la figura 1;

La figura 3 es un detalle de la figura 2;

30 La figura 4 es una ilustración esquemática de un generador usado en conjunción con el instrumento de las figuras 2 y 3;

La figura 5 es un gráfico que muestra la energía reflejada en función de la frecuencia operativa;

35 La figura 6 es una sección que muestra una modificación de parte del instrumento mostrado en la figura 3;

La figura 7 es un dibujo esquemático de un generador alternativo que incluye un magnetrón;

La figura 8 es un diagrama de bloque más detallado de un generador que incluye un magnetrón;

40 La figura 9 es un diagrama de circuito de una unidad inversora del generador de la figura 8;

La figura 10 es un gráfico que ilustra las características de accionamiento del magnetrón en el generador de la figura 8;

45 La figura 11 es un diagrama de bloques de un bucle de control de la energía de salida del generador de la figura 8;

La figura 12 es un diagrama de bloques de bucles de control de energía intermedio e interno del generador de la figura 8;

50 La figura 13 es una sección transversal de un aislador de UHF que forma parte del generador de la figura 8;

La figura 14 es una sección a través de una realización del instrumento adecuado para su uso con el generador de la figura 7;

55 La figura 15 es un gráfico de la potencia reflejada en función de la frecuencia para el instrumento de la Figura 14, cuando se utiliza con el generador de la figura 7;

La figura 16 es una sección a través de una realización adicional del instrumento;

60 La figura 17 es un gráfico de la energía reflejada en función de la frecuencia en el instrumento de la figura 16;

La figura 18 es una ilustración esquemática de una realización adicional del instrumento;

La figura 19 es una vista seccionada en perspectiva de otro instrumento alternativo;

La figura 20 es una sección longitudinal de la parte del instrumento de la figura 19;

La figura 21 es una vista en perspectiva de un instrumento para su uso en el sistema quirúrgico de la figura 1 y que tiene un conjunto desechable de acuerdo con la presente invención;

La figura 22 es una vista en sección lateral del instrumento de la figura 21;

La figura 23 es una vista lateral en sección de un electrodo utilizado en el instrumento de la figura 21; y

La figura 24 es una vista en sección lateral del conjunto desechable utilizado en el instrumento de la figura 21.

Con referencia a la figura 1, el principio de funcionamiento de un sistema de tratamiento de tejido que incorpora un instrumento y un conjunto desechables, de acuerdo con la invención se describirá ahora. El sistema comprende un generador 4 que incluye una salida de energía 6, típicamente en forma de un oscilador y un amplificador, o un dispositivo de energía termoiónica, y una interfaz de usuario 8 y un controlador 10. El generador produce una salida que se acopla a través de una estructura de alimentación que incluye un cable 12 a un electrodo 14 de un instrumento 16. El sistema también incluye una fuente 18 de gas, que se suministra al instrumento mediante un tubo 20. El gas es preferentemente un gas que permite suministrar una energía relativamente alta a los tejidos por unidad de energía entregada al gas en el instrumento. Preferiblemente, el gas debe incluir un gas diatómico (o de gas que tiene más de dos átomos), por ejemplo, nitrógeno, dióxido de carbono, o aire. En la práctica, el generador funciona para establecer un campo eléctrico en la región de la punta 22 del electrodo. El gas desde la fuente 18 pasa a través del campo eléctrico. Si el campo es lo suficientemente fuerte, tendrá el efecto de acelerar los electrones libres lo suficiente como para provocar colisiones con las moléculas de gas, cuyo resultado es o bien la disociación de uno o más electrones de las moléculas de gas para crear iones gaseosos, o la excitación de los electrones en las moléculas de gas a los estados de mayor energía, o la disociación de las moléculas en átomos constitutivos, o la excitación de los estados vibracionales de las moléculas gaseosas. El resultado en términos macroscópicos es la creación de un plasma 24, que está caliente. La energía es liberada del plasma a través de la recombinación de los electrones y los iones para formar átomos o moléculas con carga neutra y la relajación a los estados de menor energía desde los estados de mayor energía. Esta liberación de energía incluye la emisión de radiación electromagnética, por ejemplo, como luz, con un espectro que es característico del gas utilizado. La temperatura del plasma depende de la naturaleza del gas y la cantidad de energía suministrada al gas desde el campo eléctrico (es decir, la cantidad de energía transferida a una cantidad dada de gas).

En la realización preferida, un plasma de baja temperatura se forma en nitrógeno. Esto también se conoce en la técnica como una luminiscencia de Rayleigh-Lewis y el almacenamiento de la energía mediante el plasma está dominado por estados vibracionales de la molécula gaseosa y los estados elevados de electrones todavía se unen a las moléculas (conocido como "estados metaestables" debido a su vida útil relativamente larga antes de que se produzca la descomposición a estados de menor energía).

En esta condición, el plasma reaccionará rápidamente, es decir, da energía debido a la colisión con otras moléculas. El plasma emite una luz característica de color amarillo/naranja con una longitud de onda principal de aproximadamente 580 nm.

La vida relativamente larga de los estados del plasma es una ventaja porque el plasma aún contiene cantidades útiles de energía en el momento en el que llega al tejido a tratar.

El plasma resultante se dirige fuera de un extremo abierto del instrumento y hacia el tejido de un paciente, para causar la modificación o retirada parcial o total del mismo.

Al impactar, el plasma de nitrógeno penetra una distancia corta en el tejido y se descompone rápidamente en un estado de baja energía para alcanzar el equilibrio con su entorno. La energía se transfiere a través de colisiones (calentando así el tejido) y la emisión de energía electromagnética con un espectro que se extiende típicamente desde 250 (luz amarilla) a 2500 nm (luz infrarroja). La energía electromagnética es absorbida por el tejido, con el consiguiente calentamiento.

Cuando el sistema se emplea con el propósito de rejuvenecimiento de la piel, hay una variedad de efectos de rejuvenecimiento de la piel que pueden lograrse mediante la aplicación de un plasma en la piel, y se consiguen diversos efectos mediante el suministro de diferentes cantidades de energía a la piel durante distintos períodos de tiempo. El sistema funciona mediante la generación de un plasma en pulsos cortos. Las diversas combinaciones de estos parámetros resultan en diferentes efectos de rejuvenecimiento de la piel. Por ejemplo, la aplicación de energía relativamente alta en pulsos muy cortos (es decir, durante un período de tiempo extremadamente corto) dará lugar a la vaporización instantánea virtual de una capa más superficial de la epidermis (es decir, la disociación en pequeños fragmentos, que en esta situación están usualmente en el aire). El suministro de alta energía resulta en la vaporiza-

ción del tejido, mientras que el corto período de tiempo durante el cual la energía se suministra impide una penetración más profunda del daño inducido térmicamente del tejido. Para suministrar altos niveles de energía al tejido, se requiere un plasma de alta temperatura, y esto puede obtenerse mediante el suministro de energía a un alto nivel en una cantidad dada de gas (es decir, alta energía en un corto período de tiempo, o alta potencia) desde el campo eléctrico. Cabe señalar que la temperatura del plasma disminuye al aumentar la distancia desde la punta del electrodo, lo que significa que la distancia de separación del instrumento desde la superficie de la piel afectará a la temperatura del plasma incidente en la piel y, por lo tanto, a la energía suministrada a la piel durante un período de tiempo determinado. Este es un tratamiento de rejuvenecimiento de la piel relativamente superficial, pero tiene la ventaja de tiempos de curación extremadamente cortos.

Un efecto más profundo, causado por la modificación térmica y la eliminación eventual de un mayor grosor del tejido, se puede obtener suministrando niveles más bajos de energía a la piel, pero durante períodos más largos de tiempo. Un nivel de energía más bajo y, por lo tanto, una menor tasa de suministro de energía evita substancialmente la vaporización instantánea del tejido, pero el período más largo en el cual se suministra la energía resulta en un suministro de energía neta superior al tejido y efectos térmicos más profundos en el tejido. Las ampollas resultantes en la piel y la necrosis en el tejido posterior se producen durante un periodo de tiempo substancialmente mayor que en el caso de un tratamiento superficial. La renovación de la piel con una penetración más profunda, que puede implicar un proceso gradual mediante el cual varias "pasadas" se realizan sobre el tejido para que un área determinada de la piel esté expuesta al plasma en dos o más ocasiones, puede penetrar lo suficientemente profundo para causar la desnaturalización del colágeno en la dermis. Esto tiene aplicación en la retirada o remodelación de tejido cicatricial (como la causada por el acné, por ejemplo), y la reducción de las arrugas. También puede realizarse la depilación de la superficie de la piel.

El sistema y los métodos descritos en esta memoria pueden usarse también para desbridar heridas o úlceras, o en el tratamiento de una variedad de trastornos cutáneos o dermatológicos, incluyendo: tumores malignos (afectando de manera primaria o secundaria a la piel); hemangiomas planos; telangiectasia; granulomas; adenomas; hemangiomas; lesiones pigmentadas; nevus; pápulas fibrosas inflamatorias y proliferativas hiperplásicas; rinofima; heratoses seboreica; linfocitoma; angiofibromata; verrugas; neurofibromas; condilomas, tejido de cicatrices hipertrófico o quelioide.

El sistema y los métodos descritos en esta memoria también tienen aplicabilidad en numerosos otros trastornos, y en este sentido la capacidad de variar la profundidad del efecto del tejido en una manera muy controlada es particularmente ventajosa. Por ejemplo, en un modo superficial de tratamiento, pueden tratarse la superficie de los tejidos del cuerpo distintos de la piel, incluyendo el revestimiento de la orofaringe, el tracto respiratorio y gastrointestinal, en los que es deseable eliminar lesiones superficiales, tales como leudoplaquia (una lesión superficial pre-cancerosa a menudo se encuentran en la orofaringe), y reducir al mínimo los daños a las estructuras subyacentes. Además, la superficie peritoneal de los órganos y las estructuras en el abdomen pueden ser un sitio para la implantación anormal de tejido endometrial derivado del útero. Estos están a menudo constituidos por placas superficiales que también pueden ser tratadas con el sistema establecido en un modo superficial de tratamiento. Si estas lesiones implican capas más profundas de tejido, entonces éstas pueden ser tratadas mediante varias aplicaciones usando el sistema y los métodos descritos en esta memoria o la profundidad del efecto de los tejidos se puede ajustar mediante el control de las funciones incluidas en el sistema y que se describen más detalladamente aquí.

Al emplear el sistema o método descrito con una configuración diseñada para lograr un efecto más profundo, las estructuras de los tejidos profundos de la capa superficial pueden ser tratados o modificados. Dicha modificación puede incluir la contracción de tejido que contiene colágeno que a menudo se encuentra en las capas de tejido profundas de la capa superficial. El control de la profundidad del sistema permite que las estructuras vitales sean tratadas sin que, por ejemplo, provoquen la perforación de la estructura. Estas estructuras pueden incluir partes del intestino, donde es deseable reducir su volumen, tal como en gastroplexia (reducir el volumen del estómago), o en casos en los que el intestino incluye bolsas anormales o diverticulares. Estas estructuras también se pueden incluir vasos sanguíneos que se han dilatado de manera anormal por un aneurisma o varicosidades, los sitios comunes son la arteria aorta, los vasos del cerebro o las venas superficiales de las piernas. Además de estas estructuras vitales, las estructuras músculo-esqueléticas también pueden modificarse, donde se han estirado o se han vuelto laxas. Una hernia de hiato se produce cuando una porción del estómago pasa a través de los pilares del diafragma que podría, por ejemplo, modificarse usando un instrumento de tal manera que la abertura para el estómago pase a través reducida a un punto en que esto no ocurre por la contratación de los pilares. Las hernias en otras áreas del cuerpo pueden tratarse de manera similar incluyendo la modificación de las estructuras que contienen colágeno que rodean la debilidad a través del cual se produce la hernia. Las hernias incluyen, pero no se limitan a, otras hernias abdominales e inguinales.

Las variantes de un sistema de rejuvenecimiento de tejido se describirán ahora con más detalle. Con referencia a las figuras 2 y 3, un instrumento de rejuvenecimiento de la piel 16 tiene un eje externo 30 que tiene un conector 26 en su extremo proximal, por medio del cual el instrumento se puede conectar a los terminales de salida de un generador (que se describe con más detalle en relación a la figura 4), usualmente a través de un cable flexible, tal como se

muestra en la figura 1. El instrumento también recibe un suministro de nitrógeno en un puerto de entrada 32, que se suministra inicialmente a lo largo de un conducto anular 34 formado entre el eje 30 y una longitud de cable de alimentación coaxial 40, y posteriormente, a través de aberturas 36 a lo largo de otras secciones del conducto anular 38A y 38B. Las secciones 38A, 38B del conducto anular se forman entre un manguito conductor 50, que está conectado con el conductor externo 44 del cable de alimentación coaxial y elementos conductores 52 y 54, respectivamente, que están conectados con el conductor interno 42 del cable de alimentación coaxial 40. En el extremo distal del conducto anular 38B el gas se convierte en un plasma bajo la influencia de un campo eléctrico oscilatorio de alta intensidad E entre un electrodo interior a modo de aguja 60 proporcionado por el extremo distal del elemento conductor 54, y un segundo electrodo externo 70 proporcionado por una parte del manguito 50 que es adyacente y coextensivo con el electrodo de aguja 60. El plasma resultante 72 sale de una abertura 80 formada en un disco de cerámica 82 en el extremo distal del instrumento en gran medida bajo la influencia de la presión de la fuente de nitrógeno; la naturaleza de aislamiento del disco 82 sirve para reducir o evitar la formación de arcos preferenciales entre los electrodos 60 y 70.

El electrodo interno 60 está conectado a uno de los terminales de salida del generador a través de los elementos conductores 52, 54 y el conductor interno 42 de la estructura de alimentación coaxial, y el electrodo exterior 70 está conectado al otro terminal de salida del generador a través del manguito conductor 50 y el conductor externo 44 de la estructura de alimentación coaxial 40. (Guías de onda también pueden utilizarse como la estructura de alimentación). La intensidad del campo eléctrico entre los mismos, por lo tanto, oscila en la frecuencia de salida del generador, que en esta realización se encuentra en la región de 2450 Mhz. Para generar un plasma a partir del gas de nitrógeno, se requiere un campo eléctrico de alta intensidad. En este sentido, la configuración relativamente en punta del electrodo de aguja 60 ayuda a la creación de este campo, ya que la carga se acumula en la región de la punta, que tiene el efecto de aumentar la intensidad del campo en esa región. Sin embargo, la creación de un campo eléctrico de alta intensidad requiere una gran diferencia de potencial entre los electrodos interno y externo 60, 70 y, hablando en general, la magnitud de la diferencia de potencial necesaria para crear un campo aumenta con el aumento de la separación de los electrodos. La intensidad del campo eléctrico necesario para lograr un plasma de nitrógeno (y así crear un plasma) se encuentra en la región de 3 de MNewtons por Coulomb de carga, que se traduce en una diferencia de potencial uniforme, equivalente aproximadamente a una diferencia de potencial de 3 kV entre conductores separados una distancia de 1 mm. En el instrumento que se ilustra en la figura 2, la separación entre los electrodos interior y exterior 60, 70 es de aproximadamente 3 mm, de manera que si el campo es uniforme, la tensión necesaria para lograr la intensidad de campo requerida sería de aproximadamente 10 kV. Sin embargo, la geometría del electrodo 60 es tal como para concentrar la carga en las regiones del conductor que tienen una pequeña curvatura, intensificando así las regiones del campo eléctrico adyacentes a estos conductores y reduciendo la magnitud de la diferencia de potencial que debe ser suministrada a los electrodos para crear un campo de la resistencia requerida. Sin embargo, en la práctica no es necesariamente deseable suministrar una diferencia de potencial de magnitud suficiente para los electrodos 60, 70 directamente desde el generador, ya que el aislante de la estructura de alimentación utilizado para conectar la salida del generador a los electrodos 60, 70 puede ser objeto de averías.

En el sistema descrito anteriormente con referencia a las figuras 1 a 3, la tensión de salida del generador es preferentemente del orden de 100 V. Con el fin de obtener una tensión lo suficientemente alta a través de los electrodos 60, 70 para formar un plasma, por lo tanto, es necesario proporcionar una transformación hacia arriba de la tensión de alimentación del generador. Una forma de lograr esto es crear una estructura resonante que incorpore los electrodos 60, 70. Si una señal de salida del generador se suministra a la estructura resonante (y, por tanto, a los electrodos) en una frecuencia que es igual o similar a su frecuencia de resonancia, la resonancia resultante proporciona la multiplicación de la tensión de la señal de salida del generador a través de los electrodos 60, 70, cuya magnitud se determina por la geometría de la estructura, los materiales utilizados en la estructura (por ejemplo, los materiales dieléctricos), y la impedancia de una carga. En este instrumento, la estructura resonante es proporcionada por una combinación de dos estructuras de impedancia coincidente 92, 94, cuya función y operación se describen con más detalle posteriormente.

El uso de una estructura de resonancia es una forma de proporcionar una tensión lo suficientemente alta a través de los electrodos 60, 70 para formar un plasma. Para que el instrumento sea eficaz, sin embargo, es necesario que el generador entregue un nivel predeterminado y controlable de energía al plasma, ya que esto afecta el grado en que el nitrógeno se convierte en plasma, que a su vez afecta a la energía que se podría entregar a los tejidos en forma de calor. Además, es conveniente disponer de una transmisión eficiente de la energía desde el generador a la carga prevista por el plasma. Tal como se ha mencionado anteriormente, la frecuencia de salida del generador en el presente ejemplo se encuentra en la banda de ultra alta frecuencia (UHF) de frecuencias, y se encuentra en la región de 2450 MHz, siendo esta una frecuencia cuyo uso está permitido para uso quirúrgico en la legislación del ISM. En frecuencias de esta magnitud es apropiado considerar la transmisión de señales eléctricas en el contexto de este sistema quirúrgico como la transmisión de ondas electromagnéticas, y las estructuras de alimentación para su propagación eficaz de tomar la forma de líneas de transmisión de guía de onda o coaxiales.

