



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 309 684**

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

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **05257025 .6**

(96) Fecha de presentación : **14.11.2005**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1658817**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **24.05.2006**

(54) Título: **Uso de un sistema de llave electrónica limitador para un dispositivo de plasma para reestructuración de tejidos.**

(30) Prioridad: **23.11.2004 GB 0425765**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.12.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.12.2008

(73) Titular/es: **RHYTEC LIMITED**
Denford Manor Barn
Hungerford, Berkshire RG17 0UN, GB

(72) Inventor/es: **Penny, Keith y**
Goble, Nigel Mark

(74) Agente:
Gómez-Acebo y Duque de Estrada, Ignacio

ES 2 309 684 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

Uso de un sistema de llave electrónica limitador para un dispositivo de plasma para reestructuración de tejidos.

5 Esta invención se refiere a reestructuración de tejido, por ejemplo, reestructuración de piel o la reestructuración o retirada de tejido localizado por ejemplo en el canal alimentario, tracto respiratorio, vasos sanguíneos, útero o uretra.

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

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 campo de la cirugía cosmética es proporcionar una mejora en la
15 textura de la piel envejecida y darle una apariencia más joven. Estos efectos pueden conseguirse mediante la retirada de una parte o toda la epidermis y en ocasiones parte de la dermis provocando el crecimiento de una nueva epidermis que tiene las propiedades deseadas. Adicionalmente, la piel frecuentemente contiene tejido con cicatrices, cuya apariencia algunas personas consideran que es perjudicial para su atractivo. La estructura de la piel que da lugar a tejidos con cicatrices se forma típicamente en la dermis. Retirando la epidermis en una región seleccionada y volviendo a esculpir
20 el tejido con cicatrices en la dermis es posible mejorar la apariencia de ciertos tipos de cicatrices tales como, por ejemplo, las cicatrices dejadas por el acné. El proceso de retirada de tejido epidérmico y posiblemente dérmico se conoce como reestructuración de la piel o dermoabrasión.

Una técnica conocida para conseguir la reestructuración de la piel incluye la retirada mecánica de tejido mediante
25 una rueda abrasiva, por ejemplo. Otra técnica se conoce como exfoliación química e implica la aplicación de un producto químico corrosivo a la superficie de la epidermis para retirar las células cutáneas epidérmicas y posiblemente dérmicas. Otra técnica más es la reestructuración con láser de la piel. Los láser se usan para suministrar una cantidad controlada de energía a la epidermis. Esta energía es absorbida por la epidermis provocando la necrosis de las células epidérmicas. La necrosis puede ocurrir como resultado de la absorción de energía que provoca que la temperatura del
30 agua en las células aumente a un nivel en el que las células mueren o como alternativa dependiendo de la frecuencia de la luz láser empleada, la energía puede absorberse mediante moléculas dentro de las células de la epidermis de una manera que de cómo resultado su disociación. Esta disociación molecular mata las células y como efecto secundario da lugar también a un aumento en la temperatura de la piel.

Típicamente, durante la reestructuración con láser un rayo láser se dirige a un área de tratamiento dada de la piel durante un corto periodo de tiempo (típicamente menor de un milisegundo). Esto puede conseguirse pulsando el láser o moviendo el láser continuamente y suficientemente rápido de manera que el rayo sólo es incidente sobre un área
35 dada de la piel durante un periodo de tiempo predeterminado. Pueden realizarse numerosas pasadas sobre la superficie de la piel y los desechos de piel muerta normalmente se limpian de la piel entre una pasada y otra. Los láser empleados actualmente para dermoabrasión incluyen un láser de CO₂, y un láser de Erbio-YAG. Los mecanismos mediante los que la energía es absorbida por el tejido provocando su muerte y los efectos clínicos resultantes obtenidos tales como la profundidad de necrosis del tejido y la magnitud del margen térmico (es decir, la región que rodea el área tratada que experimenta la modificación del tejido como resultado de la absorción de calor) varía de un tipo de láser a otro. Esencialmente sin embargo los tratamientos variables proporcionados por estos láser pueden considerarse como un
40 solo tipo de método de tratamiento en el que un láser se usa para conferir energía para matar algo 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 tenga una apariencia mejorada y también posiblemente la estimulación del crecimiento de nuevo colágeno en la dermis.