En el instrumento de la figura 2, el cable coaxial 40 proporciona la estructura de alimentación de la línea de transmi-

sión desde el generador 4 al instrumento 16. Los conductores interior y exterior 42, 44 de la estructura de alimentación coaxial 40 están separados entre sí por un dieléctrico anular 46. Para proporcionar la transmisión eficiente de la energía desde la salida del generador usando una línea de transmisión, la impedancia interna del generador es deseablemente igual a la impedancia característica de la línea de transmisión. En el presente ejemplo, la impedancia interna del generador es de 50 Ω , y la impedancia característica del cable coaxial 40 es también de 50 Ω . La carga proporcionada al generador antes de la creación de plasma es del orden de 50 K Ω . Debido a esta gran diferencia de impedancia entre la impedancia del generador y la estructura de alimentación, por un lado, y la carga en el otro lado, el suministro de energía a la carga directamente desde la estructura de alimentación resultará en pérdidas substanciales de energía (es decir, la potencia de salida del generador que no se entrega a la carga), debido a las reflexiones de las ondas electromagnéticas en la interfaz entre la estructura de alimentación y la carga. Por lo tanto, no es preferible simplemente conectar los conductores interior y exterior 42, 44 del cable coaxial 40 a los electrodos 60, 70 debido a las pérdidas resultantes. Para mitigar estas pérdidas es necesario que coincida con la impedancia característica relativamente baja del cable 40 y la impedancia de la carga relativamente alta, y en la presente realización esto se logra mediante la conexión de la carga a la estructura de alimentación (cuya impedancia característica es igual a la de la impedancia del generador) a través de un transformador de impedancia proporcionado por dos secciones 92, 94 de línea de transmisión que tienen diferentes impedancias características para proporcionar una transición entre la característica de baja impedancia de la estructura de alimentación coaxial y la carga de alta impedancia. La estructura coincidente 92 tiene un conductor interno proporcionado por el elemento conductor 52, que tiene un diámetro relativamente grande, y está separada de un conductor externo proporcionado por el manguito conductor 50 mediante dos espaciadores dieléctricos 56. Tal como puede verse en la figura 2, la separación entre los conductores interior y exterior 52, 50 es relativamente pequeña, como resultado de lo cual la estructura coincidente 92 tiene una característica de impedancia relativamente baja (en la región de 8 Ω en esta realización). La estructura coincidente 94 tiene un conductor interno proporcionado por el elemento conductor 54, y un conductor externo proporcionado por el manguito 50. El conductor interno proporcionado por el elemento conductor 54 tiene un diámetro significativamente menor que el elemento conductor 52, y la separación relativamente grande entre los conductores interior y exterior 50, 54 resulta en una característica de impedancia relativamente alta (80 Ω) de la estructura coincidente 94.

Eléctricamente, y cuando está funcionando, el instrumento puede considerarse como cuatro secciones de diferentes impedancias conectadas en serie: la impedancia Z_F de la estructura de alimentación proporcionada por el cable coaxial 40, la impedancia de la estructura de transición proporcionada por las dos estructuras coincidentes conectadas en serie 92, 94 de línea de transmisión, con impedancias Z_{92} y Z_{94} , respectivamente, y la impedancia Z_L de la carga proporcionada por el plasma que se forma en la región del electrodo de aguja 60. Donde cada una de las secciones 92, 94 de la estructura coincidente tiene una longitud eléctrica igual a un cuarto de la longitud de onda a 2450 MHz, se aplica la siguiente relación entre las impedancias cuando la impedancia de la carga y la estructura de alimentación coinciden:

$$Z_L / Z_F = Z_{94}^2 / Z_{92}^2$$

La impedancia Z_L de la carga que se suministra al generador por el plasma se encuentra en la región de 5 k Ω ; la impedancia característica Z_F del cable coaxial 40 es de 50 Ω , lo que significa que la proporción de $Z_{94}^2 / Z_{92}^2 = 100$ y así $Z_{94} / Z_{92} = 10$. Los valores prácticos se han encontrado que son 80 Ω para Z_{94} , la impedancia de la sección de la estructura coincidente 94, y 8 Ω para Z_{92} , la impedancia de la sección de la estructura coincidente 92.

El requisito de que cada una de las estructuras coincidentes 92, 94 sea de un cuarto de longitud de onda de largo es una parte inherente del proceso de coincidencia. Su importancia radica en que, en cada una de las interfaces entre las diferentes impedancias características habrá reflexiones de las ondas electromagnéticas. Al hacer las secciones 92, 94 con un cuarto de longitud de onda de largo, por ejemplo, las reflexiones en la interfaz entre la estructura de alimentación coaxial 40 y la sección 92 estarán en fase contraria con las reflexiones en la interfaz entre la sección 92 y la sección 94, y así interferirán destructivamente; lo mismo se aplica a las reflexiones en las interfaces entre las secciones 92 y 94, por un lado y las reflexiones en la interfaz entre la sección 94 y la carga en el otro. La interferencia destructiva tiene el efecto de minimizar las pérdidas de energía debidas a las ondas reflejadas en las interfaces entre impedancias diferentes, siempre que las reflexiones netas de las ondas electromagnéticas que tienen un ángulo de fase nominal de 0 radianes son de igual intensidad que las reflexiones netas que tienen un ángulo de fase nominal de π radianes (una condición que se cumple mediante la selección de valores de impedancia adecuados para las diferentes secciones 92, 94).

Con referencia ahora a la figura 4, un generador usado en conjunción con el instrumento descrito anteriormente comprende una unidad de suministro de energía 100, que recibe una entrada de red de corriente alterna y produce una tensión constante de CC a través de un par de terminales de salida 102, que están conectados a un amplificador de energía de estado sólido de ganancia fija 104. El amplificador de energía 104 recibe una señal de entrada desde un oscilador sintonizable 106 a través de un atenuador variable 108. El amplificador de energía 104, el oscilador sintonizable 106, y el atenuador variable 108 pueden ser considerados como un dispositivo de salida de energía

de CA. El control de la frecuencia de oscilación del oscilador, y el atenuador 108 se realiza por medio de salidas de tensión V_{tune} y V_{gain} desde un controlador 110 (cuyo funcionamiento se describe posteriormente con más detalle) en dependencia de las señales de retroalimentación, y señales de entrada de una interfaz de usuario 112. La salida del amplificador 104 pasa a través de un dispositivo de circulación 114, y luego de forma secuencial a través de acopladores direccionales de salida y retorno 116, 118 que junto con los detectores 120, 122 proporcionan una indicación de la salida de energía P_{out} mediante el generador y la energía reflejada P_{ref} de vuelta al generador, respectivamente. La potencia reflejada de vuelta al generador pasa a través del dispositivo de circulación 114 que dirige la energía reflejada en una resistencia atenuante 124, cuya impedancia se elige de modo que proporciona una buena coincidencia con la estructura de alimentación 40 (es decir, 50Ω). La resistencia de atenuación tiene la función de disipar la energía reflejada, y lo hace mediante la conversión de la energía reflejada en calor.

El controlador 110 recibe señales de entrada I_{user} , P_{out} , P_{ref} , G_{flow} de la interfaz de usuario, los detectores de potencia de salida y reflejado 120, 122 y un regulador de flujo de gas 130, respectivamente, este último controlando la velocidad de suministro de nitrógeno. Cada una de las señales de entrada pasa a través de un convertidor analógico a digital 132 y a un microprocesador 134. El microprocesador 134 opera, a través de un convertidor digital a analógico 136 para controlar el valor de los tres parámetros de control de salida: V_{tune} que controla la frecuencia de salida de ajuste del oscilador 106; V_{gain} que controla el grado de atenuación en el atenuador variable 108 y, por lo tanto, efectivamente la ganancia del amplificador 104, G_{flow} la tasa de flujo de gas a través del instrumento, con el objetivo de optimizar el rendimiento del sistema. Esta optimización incluye el ajuste de la salida del oscilador 106 a la frecuencia más eficiente de funcionamiento, es decir, la frecuencia con la que se transfiere más energía en el plasma. El oscilador 106 puede generar señales de salida en todo el ancho de banda ISM de 2400-2500 MHz. Para lograr la optimización de la frecuencia operativa, en el encendido del sistema, el microprocesador 134 ajusta la salida V_{gain} para hacer que el atenuador reduzca la potencia de salida del generador a un nivel extremadamente bajo, y barre la salida de voltaje de ajuste de frecuencia V_{tune} desde su nivel más bajo al nivel más alto, haciendo que el oscilador barra en correspondencia a través de su ancho de banda de salida 100 MHz. Los valores de potencia reflejada P_{ref} se registran mediante el microprocesador 134 en todo el ancho de banda del oscilador, y la figura 5 muestra una relación típica entre la frecuencia de salida del generador y la potencia reflejada P_{ref} . Puede verse en la figura 5 que el nivel más bajo de la energía reflejada se produce a una frecuencia f_{res} , que corresponde a la frecuencia de resonancia de la estructura de resonancia en el instrumento 16. Después de haber determinado desde un barrido de frecuencias de baja potencia inicial el valor de la frecuencia más eficiente en el cual la energía puede suministrarse al electrodo, el microprocesador a continuación sintoniza la frecuencia de salida del oscilador a la frecuencia f_{res} . En una modificación, el controlador es operable a través de una señal de demanda desde la interfaz de usuario (la señal de demanda siendo por un usuario a través de la interfaz de usuario) para realizar un barrido de frecuencia inicial antes de la conexión del instrumento 16 al generador. Esto permite que el controlador asigne la estructura de alimentación entre el dispositivo de salida de energía y el instrumento para tener en cuenta el efecto de los desajustes entre secciones independientes de la estructura de alimentación, etc., que tienen un efecto sobre la atenuación de la energía en diferentes frecuencias. Esta asignación de frecuencia a continuación se puede utilizar por el controlador 110 para asegurar de que sólo tiene en cuenta las variaciones en la atenuación de la energía con una frecuencia que no están endémicamente presente como resultado de los componentes del generador y/o la estructura de alimentación entre el generador y el instrumento.

La salida de potencia de funcionamiento del dispositivo de salida de potencia se ajusta de conformidad con la señal de entrada I_{user} al controlador 110 desde la interfaz de usuario 112, y que representa un nivel de potencia demandada ajustado en la interfaz de usuario 112 por parte de un operador. Los diferentes posibles modos de control del generador dependerán de la interfaz de usuario 112, y más particularmente, de las opciones de la interfaz de usuario que están programadas para dar a un usuario. Por ejemplo, tal como se mencionó anteriormente, hay una serie de parámetros que pueden ajustarse para lograr diferentes efectos del tejido, tal como el nivel de potencia, el caudal de gas, la duración del período de tiempo (la anchura del pulso de tratamiento) para los que el instrumento está en funcionamiento para generar plasma sobre una región particular de la piel, y la distancia entre la abertura en el extremo distal del instrumento 16 y el tejido. La interfaz de usuario 112 ofrece al usuario una serie de modos alternativos de control, cada uno de los cuales permitirá al usuario controlar el sistema de acuerdo con criterios de demanda diferentes. Por ejemplo, un modo de operación preferido es uno que imita el control operativo de aparatos de rejuvenecimiento láser, ya que este tiene la ventaja de ser fácilmente entendido por los que actualmente ejercen en el campo de rejuvenecimiento de la piel. En el modo de rejuvenecimiento láser, la interfaz de usuario invita a un usuario a seleccionar un nivel de suministro de energía por unidad de superficie (conocido en la técnica como "fluencia") por pulso del instrumento. Cuando se opera en este modo, el microprocesador ajusta V_{gain} para que el dispositivo de salida de potencia tenga una potencia de salida constante preestablecida, típicamente en la región de 160 W, y la señal de entrada I_{user} desde el usuario se convierte en un período de tiempo demandado representado por la anchura del pulso, calculado a partir de la energía requerida por pulso de tratamiento y el nivel constante de potencia de salida. Sin embargo, la señal de tensión V_{gain} también se utiliza para encender y apagar la salida del generador de acuerdo con las señales de entrada I_{user} desde la interfaz de usuario. Así, por ejemplo, cuando el usuario presiona un botón en el mango del instrumento (no representado), una señal enviada por la interfaz de usuario 112 al microprocesador 134, que entonces opera para producir un pulso de una anchura predeterminada (por ejemplo, 20 ms) alterando V_{gain} desde su ajuste en reposo, en el que la salida del atenuador 108 es tal que no hay virtualmente señal

del amplificador 104 para amplificar, y la salida del generador es despreciable, a un valor correspondiente a la potencia de salida constante predeterminada para un período de tiempo igual a la anchura del pulso exigido. Esto tendrá el efecto de modificar la salida del amplificador desde su nivel de reposo al nivel de salida de potencia constante preestablecido durante un período de tiempo igual a la anchura del pulso exigido, y en última instancia, de

5 crear un plasma para este período de tiempo. Al alterar la anchura del pulso de acuerdo con datos del usuario, los pulsos de energía seleccionados pueden entregarse, típicamente, en el intervalo entre 6 ms y 20 ms. Estos pulsos se pueden entregar en una base de “un disparo” o como un tren continuo de pulsos a una frecuencia de pulsos predeterminada.

10 El área superficial sobre la que se entrega la energía típicamente será una función de la geometría del instrumento, y esto puede ser introducido en la interfaz de usuario de diferentes maneras. En una realización, la interfaz de usuario almacena los datos del área superficial para cada geometría diferente del instrumento que se puede utilizar con el generador, y el instrumento en la operación se identifica manualmente por el usuario en respuesta a una petición por la interfaz de usuario 112, o se identifica automáticamente en virtud de un artefacto de identificación en el instrumento

15 que es detectable por el regulador (que puede requerir una conexión entre el controlador y el instrumento). Además, el área superficial también será una función de la distancia de la abertura del instrumento 82 desde el tejido, ya que cuanto mayor sea la separación del refrigerador del plasma mayor será el tiempo en que alcanza la superficie, y también, en función de la geometría del instrumento, el instrumento puede producir un haz divergente. Los instrumentos pueden operarse con una distancia de separación fija, por ejemplo, en virtud de un espaciador conectado con el extremo distal del instrumento, en cuyo caso los datos del área superficial dentro de la interfaz de usuario tendrán en cuenta de forma automática la distancia de separación. Alternativamente, los instrumentos pueden ser operados con una distancia de separación variable, en cuyo caso la distancia de separación debe medirse, y enviarse de nuevo al controlador para que pueda tenerse en cuenta en el cálculo del área superficial.

25 Otro parámetro que puede afectar a la energía por unidad de área es el caudal de gas, y en una realización preferida, el controlador preferentemente contiene una tabla de visión 140 del caudal G_{flow} respecto a la potencia de salida del generador P_{out} para una variedad de niveles de potencia de salida constantes, y el caudal para un nivel de potencia de salida dada se ajusta en consecuencia. En una modificación adicional, el caudal de gas se puede ajustar de forma dinámica para tener en cuenta las variaciones en la distancia de separación, por ejemplo, y preferiblemente se apaga entre los pulsos.

30 Tal como se describió anteriormente, para una facilidad de uso óptima en el modo de rejuvenecimiento, el dispositivo de salida de potencia idealmente ofrecerá una potencia de salida constante durante toda la duración de una salida, ya que esto facilita un fácil control de la salida total de energía en un pulso determinado. Con una salida de potencia constante, el controlador es capaz de controlar la energía total entregada por impulso simplemente activando el dispositivo de salida de potencia (mediante la señal V_{gain}) para un período de tiempo predeterminado, calculado sobre la base del nivel de salida de potencia. Sin embargo, en la práctica, puede ser el caso de que la potencia de salida varíe de forma significativa respecto a la precisión que en la que se requiere para determinar la energía total entregada por impulso de salida. En este caso, el microprocesador está programado para controlar la potencia de salida mediante la integración de P_{out} (desde el detector 120) respecto al tiempo, y apagar el dispositivo de salida de potencia mediante la alteración de V_{gain} para devolver el atenuador variable 108 a su ajuste en reposo.

35 Una complicación adicional en el control de la operación del sistema se plantea porque la creación de un plasma en la abertura 80 significa en términos eléctricos simplistas la ampliación de la longitud del electrodo de aguja 60, ya que el plasma está compuesto de moléculas ionizadas, y por lo tanto, conductoras. Esto tiene el efecto de reducir la frecuencia de resonancia de la estructura de resonancia, de modo que la salida del generador óptimo en el cual la potencia se puede suministrar en el instrumento con el fin de obtener un plasma que es diferente a la frecuencia óptima en la que la potencia puede entregarse en un plasma existente. Para hacer frente a esta dificultad, el microprocesador 134 es programado continuamente para ajustar la salida del oscilador durante la operación del sistema.

40 En una modalidad preferida, se emplea la técnica de “oscilación”, por el que el microprocesador 134 hace que la salida del oscilador momentáneamente genere salidas a las frecuencias de 4 MHz por debajo y por encima de la frecuencia de la corriente de salida, y luego toma muestras, a través del detector de potencia reflejada 122 la atenuación de la potencia en esas frecuencias. En el caso de que se atenúe más potencia en una de esas frecuencias que en la frecuencia actual de operación, el microprocesador resintoniza la salida del oscilador a esa frecuencia en la que se produjo una mayor atenuación de la potencia, y luego se repite el proceso. En un modo adicional preferido de operación, el microprocesador 134 registra la magnitud del cambio en la frecuencia de resonancia cuando se forma un plasma, y en pulsos posteriores, cambia la frecuencia del oscilador 106 correspondiente cuando el sistema está fuera de sintonía (es decir, cuando se forma un plasma), con lo cual se emplea entonces la técnica de oscilación. Esto tiene la ventaja de proporcionar una resintonización más rápida del sistema una vez que se forma un

55 plasma por primera vez.

60 Tal como se mencionó anteriormente, en la realización mostrada en la figura 4, el amplificador 104 se ajusta típicamente para producir alrededor de 160 vatios de potencia de salida. Sin embargo, no todo esto se entrega en el plasma. Típicamente, la potencia también se pierde por radiación desde el extremo del instrumento en forma de

ondas electromagnéticas, de la reflexión en las conexiones entre los cables, y en forma de pérdidas dieléctricas y conductoras (es decir, la atenuación de la potencia dentro de los dieléctricos que forman parte de la línea de transmisión). En el diseño del instrumento de las figuras 2 y 3, es posible tomar ventaja de las pérdidas dieléctricas en virtud de la alimentación del gas a través de los conductos anulares 38A, B, de las secciones 92, 94 de la estructura de coincidencia de impedancia; de esta manera, las pérdidas dieléctricas de potencia en el gas sirven para calentar el gas, haciéndolo más susceptible a la conversión en un plasma.

Con referencia ahora a la figura 6, en una modificación del instrumento 14 que se muestra en las figuras 2 y 3, una tapa de extremo 84, hecho de material conductor, se añade al extremo distal del instrumento 14. La tapa está conectada eléctricamente al manguito 50 y es, por lo tanto, parte del electrodo 70. La provisión de la tapa 84 tiene varios efectos beneficiosos. En primer lugar, ya que el campo eléctrico preferentemente se extiende desde conductor a conductor, y la tapa de extremo 84 efectivamente trae el electrodo 70 más cerca de la punta del electrodo de aguja 60, se cree que su geometría sirve para aumentar la intensidad del campo eléctrico en la región a través de la cual pasa el plasma al ser expulsado del instrumento, acelerando así los iones en el plasma. En segundo lugar, el efecto físico de la tapa de extremo 84 en el plasma es el de dirigir el plasma de una manera más controlada. En tercer lugar, las corrientes de la funda externa del instrumento (es decir, la corriente que viaja hasta la parte externa del instrumento de vuelta hacia el generador) se reducen significativamente con la tapa 84, ya que el electrodo 60, incluso cuando se extiende eléctricamente mediante un plasma, se extiende a una extensión menor más allá del extremo del instrumento, y así se reducen las pérdidas de esta naturaleza.

En una alternativa, y realización más simple del sistema operativo con una frecuencia de salida en el rango de 2450 MHz, se puede emplear un dispositivo de salida de potencia capaz de entregar más potencia de manera significativa que un amplificador de estado sólido. Con una mayor potencia disponible desde el dispositivo de salida de potencia, el ajuste de tensión requerida es más bajo y así disminuye el papel desempeñado por las estructuras resonantes (por ejemplo).

En consecuencia, y haciendo referencia ahora a la figura 7, un generador alternativo tiene un suministro de corriente alterna de alta tensión rectificadas 200 conectado a un dispositivo de radiofrecuencia de energía termoiónica, en este caso a un magnetrón 204. El magnetrón 204 contiene un calentador de filamento (no mostrado) unido al cátodo 204C del magnetrón que actúa para liberar electrones desde el cátodo 204C, y que se controla mediante una fuente de alimentación de filamentos 206; cuanto mayor es la potencia suministrada al calentador de filamentos, más caliente se vuelve el cátodo 204C y, por lo tanto, mayor es el número de electrones suministrados al interior del magnetrón. El magnetrón puede tener un imán permanente para crear un campo magnético en la cavidad que rodea al cátodo, pero en esta realización tiene un electroimán con una serie de bobinas (no mostrado) que se suministran con corriente desde una fuente de alimentación del electroimán 208. El ánodo 204A del magnetrón tiene una serie de cámaras de resonancia 210 dispuestas en una disposición circular alrededor del cátodo 204C y su cavidad anular asociada. Los electrones libres desde el cátodo 204C son acelerados radialmente hacia el ánodo 204A bajo la influencia del campo eléctrico creado en el cátodo 204C mediante el suministro de alta tensión 200. El campo magnético desde el electroimán (no mostrado) acelera los electrones en una dirección perpendicular a la del campo eléctrico, como consecuencia de lo cual los electrones ejecutan una trayectoria curvada desde el cátodo 204C hacia el ánodo 204A, donde proporcionan su energía a una de las cámaras de resonancia 210. La potencia se toma desde las cámaras de resonancia 210 mediante una estructura de acoplamiento adecuada al terminal de salida. La operación de los dispositivos de salida de potencia del magnetrón se entiende bien por sí misma y no se describen con más detalle aquí. Al igual que con el generador de la figura 4, se puede proporcionar un dispositivo de circulación (que no se muestra en la figura 7) y acopladores direccionales.

El dispositivo de salida de potencia de tipo magnetrón es capaz de generar substancialmente más energía que el dispositivo de salida de potencia de estado sólido de la figura 4, pero es más difícil de controlar. En términos generales, la potencia de salida del magnetrón aumenta: (a) al aumentar el número de electrones que pasan desde el cátodo al ánodo, (b) cuando aumenta la tensión de alimentación al cátodo (dentro de una banda de tensión relativamente estrecha); (c) y con un aumento del campo magnético en el magnetrón. La alimentación de alta tensión 200, la fuente de filamentos 206 y la fuente electromagnética 208 están, por lo tanto, todas controladas desde el controlador de acuerdo con la configuración de entrada de la interfaz de usuario, como en el caso del dispositivo de salida de potencia de estado sólido del amplificador. Como el magnetrón es más difícil de controlar, es menos sencillo obtener una potencia uniforme en toda la duración de un pulso de tratamiento (pulso de potencia de salida). En un método de control, por lo tanto, el controlador opera mediante la integración de la potencia de salida respecto al tiempo y apagando el suministro de alta tensión 200 (cerrando así el magnetrón) cuando se ha entregado el nivel requerido de potencia, tal como se ha descrito anteriormente. Alternativamente, la salida de la fuente del cátodo se puede monitorizar y controlar para proporcionar un control de la potencia de salida mediante el control de la corriente suministrada, siendo la corriente del cátodo/ánodo proporcional a la potencia de salida.

Otro generador alternativo y que utiliza un magnetrón como dispositivo de salida de energía se describirá ahora con referencia a la figura 8. Al igual que en el generador de la figura 7, la potencia para el magnetrón 204 se suministra en dos formas, primero como una corriente continua de alta tensión 200P para el cátodo y como una fuente de fila-

mentos 206P para el calentador del cátodo. Estas entradas de energía se derivan, en esta realización, a partir de una unidad de suministro de energía 210 que tiene una tensión de entrada de la red 211. Una primera salida de la unidad 210 es una salida de corriente continua de nivel intermedio 210P en la región de 200 a 400 V de corriente continua (específicamente 350V de corriente continua, en este caso) que se alimenta a un convertidor de corriente continua en la forma de una unidad inversora 200, que multiplica la tensión intermedia a un nivel superior a 2 kV de corriente continua, en este caso en la región de 4 kV.

La fuente de filamentos 206 también se alimenta mediante la unidad de suministro de energía 210. Tanto la alimentación de alta tensión representada por la unidad inversora 200 y la fuente de filamentos 206 se acoplan a un controlador de la CPU 110 para controlar la potencia del magnetrón 204 de una manera que se describirá a continuación.

Una interfaz de usuario 112 se acopla al controlador 110 con el fin de establecer el modo de salida de energía, entre otras funciones.

El magnetrón 204 funciona en la banda UHF, típicamente a 2,475 GHz, produciendo una salida en la línea de salida 204L que alimenta a una etapa de transición de alimentación 213 convirtiendo la salida del magnetrón de guía de onda en un alimentador coaxial de 50 Ω , proporcionándose también aislamiento de baja frecuencia corriente alterna mediante esta etapa. A continuación, el dispositivo de circulación 114 proporciona una impedancia de carga constante de 50 Ω para la salida de la etapa de transición de alimentación 213. Además de un primer puerto acoplado a la etapa de transición 213, el dispositivo de circulación 114 tiene un segundo puerto 114A acoplado a una etapa de aislamiento UHF 214 y, por lo tanto, al terminal de salida 216 del generador. Un tercer puerto 114B del dispositivo de circulación 114 pasa la potencia reflejada de vuelta desde la salida del generador 216 a través del puerto 114A a un amortiguador de potencia reflejada resistiva 124. Las conexiones de detección de la potencia directa y reflejada 116 y 118 están, en esta realización, asociadas con el primer y tercer puerto de circulación 114A y 114B, respectivamente, para proporcionar señales de detección para el controlador 110.

El controlador 110 también aplica a través de la línea 218 una señal de control para la apertura y el cierre de una válvula de suministro de gas 220, de modo que el gas nitrógeno se suministra desde la fuente 130 a una salida de suministro de gas 222. Un instrumento de tratamiento de tejido (que no se muestra en la figura 8) conectado al generador tiene un cable de conexión coaxial de baja pérdida para la conexión a la salida de UHF 216 y un conducto de suministro para la conexión a la salida de suministro de gas 222.

Es importante que el efecto producido sobre el tejido sea tanto controlable como consistente, lo que significa que la energía entregada a la piel debe ser controlable y consistente durante el tratamiento. Para el tratamiento de otras superficies de tejido o piel, es posible que el sistema permita una cantidad controlada de energía para ser entregada a una pequeña región en un momento, típicamente una región circular con un diámetro de aproximadamente 6 mm. Tal como se mencionó anteriormente, para evitar efectos térmicos indeseados a una profundidad mayor que la requerida, se prefiere que se use un suministro de plasma de potencia relativamente alta, pero pulsado para el tratamiento rápido a una profundidad limitada. Una vez que se trata una región pequeña, típicamente con una sola ráfaga de energía de radiofrecuencia de menos de 100 ms de duración (un solo "pulso de tratamiento"), el usuario puede mover el instrumento a la siguiente región de tratamiento antes de aplicar la energía otra vez. Alternativamente, una pluralidad de pulsos se puede entregar a un ritmo predeterminado. La previsibilidad y la consistencia del efecto se pueden lograr si la energía suministrada a los tejidos por impulso es controlada y consistente para un ajuste de control determinado en la interfaz de usuario. Por esta razón, el generador preferido produce una potencia de salida conocida y activa y desactiva la salida de energía de radiofrecuencia de manera precisa. Generalmente, los pulsos de tratamiento son mucho más cortos que 100 ms, por ejemplo, menor de 30ms de duración, y pueden ser tan cortos como 2 ms. Cuando se repiten, la velocidad de repetición es típicamente en el rango de 0,5 o de 1 a 10 o 15 GHz.

La aplicación principal para dispositivos de magnetrón es para el calentamiento dieléctrico. El control de la potencia se produce al promediar el tiempo y, comúnmente, el dispositivo funciona en un modo discontinuo en la frecuencia de la red (50 ó 60 Hz). Un circuito de conmutación de red se aplica a la bobina principal del transformador de ajuste, cuya bobina secundaria se aplica a los terminales del cátodo y del ánodo del magnetrón. Comúnmente, además, la fuente de alimentación de filamentos se toma desde una bobina auxiliar secundaria del transformador de ajuste. Esto produce la penalización de que las respuestas transitorias del calentador y las cargas del cátodo-ánodo son diferentes; el calentador puede tener un tiempo de calentamiento de diez a treinta segundos, mientras que la respuesta del ánodo-cátodo es inferior a 10 μ s, proporcionando niveles impredecibles de potencia de salida después de una ruptura significativa. Debido al suministro de potencia discontinua en la frecuencia de la red, la entrega de potencia máxima puede ser de tres a seis veces la entrega de potencia media, dependiendo de los elementos de uniformidad de corriente en el suministro eléctrico. Se apreciará a partir de lo indicado anteriormente que tal operación de un magnetrón es inadecuada para el rejuvenecimiento del tejido. La unidad de suministro de energía del generador preferida proporciona un suministro de energía continuo para el dispositivo de energía de radiofrecuencia (es decir, el magnetrón, en este caso), que es interrumpido sólo por las aplicaciones de los pulsos de tratamiento. En la práctica, los pulsos de tratamiento se inyectan en una etapa de suministro de energía que tiene una fuente continua

de corriente continua de, por ejemplo, por lo menos 200 V. El dispositivo de circulación UHF acoplado a la salida del magnetrón se suma a la estabilidad proporcionando una carga de impedancia constante.

5 En el generador que se ilustra en la figura 8, se logra la capacidad de control y la consistencia del efecto deseados, en primer lugar, mediante el uso de una fuente de filamentos independiente. El controlador 110 es operado para energizar el calentador del magnetrón que luego deja que llegue a un estado de equilibrio antes del accionamiento del suministro de alta tensión al cátodo del magnetrón.

10 En segundo lugar, la cadena de suministro de energía de alta tensión evita la dependencia de filtrado pesado y forma parte de un bucle de control de corriente del magnetrón que tiene una respuesta más rápida que los circuitos de control usando grandes capacitancias de filtro de derivación. En particular, la cadena de suministro de energía incluye, tal como se ha explicado con referencia a la figura 8, una unidad de inversión que proporciona una fuente de corriente controlable continua aplicada a alta tensión a los terminales del ánodo y el cátodo del magnetrón. Para una máxima eficiencia, la fuente de corriente es proporcionada por una fuente de alimentación conmutada que opera en un modo de corriente continua. Una serie de inductancia de equilibrado de corriente en el suministro del inversor se alimenta desde un dispositivo regulador directo. Con referencia a la figura 9, que es un diagrama de circuito simplificado, el regulador directo comprende un MOSFET 230, el inductor de equilibrado de corriente 232 (aquí en la región de 500 μ M), y un diodo 234. El regulador directo, tal como se muestra, está conectado entre el raíl de corriente continua de 350 V de la salida de la fuente de alimentación 210P (ver la figura 8) y una disposición de puente de cuatro MOSFETs de conmutación 236 a 239, formando una fase de inversor. Estos transistores 236 a 239 están conectados en un puente H y son operados en fase contraria, con tiempos de activación ligeramente superior al 50% para garantizar una corriente de suministro continua de la bobina primaria 240P del transformador de ajuste 240. Un puente rectificador 242 acoplado a través de la bobina secundaria 240F y un condensador de equilibrado relativamente pequeño 244, que tiene un valor menor o igual a 220 μ S proporciona el suministro de alta tensión requerido 200P para el magnetrón.

Al pulsar el transistor directo 230 como dispositivo de conmutación a una frecuencia significativamente mayor que la frecuencia de repetición de los pulsos de tratamiento, que es típicamente entre 1 y 10 Hz o 15 Hz, y debido al efecto del inductor 232, se puede proporcionar una entrega de corriente continua con una potencia superior a 1 kW para el magnetrón dentro de cada pulso de tratamiento. El nivel actual se controla mediante el ajuste de la relación del espacio con la señal de los pulsos de accionamiento aplicados a la puerta del transistor directo 230. El mismo terminal de la puerta se utiliza, en este caso, en combinación con un cierre de los pulsos de accionamiento a los transistores de la etapa del inversor, para desactivar el magnetrón entre los pulsos de tratamiento.

35 Se apreciará por el experto en la materia que los componentes individuales indicados en esta descripción, por ejemplo, transistores, inductores y condensadores simples, se podrán sustituir por tales múltiples componentes, según los requisitos de manejo de potencia, y así sucesivamente. También se pueden utilizar otras estructuras equivalentes.

40 La frecuencia de pulsos de los pulsos de accionamiento del transistor directo es preferiblemente superior a 16 kHz para inaudabilidad (así como para la respuesta de bucle de control y rizado de corriente mínima) y preferiblemente entre 40 kHz y 150 kHz. Ventajosamente, los transistores del inversor 236 a 239 se pulsan dentro de los mismos rangos de frecuencia, preferiblemente a la mitad de la frecuencia de la consistencia del transistor directo entre los ciclos medio sucesivos aplicados al transformador de ajuste 240.

45 El transformador 240 tiene preferentemente un núcleo de ferrita, y tiene una relación de vueltas de 2:15.

50 Tal como se aprecia en la figura 10, que muestra la tensión de salida en la salida 200P y la salida potencia del magnetrón al comienzo de un pulso de tratamiento, la puesta en marcha se puede lograr en un tiempo relativamente corto, típicamente menor de 300 μ s, dependiendo del valor del condensador 244. El tiempo de desconexión es generalmente considerablemente más corto. Esto da la ventaja de que la longitud del pulso de tratamiento y, en consecuencia, la energía entregada por impulso de tratamiento (típicamente 2-6 julios) no se ve afectada prácticamente por las limitaciones en el suministro de energía para el magnetrón. La alta eficiencia (típicamente del 80%) se puede alcanzar para la conversión de una tensión de alimentación de cientos de voltios (en raíles de suministro 228 y 229) a la salida de alta tensión 200P (ver la figura 9).

60 El control constante del nivel de potencia de salida del magnetrón, con respuesta rápida a las cambiantes condiciones de carga, ahora se puede lograr usando el control de retroalimentación de la relación entre espacio y la marca de los pulsos de accionamiento al transistor directo 230. Como la salida de potencia del magnetrón depende principalmente de la corriente del ánodo al cátodo, el control del suministro de energía se basa actualmente en servos. Estos incluyen un bucle de control que genera una tensión de error a partir de una diferencia multiplicada de ganancia entre la corriente del ánodo al cátodo medida y una demanda de corriente dependiente de la potencia de salida preestablecida. El error de tensión se compensa con la corriente del inductor de almacenamiento y la diferencia multiplicada de ganancia determina la relación entre la marca y el espacio de los pulsos de accionamiento suminis-

trados al transistor directo 230, tal como se muestra en los diagramas del bucle de control de las figuras 11 y 12.

Una acción servo basada en la corriente también se prefiere para permitir la compensación del envejecimiento del magnetrón provocando un aumento de la impedancia del ánodo al cátodo. En consecuencia, los niveles de entrega de potencia requeridos se mantienen hasta el fallo del magnetrón.

Con referencia a las figuras 8 y 11, las variaciones en la potencia del magnetrón respecto a la corriente del ánodo/cátodo, por ejemplo, debido al envejecimiento del magnetrón, se compensan en el controlador 110 para la comparación de una muestra de potencia de entrada 250 (obtenida en la línea 116 en la figura 8) con una señal de referencia de potencia 252 en el comparador 254. La salida del comparador se utiliza como señal de referencia 256 para establecer la corriente del ánodo del magnetrón, aplicándose esta señal de referencia 256 a los elementos del controlador 110 estableciendo el ciclo de trabajo de los pulsos de accionamiento al transistor directo 230 (figura 9), representado generalmente como el bloque de la "fuente de alimentación principal del magnetrón" 258 en la figura 11.