Otras referencias de la técnica anterior de antecedentes de interés respecto a la presente invención incluyen el documento US3.699.967 (Anderson), US3.903.891 (Brayshaw), US4.040.426 (Morrison), US5.669.904, WO95/0759,
50 WO95/26686 y WO98/35618.

La Solicitud Internacional del solicitante N° WO01/62169 describe una alternativa a las técnicas de reestructuración de la piel, aparatos y métodos para hacer funcionar dichos aparatos conocidos. Específicamente, describe un sistema de reestructuración de tejido que comprende: un instrumento quirúrgico 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
55 acoplado al electrodo del instrumento y dispuesto para suministrar energía de radiofrecuencia al electrodo en un solo o en una serie de pulsos de tratamiento para crear un plasma a partir del suministro de gas a través del conducto, teniendo los pulsos duraciones en el intervalo de 2 ms a 100 ms.

La aplicación de un campo eléctrico al gas para crear el plasma puede tener lugar a cualquier frecuencia adecuada, incluyendo la aplicación de frecuencias electroquirúrgicas convencionales en la región de 500 kHz o el uso de frecuencias de microondas en la región de 2450 MHz, esta última teniendo la ventaja de que las tensiones adecuadas para
65 obtener el plasma se obtienen más fácilmente en una estructura completa. El plasma puede iniciarse o "activarse" a una frecuencia, con lo que la transferencia de energía óptima hacia el plasma puede tener lugar después a una frecuencia diferente.

En una realización, una tensión oscilante de radiofrecuencia se aplica al electrodo para crear un campo eléctrico oscilante correspondiente y la energía transferida al plasma se controla controlando la energía reflejada desde el electrodo (esto proporciona una indicación de la fracción de energía producida desde el dispositivo de producción de energía que se ha transferido al plasma) y ajustando la frecuencia de la tensión oscilante desde el generador en consecuencia. Según la frecuencia de la salida oscilante desde el generador se aproxima a la frecuencia resonante del electrodo (que está afectada por la presencia de plasma) la energía transferida al plasma aumenta y viceversa.

Preferiblemente, en esta realización, se aplica un campo eléctrico dipolo al gas entre un par de electrodos en el instrumento que están conectados a terminales de salida opuestos del dispositivo de producción de energía.

Como alternativa, un campo eléctrico CC se aplica y la energía se suministra al plasma desde el campo CC.

El gas empleado es preferiblemente no tóxico y más preferiblemente fácilmente biocompatible para permitir su secreción natural o expulsión desde el cuerpo del paciente. El dióxido de carbono es un gas preferido ya que el cuerpo humano automáticamente retira el dióxido de carbono del torrente circulatorio durante la respiración. Adicionalmente, un plasma creado a partir de dióxido de carbono es más caliente (aunque más difícil de crear) que un plasma, por ejemplo, a partir de argón y el dióxido de carbono está fácilmente disponible en la mayor parte de quirófanos. Puede usarse nitrógeno o incluso aire.

La Solicitud Internacional N° WO01/62169 describe también un instrumento de reestructuración de tejido con plasma de gas que 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 localizado dentro del conducto; un segundo electrodo localizado en o adyacente a una superficie externa de la pared dieléctrica enrasada con el primer electrodo; y un elemento de enfoque de campo eléctrico eléctricamente conductor localizado dentro del conducto y entre el primer y segundos electrodos.

El sistema preferido tiene el beneficio de poder producir un tratamiento rápido en la superficie del tejido mientras que minimiza los efectos no deseados, por ejemplo los efectos térmicos a una profundidad mayor que la requerida.