Con referencia a la figura 12, ese bloque de la fuente de alimentación principal 258 tiene bucles de control exterior e interior 260 y 262. La señal de referencia de la corriente del ánodo 256 se compara en el comparador 264 con una medición real 266 de la corriente suministrada al ánodo del magnetrón para producir una tensión de error V_{error} . Esta tensión de error pasa a través de una etapa de ganancia 268 en el controlador 110 y produce una modulación de ancho de pulso (PWM) de la señal de referencia en una entrada 270 a un comparador adicional 272, donde se compara con una representación 274 de la corriente real en la bobina primaria del transformador de ajuste (ver la figura 9). Esto produce una señal de control modificada (PWM) en la línea 276, que se alimenta a la puerta del transistor directo 230 visto en la figura 9, regulando así el transformador de corriente primario a través de la operación de la etapa directa 278.

El bucle interno 262 tiene una respuesta muy rápida, y controla la corriente del transformador primario en cada ciclo de la forma de onda de pulso de accionamiento de 40 kHz alimentada al terminal de la puerta 276 del transistor directo 230. El bucle externo 260 opera con un tiempo más largo durante cada pulso de tratamiento para controlar el nivel de la corriente del ánodo/cátodo del magnetrón. Se verá que el efecto combinado de los tres bucles de control que aparece en las figuras 11 y 12 es un control consistente y preciso de la corriente del ánodo y la potencia de salida en un amplio rango de periodos de tiempo, es decir, se logra la regulación de potencia de salida a corto y largo plazo.

El ajuste de la potencia real aplicada a la entrada de demanda UHF 252 del bucle de control más externo, tal como se muestra en la figura 11, depende de la selección del usuario para la severidad del tratamiento. La profundidad del efecto se puede controlar mediante el ajuste de la duración de los pulsos del tratamiento, siendo de 6 a 20 ms un rango típico.

La conexión de control entre el controlador 110 y la alimentación de alta tensión aparece en la figura 8 como canal de control y retroalimentación 280.

También es posible controlar el calentador de corriente por mediante una línea de demanda/retroalimentación 282, por ejemplo, para obtener la temperatura preferida del calentador en estado estacionario.

En el caso del magnetrón que tiene un electroimán, la variación de la intensidad del campo magnético aplicado a la cavidad del magnetrón proporciona otra variable de control (tal como se muestra en la figura 8), por ejemplo, debe reducir los niveles de potencia continua que se requieren.

La pérdida de retorno monitorizada por la línea 116 en la figura 8 es una medida de cuánta energía refleja la carga de vuelta al generador. En coincidencia perfecta del generador con la carga, la pérdida de retorno es infinita, mientras que un circuito abierto o carga de cortocircuito produce una pérdida de retorno igual a cero. El controlador, por lo tanto, puede emplear una salida de detección de pérdida de retorno en la línea 116 como medio de determinar la coincidencia de la carga, y en particular como medio de identificación de un instrumento o fallo del cable. La detección de este fallo se puede utilizar para apagar el dispositivo de potencia de salida, en el caso del magnetrón 204.

La etapa de aislamiento UHF 214 que se muestra en la figura 8 se ilustra con más detalle en la figura 13. Esta etapa de aislamiento, que es aplicable generalmente a dispositivos de rejuvenecimiento de tejido que funciona en frecuencias en la rango UHF y hacia arriba, tiene una sección de guía de onda 286 y, en la sección de guía de onda, sondas de lanzador y colector óhmicamente separadas 288, 290 para la conexión al dispositivo de alimentación de radiofrecuencia (en este caso el magnetrón) y una salida, específicamente el conector de salida 216 que se muestra en la figura 8 en el presente caso. En el presente ejemplo, la sección de guía de onda es cilíndrica y tiene tapas de extremo 292 en cada extremo. El aislamiento de corriente continua se proporciona mediante la formación de la sección de guía de onda 286 en dos porciones que encajan entre sí 286A, 286B, una porción que encaja dentro y se solapa con la otra porción con una capa dieléctrica aislante 294 entre las dos porciones en la región de superposición. Co-

nectores adecuados, aquí los conectores coaxiales 296, se montan en la pared de la sección de guía de onda para la alimentación de energía de radiofrecuencia a y desde la sonda 288, 290.

5 Como alternativa, la guía de onda puede ser rectangular en sección transversal o puede tener otra sección transversal regular.

10 Cada sonda 288, 290 es una sonda de campo E colocada dentro de la cavidad de la guía de onda como una extensión de su conector coaxial interior del conductor respectivo, siendo el conductor externo eléctricamente continuo con la pared de la guía de onda. En la presente realización, operable en la región de 2,45 GHz, el diámetro de la sección de guía de onda es del orden de 70 a 100 mm, específicamente 86 mm en el presente caso. Estas y otras dimensiones se pueden escalar de acuerdo con la frecuencia de funcionamiento.

15 La longitud de la cavidad interior de la sección de guía de onda entre la sonda 288, 290 es preferiblemente un múltiplo de $\lambda_g/2$, donde λ_g es la longitud de onda de guía dentro de la cavidad. La distancia entre cada sonda y su tapa de extremo más cercana está en la región de un múltiplo impar de $\lambda_g/4$ (en el presente caso 32 mm), y la extensión axial de la superposición entre las dos porciones de la guía de onda 286A, 286B debe ser por lo menos $\lambda_g/4$. Un material de avería de baja pérdida y alta tensión típica para la capa dieléctrica 294 es cinta de poliamida.

20 Se apreciará que la etapa de aislamiento proporciona un grado de filtrado de paso de banda en que el diámetro de la sección de guía de onda impone un límite de frecuencia inferior por debajo del cual las ondas estacionarias no se pueden soportar, mientras que el filtrado de paso alto se proporciona mediante el aumento de las pérdidas con la frecuencia. Las características de filtrado de paso de banda adicional se proporcionan mediante las separaciones relativas de la sonda y las tapas de extremo. Indicar que la longitud deseada de la sección de guía de onda entre las tapas de extremo 292 es de aproximadamente λ_g . Las estructuras de filtro adicionales se pueden introducir en la
25 sección de guía de onda para proporcionar una atenuación preferencial de las señales no deseadas.

La etapa de aislamiento forma una barrera de aislamiento en las frecuencias de corriente continua y corriente alterna son mucho más bajas que la frecuencia de funcionamiento del generador y puede, típicamente, soportar una tensión de 5 kV de corriente continua aplicada entre las dos porciones de la guía de onda 286A, 286B.
30

En frecuencias bajas, la etapa de aislamiento representa un condensador en serie con un valor inferior a 1 μF , evitando una corriente termoiónica o corrientes de fallo simple, que pueden provocar la estimulación de nervios no deseados. Los valores inferiores de la capacitancia se pueden obtener mediante la reducción del grado de solapamiento entre las porciones de sección de guía de onda 286A, 286B, o aumentando la distancia entre las mismas donde se superponen.
35

Reducciones significativas en el tamaño de la etapa de aislamiento se pueden lograr rellenando la cavidad interior con un material dieléctrico que tiene una constante dieléctrica relativa mayor que la unidad.

40 Como alternativa a las sondas de campo E 288, 290 que se ilustran en la figura 13, las ondas se pueden lanzar y recoger usando elementos de campo H en forma de bucles orientados para excitar un campo magnético.

Con referencia ahora a la figura 14, un instrumento para utilizarse con un generador que tiene un dispositivo de salida de potencia de magnetrón comprende, como con el instrumento de las figuras 2, 3 y 6, un eje externo 30, conector 26, cable de alimentación coaxial 40. Una estructura de coincidencia de impedancia de transición incluye una sección de baja impedancia 92 y una sección de alta impedancia 94, y proporciona una coincidencia entre el dispositivo de salida de potencia del generador y la carga proporcionada por el plasma, que se crea en un campo eléctrico entre un electrodo de disco central 160 y un electrodo externo 70 proporcionado por una sección del manguito conductor adyacente al electrodo de disco 160. El gas pasa desde el puerto de entrada 32 y a lo largo de los conductos anulares 38A, B formados entre los conductores internos y externos de las secciones 92, 94 de la estructura coincidente a través del campo eléctrico entre los electrodos 160, 70 y se convierte en un plasma bajo la influencia del campo eléctrico. Un relleno con cuarzo tubular 180 está situado contra el interior del manguito 50, y por lo tanto entre los electrodos 160, 70. El cuarzo es un material dieléctrico de baja pérdida, y el relleno tiene el efecto de intensificar el campo eléctrico entre los electrodos, acerándolos eficazmente, y al mismo tiempo se evita la formación de arcos preferenciales entre los mismos, produciendo así un haz de plasma más uniforme. En esta realización, el electrodo interno 160 es un disco, y se monta directamente sobre el conductor interno 54 de la sección coincidente de alta impedancia, teniendo este último una longitud que, en términos eléctricos, es un cuarto de una longitud de onda de la salida del generador. El electrodo de disco 160, debido a su longitud relativamente pequeña, es decir, cuando se considera en combinación con el electrodo 70 efectivamente un condensador discreto o "concentrado",
55 que, en relación con la inductancia distribuida inherente al conductor interno 54 forma un conjunto eléctrico de resonancia en serie. La forma del electrodo de disco 160 también sirve para difundir el haz de salida de plasma, aumentando así la "huella" del haz en el tejido, esto puede ser deseable en el rejuvenecimiento de la piel, ya que significa que una determinada área de tejido puede tratarse con menos "éxitos" que el instrumento. El ajuste de la tensión que se produce en esta estructura de resonancia es menor en el instrumento de esta realización que con el instru-
60

mento de las figuras 2, 3 y 6, así el paso de la tensión de salida del generador en los electrodos 160, 70 como resultado de la resonancia en el conjunto de resonancia es correspondientemente menor. Una razón para esto es que un dispositivo de salida de potencia del magnetrón produce un nivel de potencia significativamente mayor y una tensión más alta (típicamente 300 Vrms), y por lo tanto no es necesario para proporcionar este paso de alta transformación, y así la Q menor del conjunto de resonancia.

El ajuste de la frecuencia de salida del dispositivo de salida de potencia del magnetrón es difícil. Sin embargo, la frecuencia de resonancia del instrumento se somete a un cambio una vez que se ha alcanzado un plasma como resultado de una disminución de la impedancia de carga (debido a la mayor conductividad del plasma que el aire), de manera que todavía se aplica el problema de la entrega de potencia óptima para la ignición de plasma, por un lado, y el mantenimiento de plasma, en el otro lado. Refiriéndose a la figura 15, la potencia reflejada disipada en el instrumento antes de la ignición del plasma con una frecuencia variable se ilustra mediante la línea 300. Se puede observar que la resonancia en el instrumento se produce a una frecuencia f_{res} , representada gráficamente por un pico agudo, representativo de un factor de calidad Q relativamente alto para la multiplicación de la tensión, o la transformación hacia arriba que se produce dentro del instrumento en la resonancia. La potencia reflejada respecto a la curva característica de frecuencia para el instrumento una vez que el plasma ha sido formado se ilustra mediante la línea 310, y se puede observar que la frecuencia de resonancia del instrumento una vez un plasma se ha creado f_{pls} es menor que antes de la ignición, y que la curva característica tiene un pico mucho más plano, representativo del factor de calidad inferior Q. Como el dispositivo de salida de potencia del magnetrón es relativamente poderoso, un modo preferido de operación consiste en seleccionar una frecuencia de resonancia del instrumento de manera que la frecuencia de salida del dispositivo de salida de potencia del magnetrón es operable tanto en beneficio de la resonancia en el instrumento para lograr un plasma, como también para mantener un plasma.

Con referencia otra vez a la figura 15, el dispositivo de salida de potencia del magnetrón tiene una frecuencia de salida f_{out} de que se encuentra entre las frecuencias de resonancia f_{res} y f_{pls} . La frecuencia f_{out} cambia desde la frecuencia de resonancia f_{res} de la medida de lo posible en la dirección de la frecuencia de resonancia f_{pls} en un intento de optimizar el suministro de energía en el plasma, mientras que se asegura que se produce la resonancia suficiente en el instrumento en f_{out} para lograr un plasma. Este compromiso en la frecuencia de salida del dispositivo de salida de potencia del magnetrón es posible como resultado de la salida de potencia relativamente grande disponible, lo que significa que menos se requiere resonancia significativa dentro del instrumento, ya sea con el fin de lograr un plasma o posteriormente para mantener un plasma, lo que sería el caso con dispositivos de salida potencia menores.

En otra variante, el instrumento está construido de modo que incorpora dos conjuntos de resonancia: uno que es resonante antes de la ignición de un plasma y el otro que es resonante con posterioridad a la ignición, en donde los dos conjuntos de resonancia tienen similar o sustancialmente la misma frecuencia de resonancia. Con un instrumento de este tipo es entonces posible optimizar la entrega de energía para la ignición y el mantenimiento de un plasma en una sola frecuencia. Con referencia ahora a la figura 16, un instrumento 16 tiene un conector 26 en su extremo distal, una estructura de alimentación coaxial 40 que se extiende desde el conector 26 a una estructura de electrodo bipolar que comprende un electrodo interno a modo de varilla 260 y un electrodo externo 70 proporcionado por una sección del manguito externo conductor 50 que se encuentra adyacente al electrodo de varilla 260. Una tapa de extremo conductora 84 define una abertura 80 a través de la cual pasa el plasma, y ayuda a intensificar el campo eléctrico a través del cual pasa el plasma, aumentando así la facilidad de entrega de potencia en el plasma. La impedancia característica de la sección de la línea de transmisión formada por la estructura del electrodo 260, 70 se elige para proporcionar una coincidencia entre el dispositivo de salida de potencia y la carga proporcionada por el plasma. Tal como se explicará posteriormente, se cree que la carga de plasma en esta realización tiene una impedancia más baja que en realizaciones anteriores, que por lo tanto hacen la coincidencia más fácil. Además, el instrumento comprende un electrodo auxiliar o de golpeo 260S. El electrodo de dirección 260S comprende dos elementos: un elemento predominantemente inductivo, previsto en este ejemplo mediante una longitud del cable 272 conectado al extremo proximal del electrodo de varilla, y un elemento predominantemente capacitivo en serie con el elemento inductivo, que es proporciona en este ejemplo mediante un anillo 274 de material conductor conectado al extremo distal del cable 272, y que se extiende substancialmente coaxial con el electrodo de varilla 260, pero está separado del mismo.

Con referencia ahora a la figura 17, la estructura del electrodo de dirección 260S es tal que la inductancia en la forma del cable 272 y la capacitancia en la forma del anillo 274 forma un conjunto de resonancia que es resonante a la frecuencia de salida del generador f_{out} , y la variación característica de la potencia reflejada con frecuencia de entrada del electrodo de dirección 260S se ilustra mediante la línea 320. Por el contrario, la línea de transmisión formada por la estructura del electrodo 260, 70 (cuya variación característica de potencia reflejada con la frecuencia de entrada se ilustra mediante la línea 330), tiene, antes de la ignición de un plasma, una frecuencia de resonancia f_{res} que es significativamente mayor que la frecuencia de salida del generador hasta tal punto que poca o ninguna resonancia se producirá en esa frecuencia. Sin embargo, la estructura del electrodo 260, 70 se configura de tal manera que, una vez que un plasma se ha formado (que puede ser pensado como una longitud de conductor que se extiende desde el electrodo de varilla 260 de la abertura 80), es una estructura resonante en la frecuencia de salida del generador, si

bien una resonancia a un Q menor. Por lo tanto, antes de la formación de un plasma, el electrodo de dirección 260S es un conjunto resonante que proporciona la multiplicación de la tensión (también conocida como la transformación de ajuste) de la señal de salida del generador, mientras que con posterioridad a la formación de un plasma, la estructura del electrodo 260, 70 es un conjunto de resonancia que proporcionará la multiplicación de la tensión. La estructura del electrodo 260S, 70 puede considerarse como que tiene una longitud, en términos eléctricos, y una vez que se ha creado un plasma (y por tanto incluyendo la longitud adicional del conductor proporcionada por el plasma) que es igual a un cuarto de longitud de onda, y así proporciona una buena coincidencia de la salida del generador.

Cuando la señal de salida del generador sale de la estructura de alimentación coaxial 40, la señal inicialmente excita el electrodo de dirección 260S en resonancia, ya que este es resonante a la frecuencia de salida del generador, pero no excita la estructura del electrodo 260, 70, ya que esta no es resonante a la frecuencia de salida del generador hasta que se ha creado un plasma. El efecto de una resonancia (y por lo tanto la multiplicación de la tensión) en el electrodo de dirección 260S que no se produce en la estructura del electrodo 260, 70 es que hay una diferencia de potencial entre el electrodo de dirección 260S y el electrodo de varilla 260. Si esta diferencia de potencial es suficientemente grande para crear un campo eléctrico de la intensidad necesaria entre el electrodo de dirección 260S y el electrodo de varilla 260 (teniendo en cuenta que, debido a la distancia relativamente pequeña entre los electrodos 260S y 260, se requiere una diferencia de potencial relativamente baja), se crea un plasma entre los electrodos. Una vez que el plasma se ha creado, el plasma afectará a las características eléctricas de la estructura del electrodo de tal manera que es resonante a la frecuencia de salida del generador (o frecuencias similares a la misma), aunque esta resonancia que no será tan pronunciada debido a que la Q del conjunto de resonancia cuando se ha creado un plasma es menor que la Q del electrodo de dirección 260S.

No es esencial que el electrodo de dirección 260S y una estructura de electrodo "encendida" 260, 70 (es decir, la estructura del electrodo 260, 70 con un plasma creado) tengan frecuencias de resonancia idénticas con el fin de beneficiarse de esta técnica dual de ignición del electrodo, simplemente que sean cada uno capaces de interactuar con la salida del generador para formar y luego mantener un plasma sin necesidad de volver a sintonizar la salida del generador. Preferiblemente, sin embargo, las frecuencias de resonancia deben ser las mismas que en el ancho de banda de la frecuencia de salida del generador. Por ejemplo, si el generador produce una salida de 2450 MHz y en esta frecuencia esta salida tenía un ancho de banda inherente de 2 MHz, de modo que, en efecto, en esta frecuencia seleccionada la señal de salida del generador se encuentra en el rango de frecuencia de 2449-2451 MHz, las dos frecuencias de resonancia deben encontrarse ambas en este rango para un efecto óptimo.