Otro aspecto de la invención descrita en la Solicitud Internacional N° WO01/62169 proporciona un método para reestructuración de la piel al menos de la epidermis de un paciente usando un sistema quirúrgico que comprende un instrumento que tiene un electrodo conectado a un dispositivo de producción de energía, comprendiendo el método las etapas de: hacer funcionar el dispositivo de producción de energía para crear un campo eléctrico en la región del electrodo; dirigir un flujo de gas a través del campo eléctrico y generar mediante la interacción del campo eléctrico con el gas un plasma; controlar la energía transferida al plasma desde el campo eléctrico; dirigir el plasma sobre el tejido durante un periodo de tiempo predeterminado y vaporizar al menos una parte de la epidermis como resultado del calor suministrado a la epidermis desde el plasma.

Esta solicitud anterior describe también otro aspecto, un sistema de reestructuración de tejido que comprende: un instrumento de tratamiento con plasma 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 con el electrodo del instrumento y dispuesto para suministrar energía de radiofrecuencia al electrodo en uno o en una serie de pulsos de tratamiento, cada uno de los cuales comprende una ráfaga de oscilaciones de radiofrecuencia, incluyendo el generador un controlador que funciona para controlar la anchura en los pulsos de tratamiento a una anchura predeterminada. El controlador se dispone preferiblemente para ajustar la anchura del pulso de tratamiento generado pulsos de control correspondientes que se suministran a una etapa de energía de radiofrecuencia del generador para alterar el nivel de la producción de la etapa de energía desde un nivel sustancialmente inactivo hasta un nivel de producción de energía predeterminado, preferiblemente constante, durante periodos de tiempo cada uno de ellos igual a una anchura de pulso demandada con lo que un plasma de gas se produce en dichos periodos de tiempo. Los periodos de tiempo y/o el nivel de energía pueden ajustarse mediante el controlador para producir pulsos de tratamiento medidos para el instrumento teniendo cada uno un contenido de energía total predeterminado.

Es posible modular la producción de energía de radiofrecuencia (100% de modulación o menos) dentro de cada pulso de tratamiento.

Se contemplan anchuras del pulso de tratamiento de 2 ms a 100 ms y están preferiblemente dentro del intervalo de 3 ms a 50 ms o más preferiblemente de 4 ms a 30 ms. En el caso de que se suministren en serie los pulsos de tratamiento pueden tener una velocidad de repetición de 0,5 Hz a 10 Hz o de 15 Hz, preferiblemente de 1 Hz a 6 Hz.

Desde un aspecto del instrumento, la solicitud anterior describe un instrumento de reestructuración del tejido con plasma de gas que comprende un conducto de gas alargado que se extiende desde una entrada de gas hasta una boquilla de salida de plasma, al menos un par de electrodos mutuamente adyacentes para activar un plasma a partir de un gas dentro del conducto y entre los electrodos una pared dieléctrica sólida formada a partir de un material que tiene una constante dieléctrica relativa mayor que la unidad (preferiblemente del orden de 5 o mayor). Ventajosamente, el conducto se forma al menos en parte como un tubo dieléctrico de dicho material, comprendiendo el electrodo un electrodo interno dentro del tubo y un electrodo externo coaxial que rodea al tubo.

Otros aspectos del sistema descrito anteriormente incluyen los siguientes: el método de hacer funcionar un sistema quirúrgico que comprende un dispositivo de producción de energía que genera una señal de salida en un terminal de salida, un controlador capaz de recibir señales de entrada desde un usuario y controlar el dispositivo de producción de energía en consecuencia, un instrumento que tiene al menos un electrodo conectado a un terminal de salida del generador mediante una estructura de suministro, un suministro de gas y otra estructura de suministro para transportar el gas desde el suministro al instrumento, comprendiendo el método las etapas de: recibir señales de entrada desde un usuario y hacer funcionar el controlador para determinar desde las señales de entrada de usuario una manera en la que el dispositivo de producción de energía se tiene que controlar; hacer funcionar el dispositivo de producción de energía para suministrar una tensión a al menos un electrodo, creando de esta manera un campo eléctrico en la región del electrodo; hacer pasar gas a través del campo eléctrico y crear mediante la intensidad del campo eléctrico un plasma a partir del gas; y controlar de acuerdo con las señales de entrada del usuario al controlador el dispositivo de energía de salida de energía para controlar la energía suministrada al plasma. El controlador puede hacerse funcionar para controlar el dispositivo de producción de energía para suministrar un nivel predeterminado de energía al plasma y el controlador puede controlar adicionalmente la velocidad de flujo de gas a través del campo eléctrico.