Con referencia ahora a la figura 18, en otra realización que proporciona la ignición independiente del plasma, un instrumento incluye un conjunto de ignición de plasma 470 y una estructura de electrodo 470 que están conectados de manera separada (y aislados entre sí) con un dispositivo de circulación 414 dentro del instrumento. Las señales de salida del generador pasan inicialmente al dispositivo de circulación 414. El dispositivo de circulación pasa las señales de salida preferentemente en el canal de salida ofreciendo la mejor coincidencia para el generador. Al igual que con la realización anterior, antes de la ignición de un plasma, la coincidencia en la estructura de electrodo 470 es pobre, mientras que el conjunto de ignición está configurado para proporcionar una buena coincidencia antes de la ignición, y así la salida del generador pasa por el dispositivo de circulación en el conjunto de ignición 470S. Como que está conectado de forma independiente, el conjunto de ignición 470 puede preverse mediante cualquier chispa adecuada o generador de arco que es capaz de producir una chispa o un arco con niveles de potencia disponibles desde el generador. Por ejemplo, el conjunto de ignición puede incluir un circuito de rectificación y un generador de chispa de corriente continua, un conjunto de resonancia para proporcionar la multiplicación de la tensión, como en la realización de la figura 16 o de cualquier otro generador de chispa o arco adecuado. Una vez que se ha producido el encendido del plasma, el cambio resultante en las características eléctricas de la estructura del electrodo causa la coincidencia de la salida del generador en la estructura del electrodo, y así el dispositivo de circulación actúa entonces para desviar la salida del generador en la estructura del electrodo para permitir la entrega de la potencia en el plasma.

En la mayoría de las variantes del sistema de tratamiento de tejido descrito anteriormente, se crea un campo eléctrico oscilante entre dos electrodos, los cuales están substancialmente aislados eléctricamente del paciente (inevitablemente habrá un nivel extremadamente bajo de salida de radiación desde el instrumento en la dirección del paciente, y posiblemente algún acoplamiento apenas detectable con el paciente), cuya presencia es irrelevante para la formación de un plasma. Un plasma se forma entre los electrodos (mediante la aceleración de los electrones libres entre los electrodos) y el plasma es expulsado desde una abertura en el instrumento, principalmente bajo la influencia de la presión del gas suministrado al instrumento. Como resultado, la presencia de piel del paciente no tiene ningún efecto sobre la formación de un plasma (mientras que en el estado de la técnica se forma un plasma entre un electrodo en un instrumento y la piel del paciente) y el paciente no forma una trayectoria conductora significativa para cualquier corriente electroquirúrgica.

En un instrumento particularmente preferido más adecuado a la operación con un generador de alta potencia de salida tal como las realizaciones del generador descritas anteriormente que tienen un magnetron como dispositivo de potencia de salida, una estructura de coincidencia dual, tal como los incluidos en las realizaciones del instrumen-

to descrito anteriormente con referencia a las figuras 2 y 14, no es necesario. Con referencia a las figuras 19 y 20, este instrumento preferido comprende un manguito conductor continuo 50 que tiene su porción de extremo proximal fija y conectada eléctricamente a la pantalla externa de un conector coaxial estándar (tipo N) y una electrodo de aguja interno 54 montado en una extensión 42 del conductor de conexión interno. Instalado en el interior de la porción distal 70 del conductor externo del manguito 50 hay un tubo dieléctrico resistente al calor 180 hecho de un material dieléctrico de baja pérdida, tal como el cuarzo. Tal como se muestra en las figuras 19 y 20, este tubo se extiende más allá del extremo distal del manguito 50 y, además, se extiende una distancia de por lo menos un cuarto de longitud de onda (la longitud de onda operativa λ) dentro de la porción distal 70. Montado en el interior del tubo de cuarzo en el que se encuentra dentro de la porción del extremo distal 70 del manguito 50 hay un elemento conductor de focalización 480 que puede considerarse como un elemento de la antena parasitaria para la creación de concentraciones de campo eléctrico entre el electrodo de aguja 54 y la porción del extremo distal 70 del manguito 50.

Adyacente al conector 26, el manguito 50 tiene una entrada de gas 32 y proporciona un conducto de gas anular 38 que se extiende alrededor de la extensión del conductor interno 42, el electrodo de aguja 38, y distalmente al extremo del tubo de cuarzo 180, formando este último la boquilla del instrumento 180N. Un anillo de sellado 482 impide el escape de gas del interior del conducto 38 en el conector 26.

Cuando está conectado a un alimentador coaxial desde un generador tal como el descrito anteriormente con referencia a la figura 8, la porción proximal del instrumento, que comprende el conector 26 y la extensión del conductor interno del conector 42, constituye una línea de transmisión que tiene una impedancia característica que, en este caso, es de 50 Ω . Un manguito de PTFE 26S en el conector forma parte de la estructura de 50 Ω .

El electrodo de aguja 54 está hecho de un conductor resistente al calor, tal como el tungsteno y tiene un diámetro tal que, en combinación con el manguito externo 50, forma una sección de línea de transmisión de impedancia característica mayor diferente a la del conector 26, típicamente en la región de 90 a 120 Ω . Al organizar la longitud del electrodo de aguja, es decir, la distancia desde el interior de la extensión del conductor interno del conector 42 a su punta 54T (ver la figura 20), para estar en la región de $\lambda/4$, se puede hacer para actuar como un elemento de transformación de impedancia para elevar la tensión en la punta 54T a un nivel significativamente más alto que el visto en la sección de 50 Ω (extensión del conductor interno 42). En consecuencia, un campo E intenso se crea entre la punta 54T de la aguja del electrodo interno y la porción de extremo distal del conductor externo adyacente 70. Esto, en sí mismo, dada la suficiente potencia de entrada, puede ser suficiente para crear un plasma de gas que se extiende aguas abajo de la punta 54T y a través de la boquilla 180N. Sin embargo, la formación de plasma más fiable se logra debido a la presencia del elemento de focalización 480.

Este elemento de focalización 480 es un elemento resonante dimensionado para tener una frecuencia de resonancia cuando está in-situ en el tubo de cuarzo, en la región de la frecuencia operativa del instrumento y su generador asociado. Tal como se verá a partir de los dibujos, en particular con referencia a la figura 20, el elemento resonante 480 tiene tres porciones, es decir, un primer y segundo elementos de parche doblados 480C, doblados en anillos irregulares dimensionados para acoplarse en el interior del tubo de cuarzo 180, y una banda estrecha intermedia de interconexión 480L. Todos estos componentes están formados a partir de una sola pieza de material conductor, aquí acero inoxidable elástico, cuya resistencia hace que el elemento se apoye contra el tubo 180.

Se apreciará que los anillos 480C, en términos eléctricos, son predominantemente capacitivos, mientras que la banda 480L es predominantemente inductiva. La longitud del componente se aproxima a $\lambda/4$. Estas propiedades le dan una frecuencia de resonancia en la región de la frecuencia operativa y una tendencia a concentrar el campo E en la región de sus porciones de extremo 480C.

En una realización alternativa (no mostrada) el elemento de focalización puede ser una hélice de sección poligonal o circular hecha de, por ejemplo, un material elástico tal como tungsteno. Otras estructuras pueden utilizarse.

El elemento de focalización se coloca de modo que se superpone parcialmente con el electrodo de aguja 54 en la dirección axial del instrumento y, preferentemente tiene una de las regiones donde induce la tensión alta en el registro con la punta 54T del electrodo.

Se entenderá por parte de los expertos en la materia que en resonancia, la onda estacionaria de tensión en el elemento de focalización 480 es de mayor magnitud en las regiones capacitivas 480C. La forma poligonal irregular doblada de las secciones capacitivas 480C resulta sustancialmente en puntos de contacto entre el elemento de focalización y la superficie interna del tubo de cuarzo 180. Esta propiedad, junto con el efecto de concentración del campo E de la estructura del elemento resonador y la presencia cercana mediante el material de alta constante dieléctrica del tubo insertado 180, todos sirven para maximizar la intensidad presentada, lo cual garantiza la formación de un plasma de gas que fluye a través del conjunto.

En la práctica, el arco producido por el elemento de focalización 480 actúa como un iniciador para la formación de plasma en la región que rodea la punta del electrodo 54T. Una vez que el plasma se ha formado en la punta 54T, se

propaga a lo largo del tubo, debido principalmente al flujo de gas hacia la boquilla 180N. Una vez que esto ha sucedido, el instrumento presenta una coincidencia de impedancia para el generador, y la potencia se transfiere al gas con una buena eficacia.

- 5 Una ventaja del elemento de focalización es que su frecuencia de resonancia no es especialmente crítica, simplificando la fabricación.

10 Con referencia a las figuras 21 a 24, un instrumento 500 de acuerdo con la invención y para su uso en el sistema de tratamiento de tejido que se describe anteriormente con referencia a la figura 1 comprende dos secciones de interconexión, una pieza de mano 501 y un conjunto desechable 502. El instrumento 500 comprende una carcasa 503, cerrada en la parte trasera por una cubierta de extremo 504, a través de la cual se alimenta un cable coaxial 505. El conductor central del cable coaxial 505 está conectado a un electrodo interno 506, formado de molibdeno. El conductor externo del cable coaxial está conectado a un electrodo externo 507, que se muestra en la figura 23. El electrodo externo comprende una porción de base hueca 508, con un orificio de entrada de gas 509 formado en la misma, y una extensión tubular 510 que se extiende desde la porción de base. El electrodo interno se extiende longitudinalmente en el electrodo externo 507, con aislantes dieléctricos 511 y 512 evitando el contacto eléctrico directo entre los mismos.

20 Una entrada de gas 513 pasa a través de la cubierta de extremo 504, y se comunica a través de un lumen 514 dentro de la carcasa, a través del orificio de entrada de gas 509 en el electrodo externo, y a través de canales adicionales 515 en el aislador 512, que sale en la región del extremo distal del electrodo interno 506.

25 El conjunto desechable 502 comprende un tubo de cuarzo 516, montado en una carcasa saliente del instrumento 517, una arandela de caucho de silicona 518 que se encuentra entre la carcasa y el tubo. La carcasa 517 tiene un mecanismo de pestillo 519 de tal manera que se puede fija de manera separable a la carcasa 503, a través de un elemento de detención correspondiente 520. Cuando el conjunto desechable 502 se fija a la pieza de mano 501, el tubo de cuarzo 516 es recibido dentro de la pieza de mano, de manera que el electrodo interno 506 se extiende en el tubo, con la extensión tubular 510 del electrodo externo 507 que se extiende alrededor de la parte externa del tubo 516. Una porción del conducto de gas definida por el tubo 516 es, por lo tanto, coextensiva con las porciones de los electrodos internos y externos.

30 Un resonador en forma de una bobina de tungsteno enrollada helicoidalmente 521 se encuentra dentro del tubo 516, estando colocada la bobina 521 de tal manera que, cuando el conjunto desechable 502 se fija en la posición de la pieza de mano 501, el extremo proximal de la bobina es adyacente al extremo distal del electrodo interno 506. La bobina se enrolla de tal manera que es adyacente y está en contacto íntimo con la superficie interna del tubo de cuarzo 516.

35 En la práctica, un gas, tal como nitrógeno, se alimenta a través de la entrada de gas 513, y a través del lumen 514, el orificio 509, y los canales 519 para emerger junto al extremo distal del electrodo interno 506. Una tensión de radiofrecuencia se suministra al cable coaxial 505, y así entre los electrodos 506 y 507. La bobina 521 no está directamente conectada con ninguno de los electrodos, pero se coloca de manera que sea resonante a la frecuencia operativa de la tensión de radiofrecuencia suministrada al mismo. De esta manera, la bobina 521 actúa para promover la conversión del gas en un plasma, que sale del tubo 516 y se dirige al tejido a tratar.

40 Los parámetros de la bobina helicoidal 521 que afectan a su frecuencia de resonancia incluyen el diámetro del material del cable usado para formar la bobina, su diámetro, paso y longitud total. Estos parámetros se eligen de modo que la bobina tiene su frecuencia de resonancia efectivamente a la frecuencia de funcionamiento de la señal aplicada a los electrodos. Para una frecuencia de funcionamiento 2,47 GHz (y una longitud de onda de espacio libre de aproximadamente 121 mm), fue utilizada una bobina de resonador que tiene una longitud de bobina de aproximadamente 13 mm, un paso de 5,24 mm, diámetro exterior de 5,43 mm, diámetro de cable de 0,23 mm, y longitud de cable total de 41,8 mm. Esto da una bobina con una frecuencia de resonancia de aproximadamente 2,517 GHz (permitiendo la diferencia las diferentes velocidades de propagación de radiación e/m en el aire y el cuarzo, respectivamente).

45 Tras el uso repetido del instrumento, la bobina resonante 521 tendrá que ser reemplazada con regularidad. La disposición descrita anteriormente permite proporcionar un conjunto desechable que es rápido y fácil de sujetar y separar, y también proporciona repetidamente la ubicación precisa de la bobina resonante 521 respecto al electrodo 506.

50 Tal como se ha mencionado anteriormente, el uso de señales de UHF no es esencial para el funcionamiento de la invención, y la invención se puede realizar con cualquier frecuencia de las señales de corriente continua hacia arriba. Sin embargo, el uso de señales de UHF tiene la ventaja de que los componentes cuya longitud es de un cuarto de longitud de onda se pueden incorporar dentro de instrumentos quirúrgicos compactos para proporcionar transformación o coincidencia de tensión. Además, se han ilustrado varios instrumentos que tienen conjuntos de resonancia con el propósito de la transformación de la tensión de ajuste, pero esto no es esencial, y la transformación de

la tensión al alza puede llevarse a cabo en un instrumento sin hacer uso de la resonancia.

- 5 Si los instrumentos aquí descritos están destinados para uso clínico, es posible esterilizarlos, y esto se puede realizar en una serie de formas que se conocen en la técnica, tales como el uso de radiación gamma, por ejemplo, o haciendo pasar un gas tal como óxido de etileno a través del instrumento (que asegurará que el conducto para el gas está esterilizado). Los instrumentos esterilizados se envolverán a continuación en un paquete estéril adecuado que impida la entrada de contagio en el mismo.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Conjunto para un instrumento de tratamiento de tejido de plasma de gas, comprendiendo el conjunto un conducto de gas alargado (516) que tiene un eje central y que se extiende desde una entrada de gas a una salida de gas y que tiene una pared dieléctrica resistente al calor y un elemento de focalización de campo eléctrico eléctricamente conductor (521) que está situado en el interior del conducto y es electromagnéticamente resonante en una frecuencia superior a 300 MHz, caracterizado porque el conjunto (502) es desechable y tiene medios para fijar de manera liberable el conjunto a una pieza de mano para el instrumento de tratamiento del tejido de plasma de gas, cuyo cuerpo de la pieza de mano incluye un primer electrodo se extiende longitudinalmente (506) en forma de una aguja, y porque el conjunto está configurado de tal manera que cuando el conjunto se fija de manera liberable a la pieza de mano, el primer electrodo de la pieza de mano está colocado en el eje central del conducto (516) y tal que su extremo distal se encuentra en registro con el elemento de focalización de campo (521).
- 10
- 15 2. Conjunto desechable según la reivindicación 1, caracterizado porque el conducto (516) es un tubo dieléctrico hecho de un material dieléctrico resistente al calor, y porque el elemento de focalización de campo (521) es un conductor eléctrico alargado asociado con la pared del conducto, siendo la configuración del conjunto tal que cuando el conjunto (502) se fija de manea liberable a la pieza de mano, el primer electrodo de la pieza de mano está situado en el eje central con el elemento de focalización de campo parcialmente solapado con el primer electrodo.
- 20
- 25 3. Conjunto desechable según la reivindicación 2, caracterizado porque está configurado de tal manera que cuando el conjunto (502) se fija de manera liberable a la pieza de mano, un segundo electrodo de la pieza de mano está situado adyacente a una superficie externa del tubo dieléctrico (516) con una porción del tubo coextensiva con porciones del primer y segundo electrodos.
- 30 4. Conjunto desechable según la reivindicación 3, caracterizado porque está configurado de tal manera que cuando el conjunto (502) se fija a la pieza de mano, el primer y segundo electrodos de la pieza de mano forman electrodos interior y exterior coaxiales de la pieza de mano y se extienden respectivamente dentro y alrededor del exterior del tubo dieléctrico (516).
- 35 5. Conjunto desechable según la reivindicación 1, caracterizado porque el conducto es un tubo dieléctrico (516) y el elemento de focalización (521) está autosoportado en el tubo.
- 40 6. Conjunto desechable según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque el elemento de focalización (521) es un elemento alargado, con su eje longitudinal alineado paralelo respecto al eje longitudinal del conducto.
- 45 7. Conjunto desechable según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque el elemento de focalización (521) está colocado adyacente a una superficie interna de la pared dieléctrica.
- 50 8. Conjunto desechable según la reivindicación 7, caracterizado porque el elemento de focalización (521) está en contacto íntimo con la superficie interna de la pared dieléctrica.
- 55 9. Conjunto desechable según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque el elemento de focalización (521) comprende un muelle helicoidal.
- 60 10. Conjunto desechable según la reivindicación 9, en el que el muelle helicoidal (521) está formado de tungsteno.
11. Conjunto desechable según la reivindicación 9 o la reivindicación 10, caracterizado porque el muelle helicoidal (521) tiene una sección transversal poligonal.
12. Conjunto desechable según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque el elemento de focalización (521) comprende una o más secciones que son predominantemente capacitivas, y al menos una porción que es predominantemente inductiva.
13. Conjunto desechable según la reivindicación 12, caracterizado porque el elemento de focalización (521) comprende un par de parches doblados conectados entre sí mediante una banda alargada.
14. Conjunto desechable según la reivindicación 12 o la reivindicación 13, caracterizado porque el elemento de focalización de campo (521) tiene al menos una parte que está más cerca de la pared dieléctrica que otras partes del mismo para mejorar el paso de gas entre las partes del elemento de focalización de campo y la pared dieléctrica.
15. Conjunto desechable según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque los medios para fijar de manera liberable el conjunto desechable (502) a una pieza de mano para el instrumento de tratamiento de tejido de

plasma de gas comprende un collar que rodea al menos una parte del conducto de gas (516), teniendo el collar medios de fijación mecánica (519) para conectar de manera liberable el collar a la pieza de mano.

5 16. Conjunto desechable según la reivindicación 15, caracterizado porque los medios de fijación mecánica comprenden un mecanismo de pestillo (519).

10 17. Conjunto desechable según cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque también comprende un alojamiento en forma de una carcasa hueca (517) que rodea el conducto (516) y que tiene una porción distal en la que está fijada la pared dieléctrica y una porción proximal que está separada de la pared dieléctrica e incluye los medios de fijación.

15 18. Instrumento de tratamiento de tejido de plasma de gas que tiene un conducto de gas alargado (516) que tiene una pared dieléctrica resistente al calor y que tiene un eje central y que se extiende entre una entrada de gas y una salida de gas, un primer electrodo en forma de una aguja y un segundo electrodo (506, 507), y un electrodo de focalización de campo eléctrico eléctricamente conductor (521) colocado en el interior del conducto, caracterizado porque el instrumento comprende:

una pieza de mano (501) que incluye el primer y segundo electrodos; y

20 un conjunto desechable (502) que incluye el conducto de gas con el electrodo de focalización de campo, y un collar que rodea al menos una parte del conducto de gas;

25 teniendo el collar medios mecánicos de fijación (519) para conectar de manera liberable el collar a la pieza de mano, de tal manera que cuando el conjunto desechable se fija a la pieza de mano, el primer electrodo (506) está colocado en el eje central del conducto (516) y tal que su extremo distal está en registro con el elemento de focalización de campo, y el segundo electrodo (107) está situado adyacente a una superficie externa de la pared dieléctrica.

30 19. Instrumento según la reivindicación 18, caracterizado porque el collar es tal que cuando el conjunto desechable (502) se fija a la pieza de mano (501), la punta del primer electrodo es adyacente a una parte de extremo del elemento de focalización (521).

35 20. Instrumento según la reivindicación 18 o la reivindicación 19, caracterizado porque el segundo electrodo (507) comprende un manguito conductor, y el collar es tal que cuando el conjunto desechable (502) se fija a la pieza de mano (501) el manguito conductor está colocado alrededor del conducto (516).

40 21. En combinación, un instrumento de tratamiento de tejido de plasma de gas según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20 y una unidad generadora, caracterizado porque la unidad generadora funciona a una frecuencia operativa superior a 300 MHz, y el elemento de focalización no está directamente conectado con el generador, pero es electromagnéticamente resonante a la frecuencia operativa.

45 22. Combinación según la reivindicación 21, caracterizada porque el conjunto desechable (502) está configurado de tal manera que cuando se fija de manera liberable a la pieza de mano (501), el tubo dieléctrico es coextensivo con porciones del primer y segundo electrodos.

23. Combinación según la reivindicación 22, caracterizada porque el primer y segundo electrodos forman electrodos coaxiales interno y externo (506, 507) y el conjunto desechable (502) está configurado de tal manera que cuando se fija de manera liberable a la pieza de mano, el electrodo externo (507) de la pieza de mano rodea el tubo dieléctrico.

50 24. Combinación según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 23, caracterizada porque la longitud del elemento de focalización (521) es entre $\lambda/8$ y $\lambda/4$, donde λ es la longitud de onda operativa del generador.

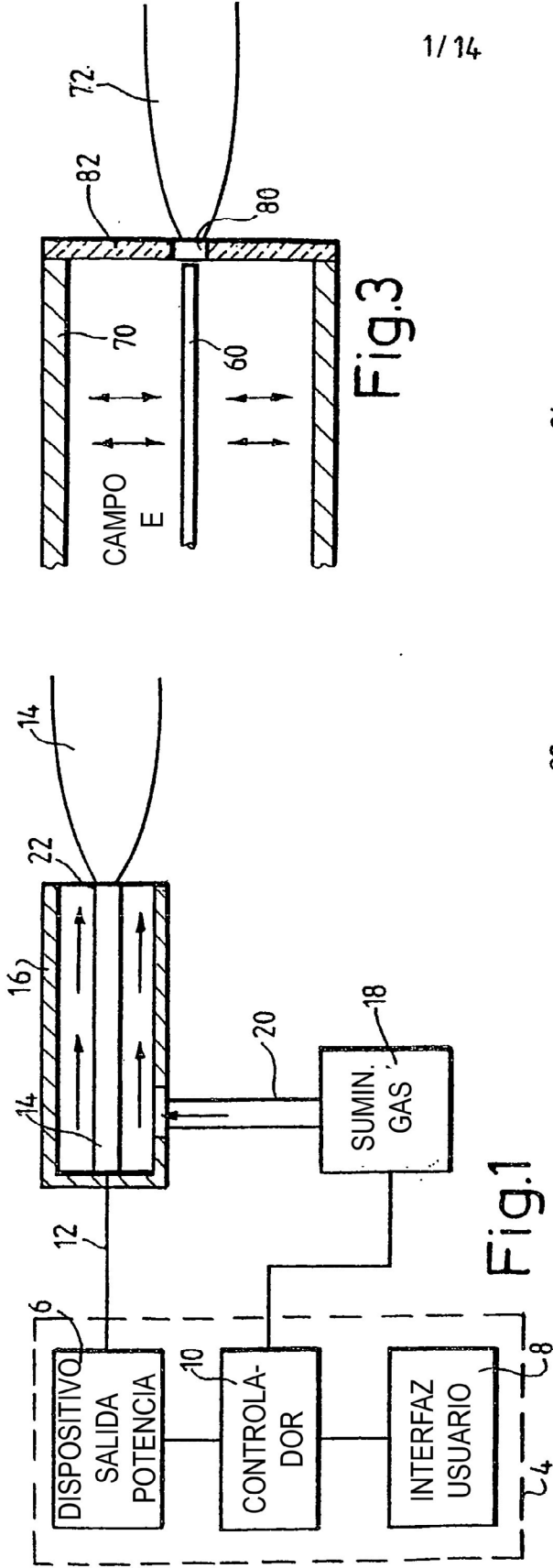


Fig.1

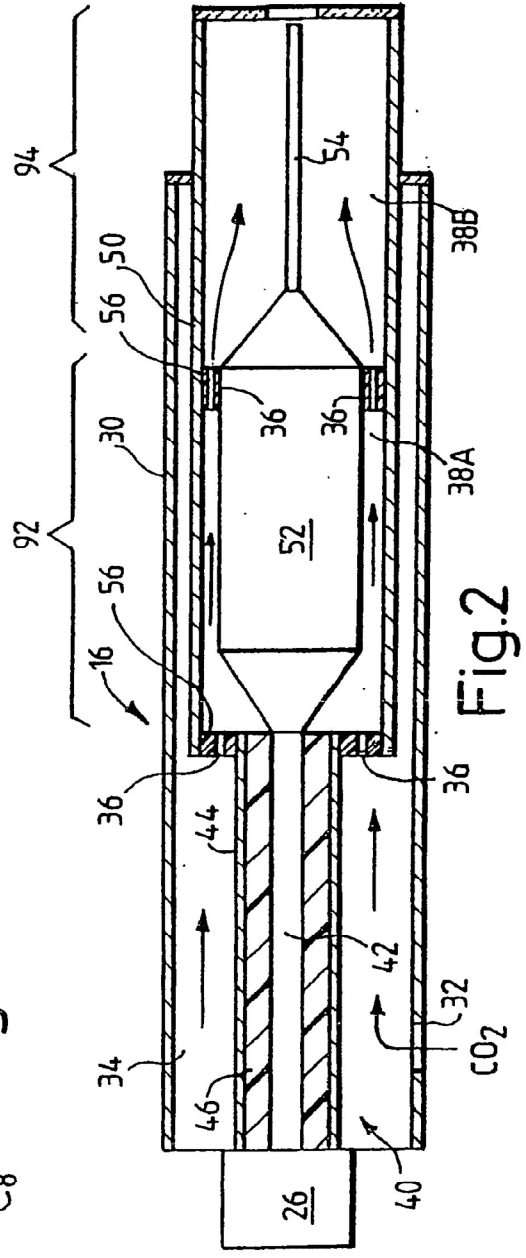


Fig.2

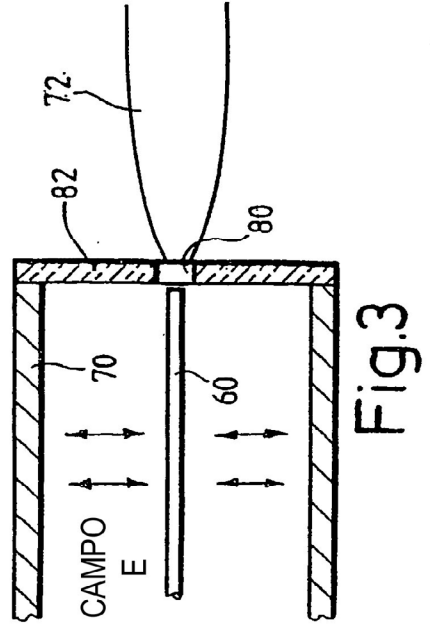


Fig.3

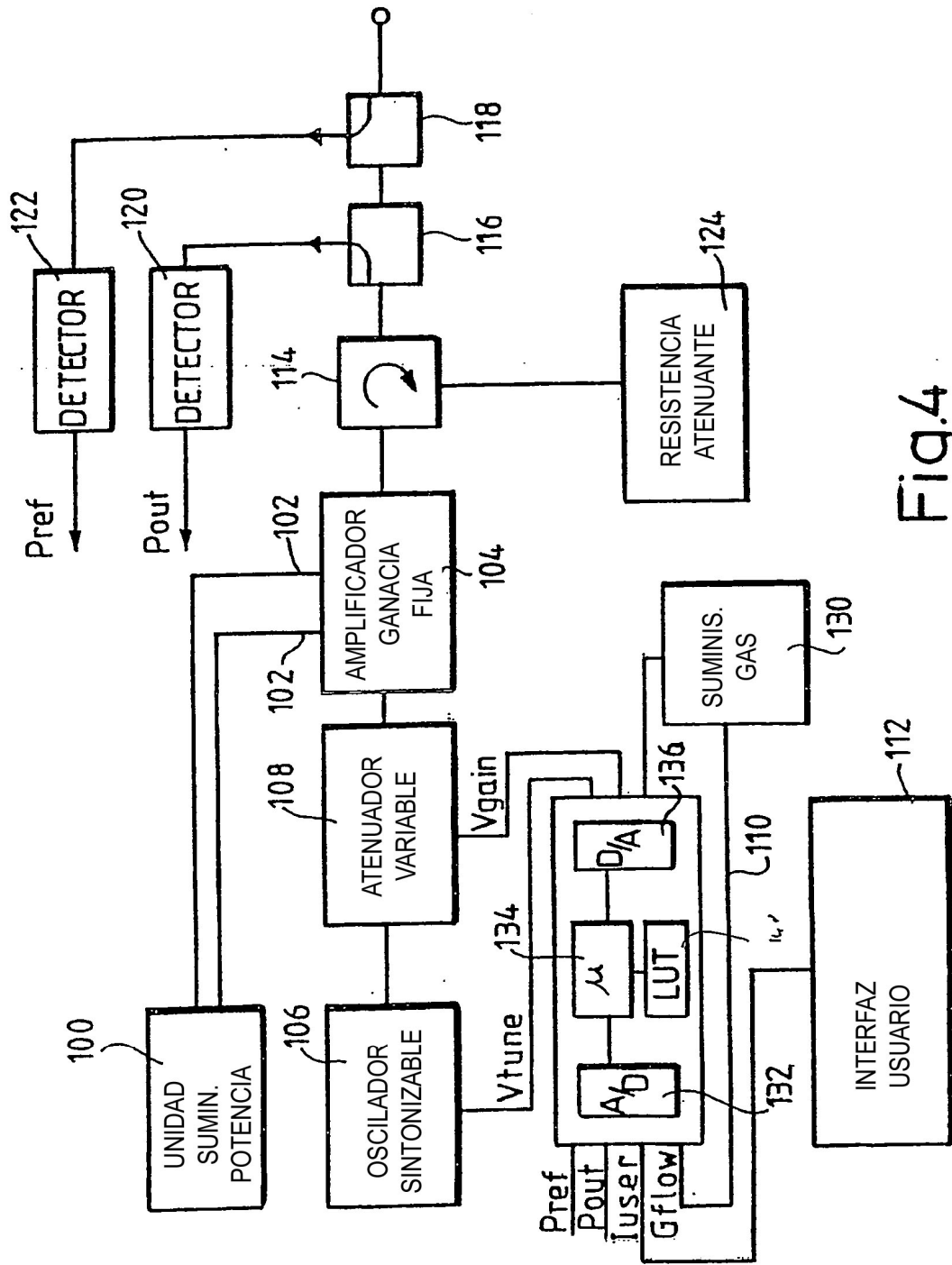


Fig.4

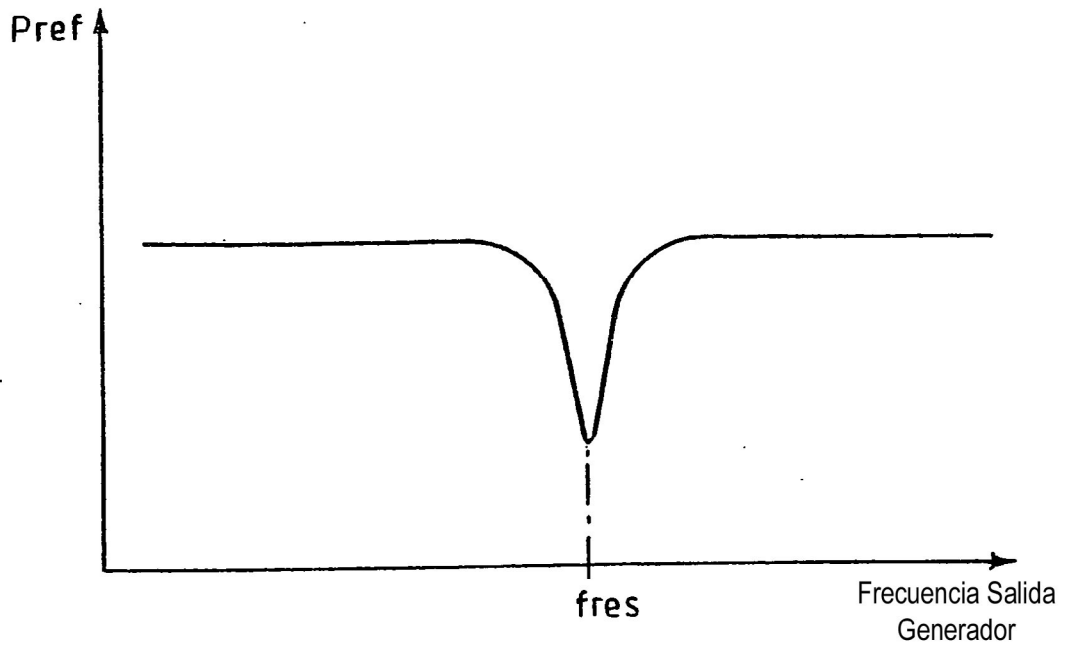


Fig.5

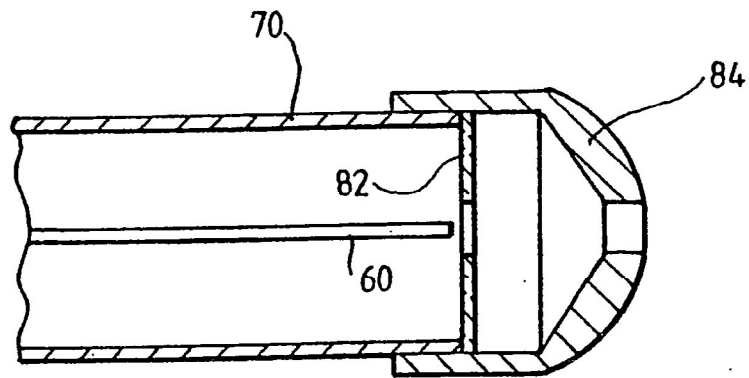
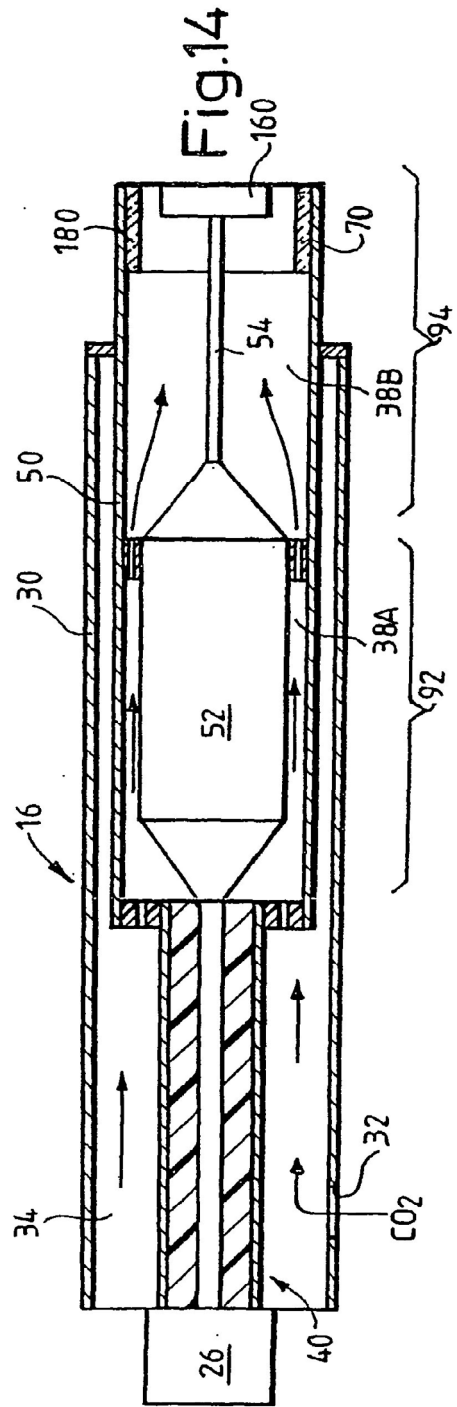
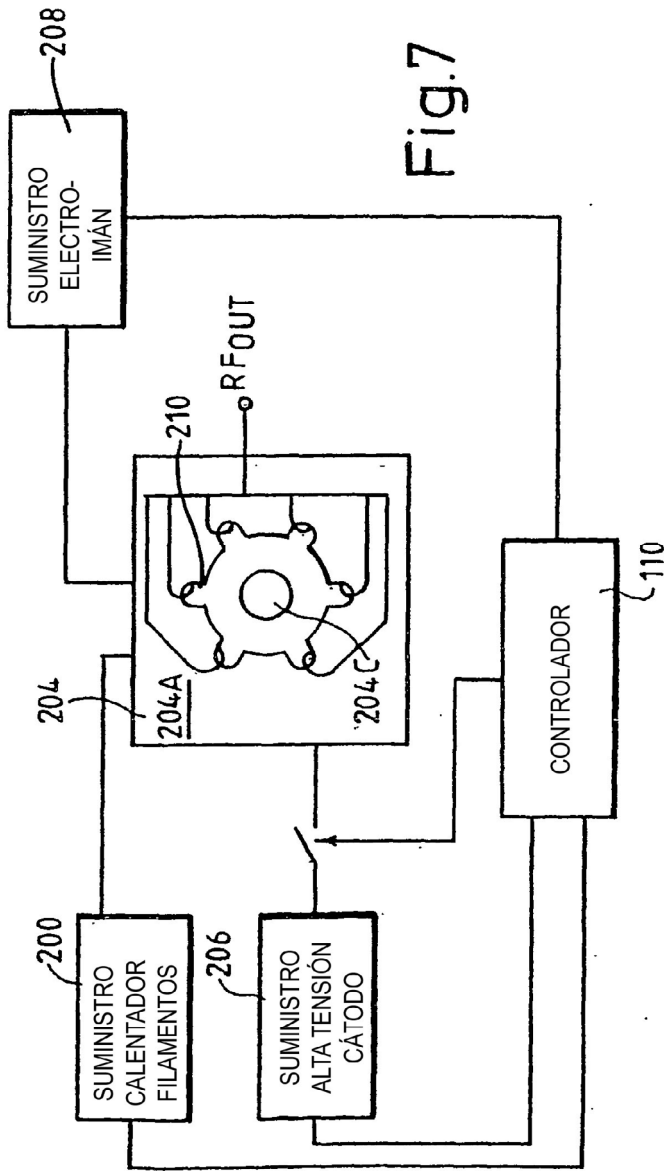