El gas comprende preferiblemente moléculas que tienen al menos dos átomos.

La solicitud mencionada anteriormente incluye la descripción de un sistema quirúrgico para usar en reestructuración de tejido que comprende: una interfaz de usuario que recibe señales de entrada desde un usuario respecto a un rendimiento deseado del sistema; un dispositivo de producción de energía que genera una señal de salida de tensión en un terminal de salida; un suministro de gas; un instrumento que tiene un electrodo conectado al terminal de salida del dispositivo de salida de producción de energía permitiendo de esta manera la generación de un campo eléctrico en la región del electrodo cuando el dispositivo de producción de energía se hace funcionar para producir una tensión de salida en el terminal de salida, estando conectado adicionalmente el instrumento al suministro de gas y comprendiendo adicionalmente un conducto para hacer pasar el gas desde el suministro a través del campo eléctrico en la región del electrodo para crear un plasma; y un controlador que se conecta a la interfaz de usuario y el dispositivo de producción de energía, estando adaptado el controlador para recibir y procesar señales desde la interfaz de usuario y controlar en base a las señales de la interfaz de usuario el suministro de energía desde el dispositivo de producción de energía hacia el plasma. El controlador puede adaptarse adicionalmente para controlar el periodo de tiempo durante el que la energía se suministra al plasma.

Las señales de la interfaz de usuario desde la interfaz del usuario hasta el controlador están relacionadas con una cantidad total de energía a suministrar al plasma. El sistema puede comprender adicionalmente un regulador de flujo de gas conectado al controlador, estando adaptado adicionalmente el controlador para controlar una velocidad de flujo de gas desde el suministro. El controlador puede recibir señales de retroalimentación indicativas de la energía suministrada al plasma.

El dispositivo de producción de energía puede incluir un oscilador ajustable y el controlador puede conectarse al oscilador para ajustar el oscilador en base a las señales de retroalimentación indicativas de la potencia atenuada dentro del instrumento. Típicamente, la frecuencia salida del oscilador está en la banda de 2400-2500 MHz.

La solicitud anterior incluye adicionalmente un método para hacer funcionar un sistema quirúrgico que comprende un dispositivo de producción de energía que produce una señal de salida eléctrica oscilante a través de un par de terminales de salida, un instrumento que tiene un par de electrodos, cada uno de los cuales está conectado a uno de los terminales de salida del dispositivo de producción de energía, un controlador que recibe señales de entrada desde la interfaz y que controla el dispositivo de producción de energía en consecuencia, y un suministro de gas conectado al instrumento, en el que el método comprende las etapas de: hacer funcionar el dispositivo de producción de energía para aplicar una tensión oscilante a través de los electrodos del instrumento creando de esta manera un campo eléctrico en la zona de los electrodos; hacer pasar gas a través del campo eléctrico y activar un plasma entre los electrodos del instrumento y hacer funcionar el controlador para controlar la energía suministrada hacia el plasma desde el dispositivo de producción de energía.

Se proporciona un sistema quirúrgico que comprende: un dispositivo de producción de energía que genera una señal de salida oscilante de radiofrecuencia a través de un par de terminales de salida; un instrumento que tiene un primer par de electrodos conectados a terminales de salida respectivos del dispositivo de producción de energía y que son parte de un primer ensamblaje resonante que es resonante a una frecuencia predeterminada y un segundo par de electrodos conectado a terminales de salida respectivos del dispositivo de producción de energía y que son parte de un segundo ensamblaje resonante que es también resonante a la frecuencia predeterminada; un suministro de gas que suministra gas al campo eléctrico oscilante entre el primer par de electrodos y al campo eléctrico oscilante entre el segundo par de electrodos; en el que el primer ensamblaje resonante es resonante a la frecuencia predeterminada antes de la formación de un plasma a partir del gas y el segundo ensamblaje resonante es resonante a la frecuencia predeterminada después de la generación de un plasma. En dicho sistema, el primer par de electrodos puede comprender un electrodo interno y un electrodo externo que se define sustancialmente coaxialmente con y alrededor del electrodo interno y el segundo par de electrodos puede comprender un electrodo interno adicional y dicho electrodo externo. El sistema puede funcionar de manera que durante la resonancia de la primera estructura resonante, se crea una diferencia potencial entre el electrodo interno y el electrodo interno adicional y un plasma se activa inicialmente entre el electrodo interno y el electrodo interno adicional como resultado de la diferencia de potencial.

Otro aspecto incluye un sistema quirúrgico que comprende: un dispositivo de producción de energía que genera una señal de salida oscilante de radiofrecuencia a través de un par de terminales de salida; un instrumento que tiene un par de electrodos conectados a terminales de salida respectivos del dispositivo de producción de energía mediante una estructura de suministro para crear un campo eléctrico oscilante entre los electrodos; un suministro de gas y un conducto desde el suministro de gas al campo eléctrico para permitir que el gas pase a través del campo eléctrico para convertirse en un plasma y que pase fuera de una apertura en el instrumento; en el que el instrumento comprende un ensamblaje de transformación de tensión que proporciona el aumento de la producción de tensión desde el dispositivo de producción de energía y suministra la tensión intensificada a través de los electrodos intensificando de esta manera el campo eléctrico entre los electrodos. En dicho sistema, el ensamblaje de transformación de tensión puede comprender una estructura dentro del instrumento que tiene una frecuencia resonante dentro del ancho de banda de salida de la radiofrecuencia oscilante. La estructura resonante puede comprender al menos una longitud de la línea de transmisión que tiene una longitud eléctrica igual a un cuarto de una longitud de onda de la señal de salida oscilante del dispositivo de producción de energía.

Otro aspecto proporciona un instrumento quirúrgico que comprende: un par de electrodos; un conector conectable a una estructura de suministro permitiendo de esta manera que una señal desde un generador se transporte a los electrodos; al menos una primera sección de la línea de transmisión conectada eléctricamente a los electrodos y a la estructura de suministro, teniendo la sección de la línea de transmisión una longitud eléctrica sustancialmente igual a un cuarto de la longitud de onda de una onda electromagnética que tiene una frecuencia en el intervalo de 2400 MHz a 2500 MHz. Este instrumento puede comprender adicionalmente una segunda sección de la línea de transmisión conectada eléctricamente al conector y a la primera sección de la línea de transmisión, teniendo la sección de la línea de transmisión adicionalmente una longitud eléctrica sustancialmente igual a la longitud de la primera sección de la línea de transmisión con lo que las impedancias características de la primera y segundas secciones de la transmisión son diferentes, en la primera y segunda secciones de la línea de transmisión forman una impedancia que se ajusta al ensamblaje entre una impedancia característica relativamente baja de una estructura de suministro que puede conectarse al instrumento mediante el conector y una carga eléctrica de impedancias relativamente alta proporcionada por un plasma formado entre los electrodos.

Se proporciona también un instrumento quirúrgico que comprende: un par de electrodos separados entre sí; un conector para conectar una señal eléctrica de una estructura de suministro a los electrodos permitiendo de esta manera la creación de un campo eléctrico entre los electrodos; un puerto de entrada de gas; un conducto de gas para transportar el gas desde el puerto de entrada a los electrodos permitiendo de esta manera que el gas pase entre los electrodos para permitir la creación de un plasma entre los electrodos cuando se aplica un campo eléctrico entre ellos; y una apertura en el instrumento a través de la cual el plasma puede expulsarse a la presión del gas que pasa a lo largo del conducto de gas. En dicho instrumento, la presión de gas dentro del conducto puede forzar al plasma fuera de la apertura en una primera dirección y los electrodos pueden espaciarse al menos en la primera dirección.