Fig.6



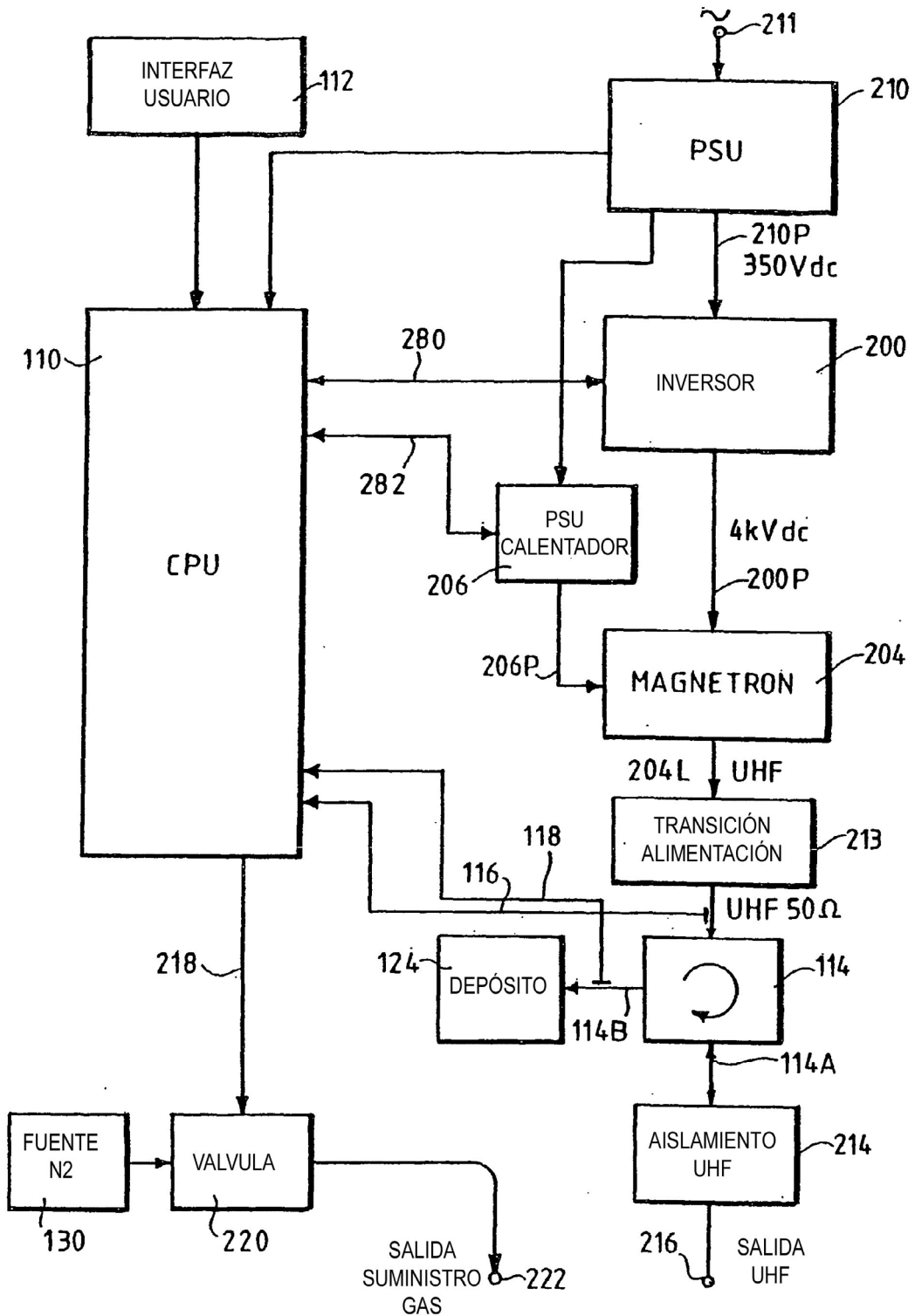


Fig.8

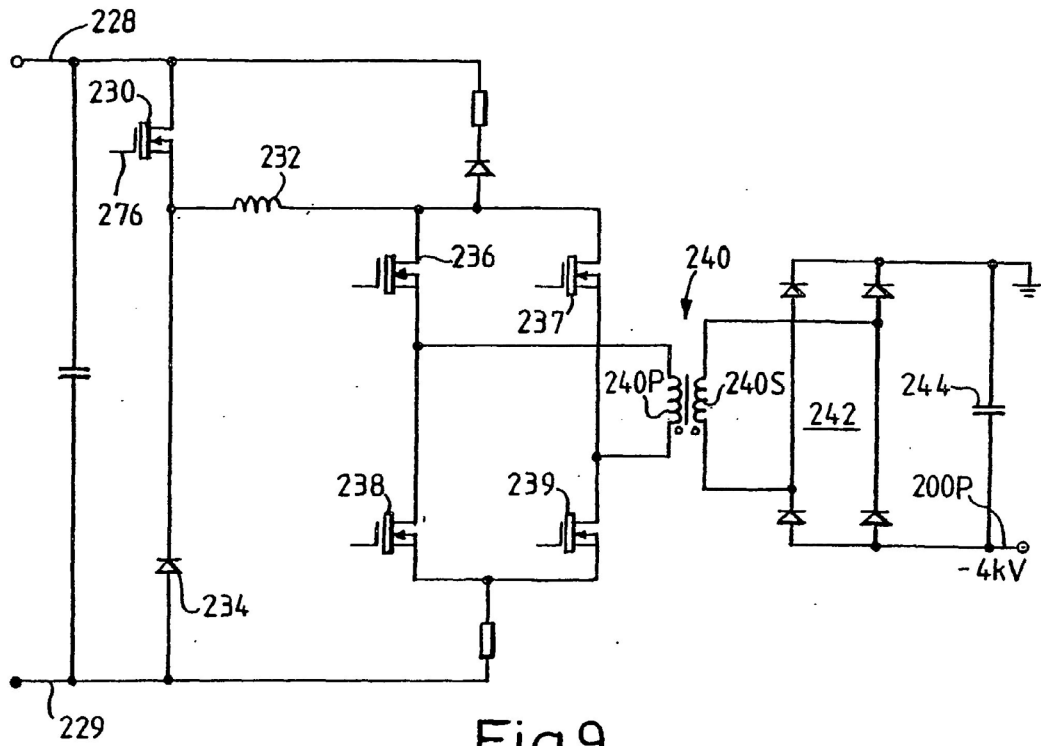


Fig.9

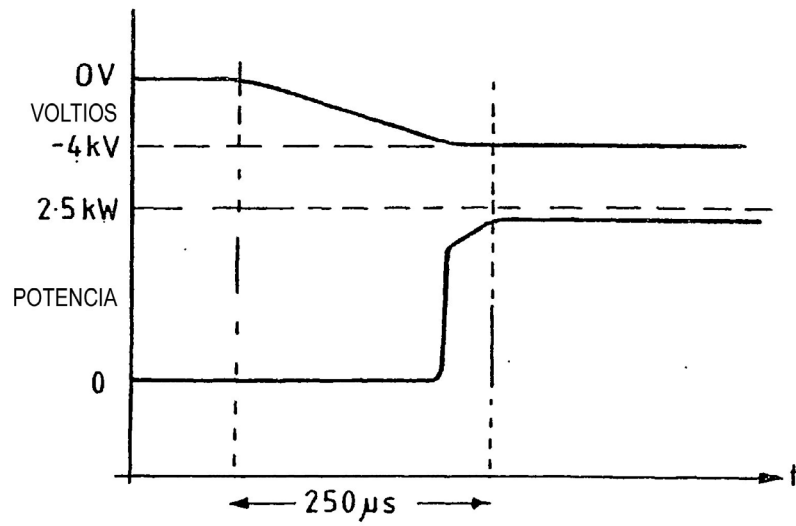


Fig.10

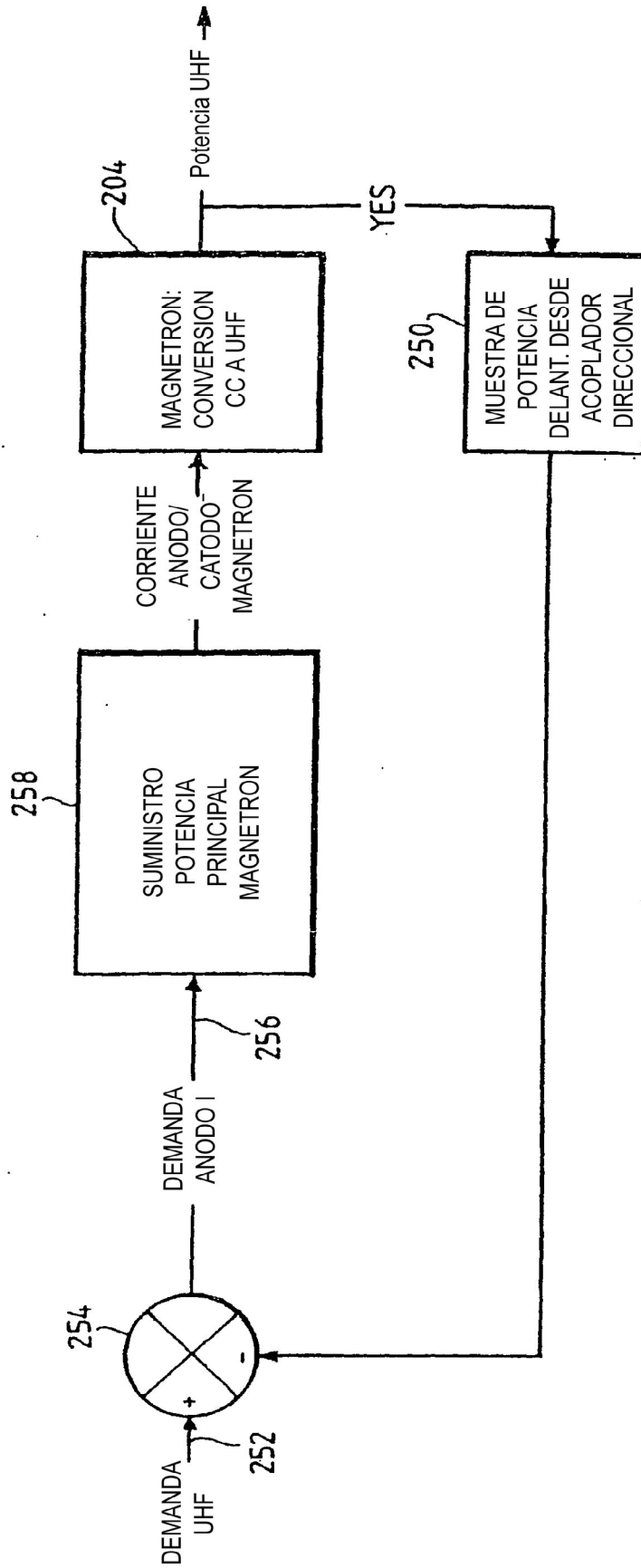


Fig.11

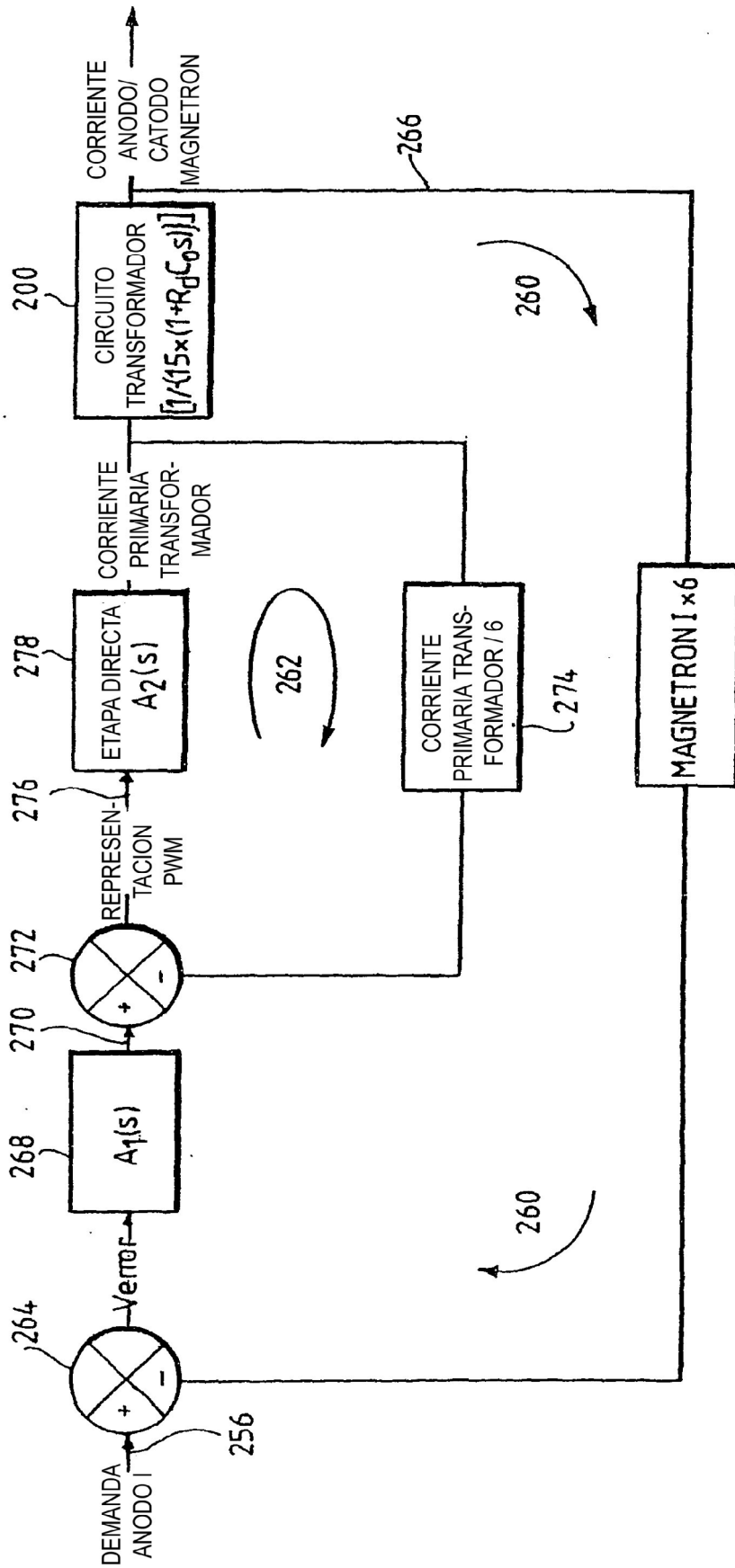


Fig.12

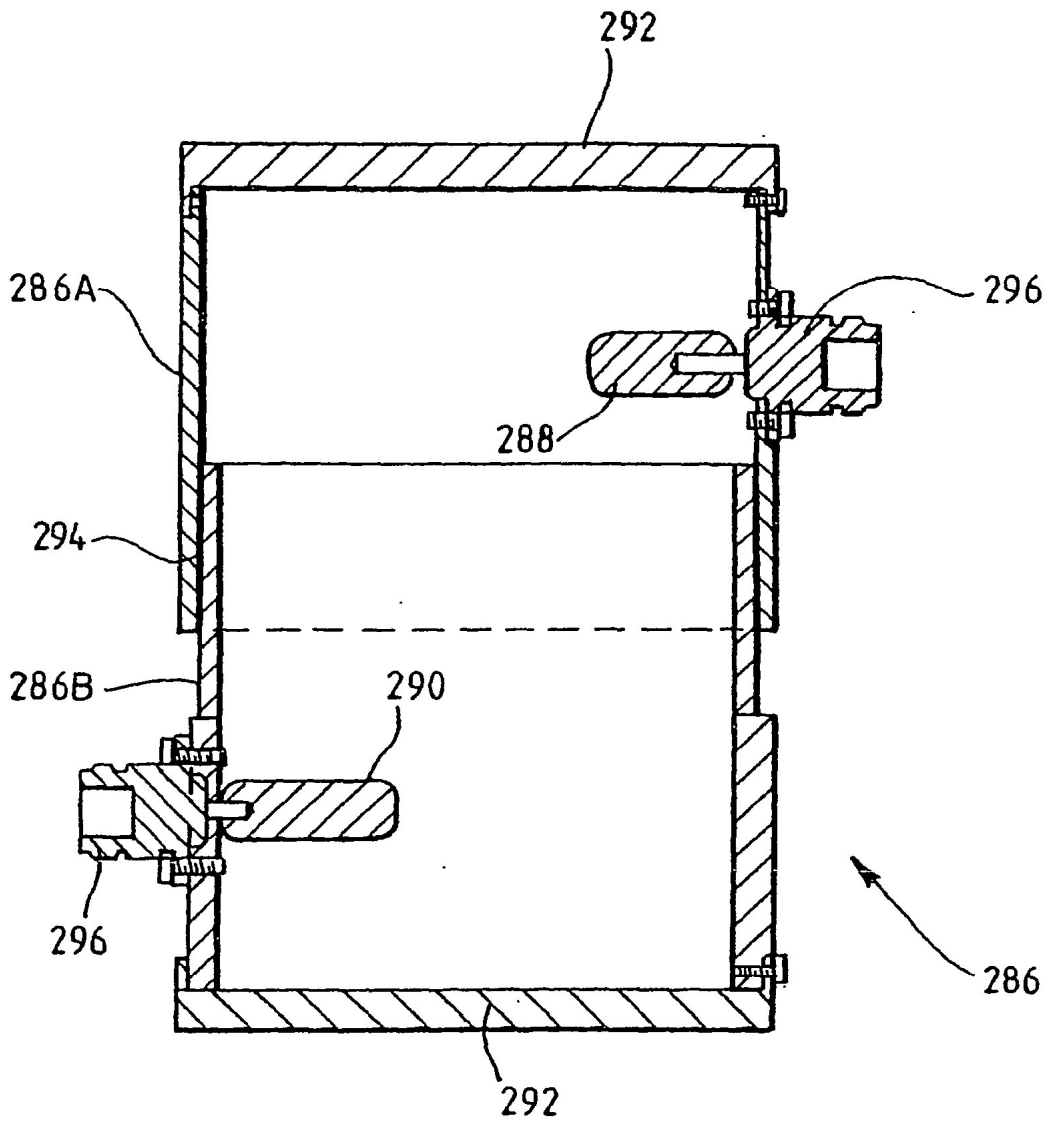


Fig.13

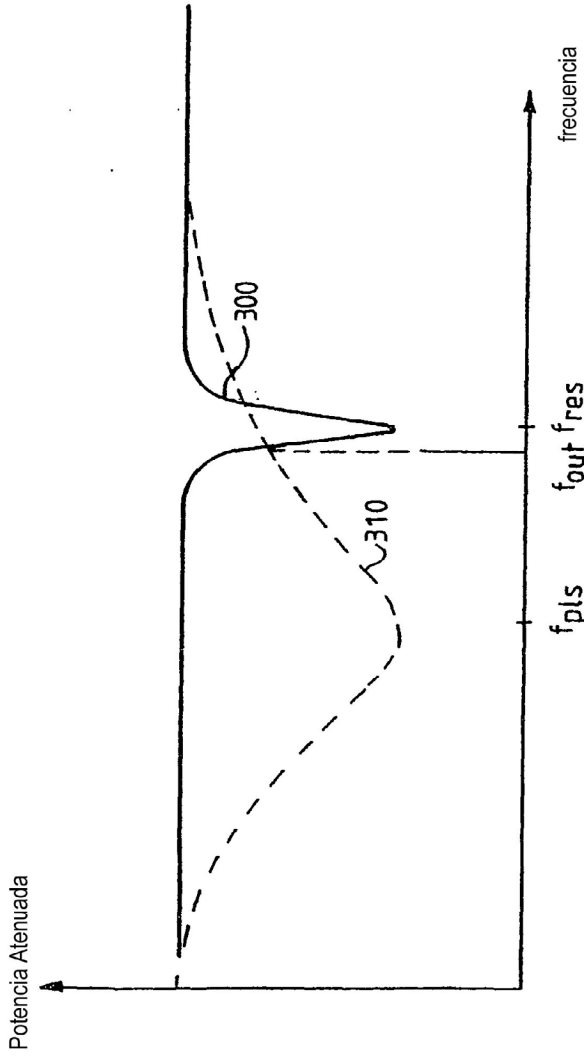


Fig.15

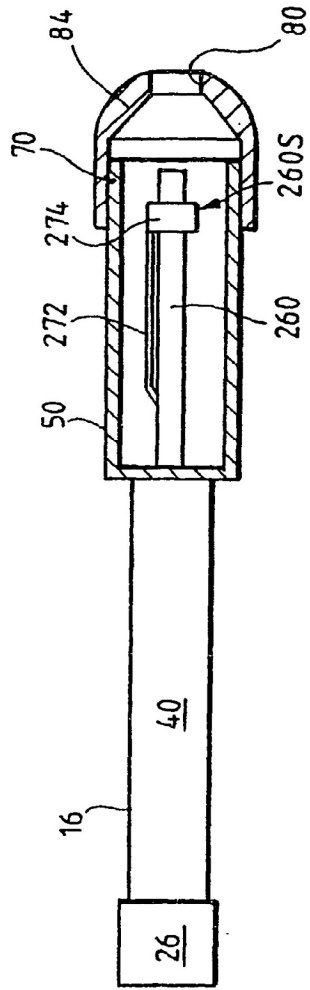


Fig.16

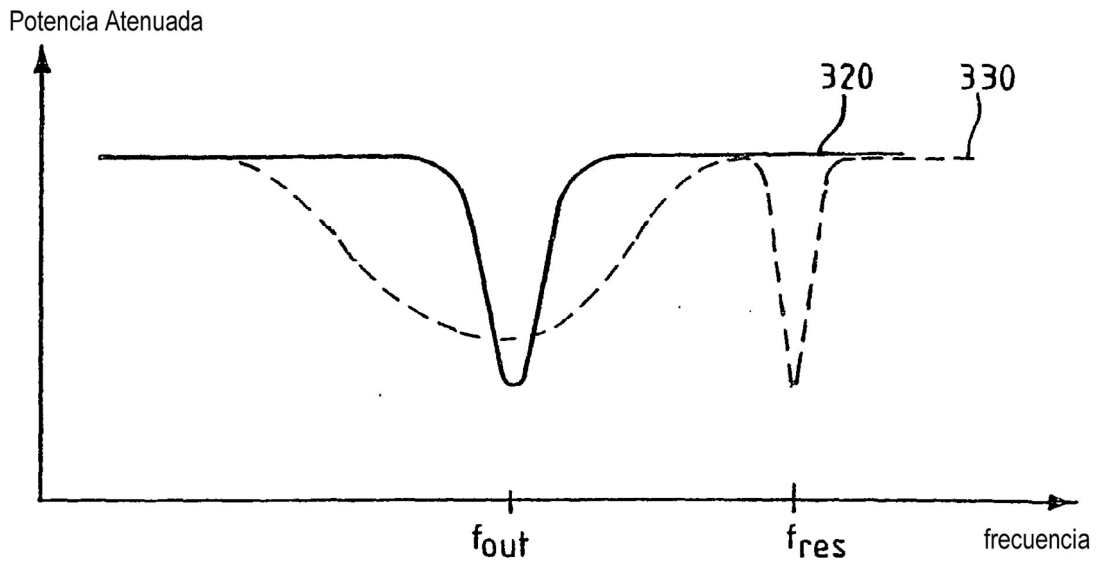


Fig.17

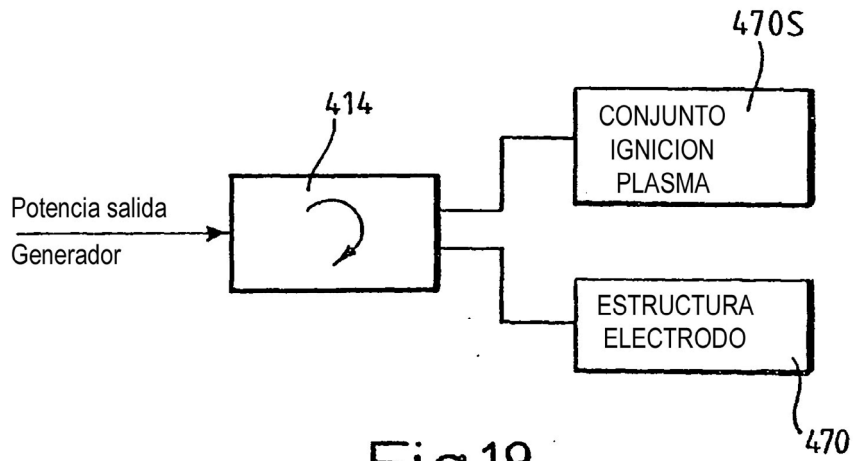
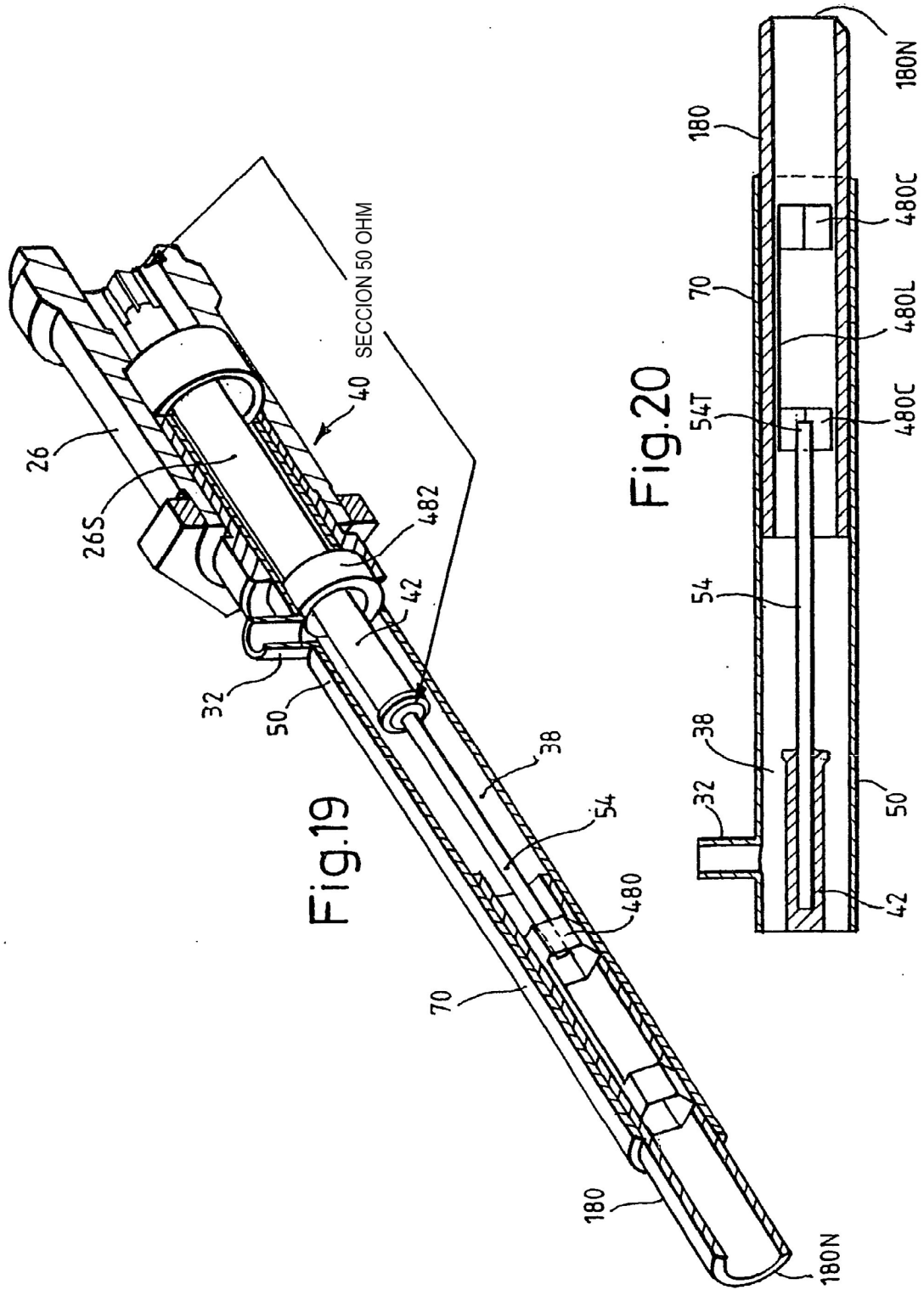


Fig.18



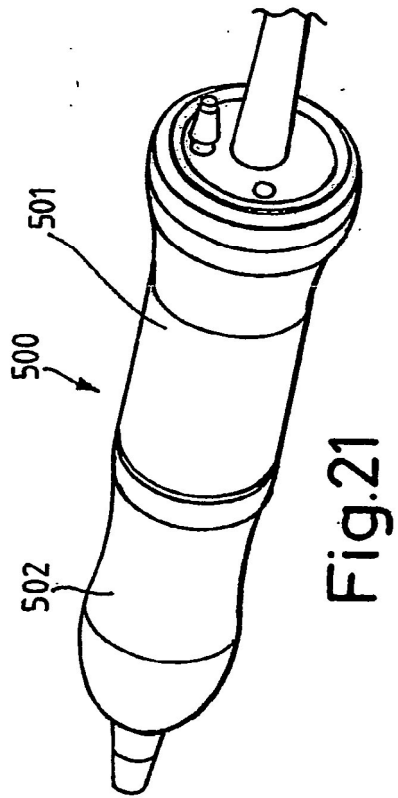


Fig. 21

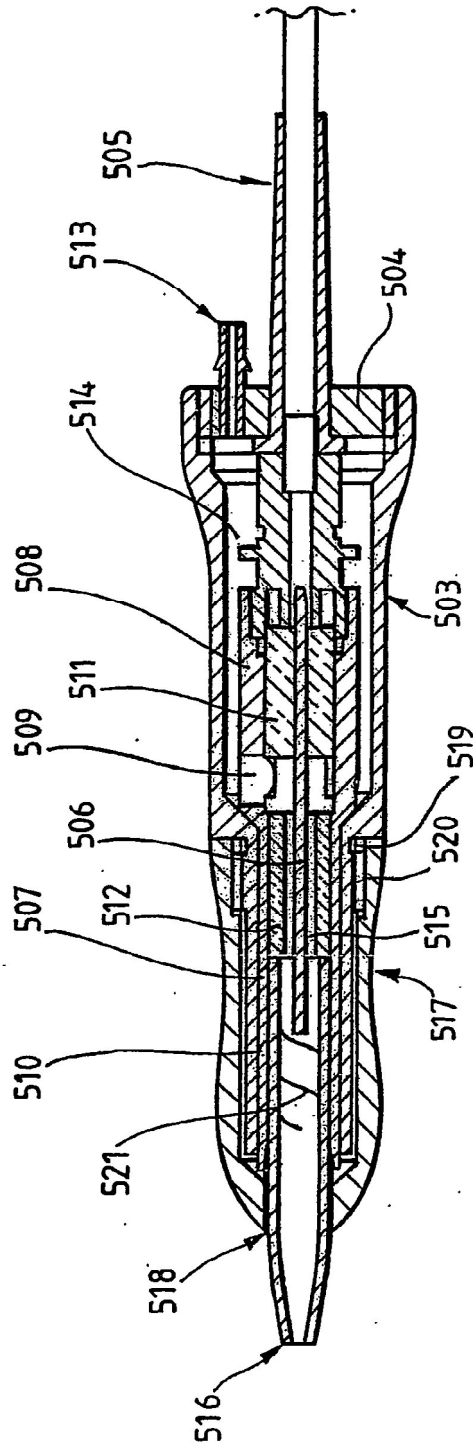


Fig. 22

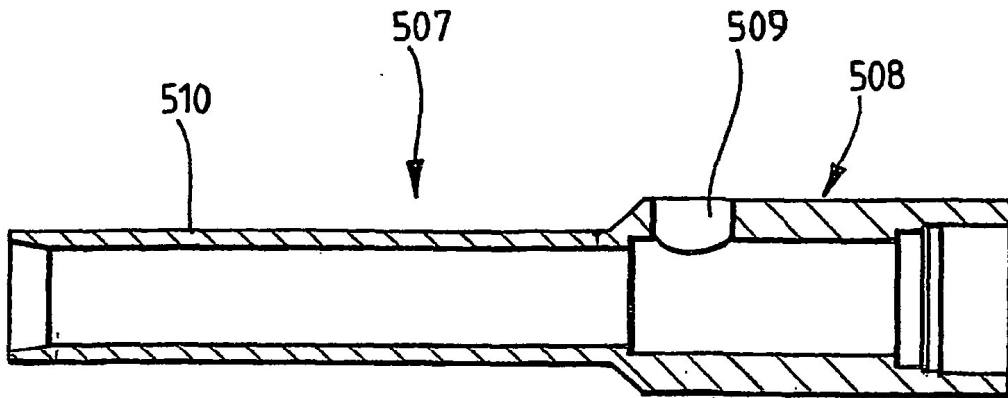


Fig.23

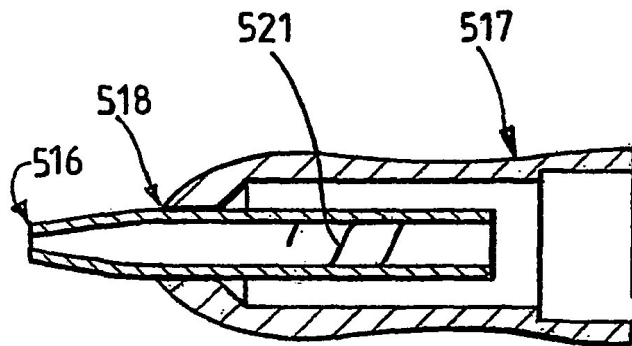


Fig.24