Otro aspecto más incluye un instrumento quirúrgico que comprende un conector que tiene un par de terminales eléctricos; un primer par de electrodos formado por un electrodo interno y un electrodo externo que se extiende coaxialmente alrededor del electrodo interno; un segundo par de electrodos formado por un electrodo interno adicional y dicho electrodo externo, pudiendo conectarse eléctricamente el primer y segundo pares de electrodos entre el conector a un generador para permitir la creación de un campo eléctrico entre los electrodos interno y externo y los electrodos interno adicional y externo respectivamente; un puerto de entrada de gas y un conducto para transportar gas desde el puerto de entrada a través del campo eléctrico permitiendo de esta manera la formación de un plasma a partir del gas; formando el primer par de electrodos al menos una parte de un primer ensamblaje resonante y formando el segundo par de electrodos al menos una parte de un segundo ensamblaje resonante, el primer y segundo ensamblaje resonantes son resonantes a diferentes frecuencias antes de la formación de un plasma permitiendo de esta manera antes de la formación de un plasma la creación de un campo eléctrico entre los electrodos interno e interno adicional que puede usarse para activar un plasma.

Se proporciona también un método de hacer funcionar un instrumento quirúrgico que tiene un primer y segundo pares de electrodos, los electrodos de cada par están conectados a diferentes terminales de salida de un dispositivo de producción de energía que genera una señal de salida eléctrica oscilante, comprendiendo el método las etapas de: hacer funcionar el dispositivo de producción de energía para aplicar una señal eléctrica oscilante al primer y segundo pares de electrodos; provocar la resonancia del ensamblaje resonante cuyo primer par de electrodos forma al menos una parte; crear mediante la resonancia una diferencia potencial y de esta manera un campo eléctrico entre un electrodo del primer par de electrodos y un electrodo del segundo par de electrodos; hacer pasar un gas a través del campo eléctrico y mediante la interacción entre el campo eléctrico y el gas formar un plasma. Los electrodos entre los que se crea el campo eléctrico pueden conectarse ambos al mismo terminal de salida del dispositivo de producción de energía. Generalmente, la formación de un plasma da como resultado un cambio de las características eléctricas del segundo par de electrodos de manera que son al menos una parte de otro ensamblaje resonante que es resonante a la frecuencia de la señal de salida eléctrica oscilante, comprendiendo el método adicionalmente la etapa de, después de la formación de un plasma, provocar la resonancia del ensamblaje resonante adicional para crear un campo eléctrico de suficiente intensidad entre el segundo par de electrodos para mantener el plasma y suministrar energía al plasma desde la señal de salida oscilante.

Otro aspecto más de la descripción de la Solicitud Internacional N° WO01/62169 es un método para hacer funcionar un instrumento quirúrgico que tiene un primer y segundo pares de electrodos, los electrodos de cada par están

conectados a diferentes terminales de salida de un dispositivo de producción de energía que genera una señal de salida eléctrica oscilante, comprendiendo el método las etapas de: hacer funcionar el dispositivo de producción de energía para aplicar una señal eléctrica oscilante al primer par de electrodos; aplicar la señal de salida eléctrica oscilante al primer par de electrodos; provocar la resonancia de un primer ensamblaje resonante de los cuales forma parte el primer par de electrodos, y crear un campo eléctrico durante la resonancia del primer ensamblaje resonante; hacer pasar gas a través del campo eléctrico y formar, mediante la interacción entre el campo eléctrico y el gas, un plasma; después de la formación de un plasma, aplicar la señal de salida eléctrica oscilante al segundo par de electrodos, provocar la resonancia de un segundo ensamblaje resonante de los cuales el segundo par de electrodos forma una parte y mantener el plasma suministrando al plasma a través del segundo par de electrodos energía desde la señal de salida oscilante. La señal de salida oscilante puede permanecer sustancialmente constante. El primer y segundo pares de electrodos pueden ser distintos o pueden tener un electrodo común a ambos. El campo eléctrico está formado preferiblemente entre el primer par de electrodos aunque puede formarse entre un electrodo del primer par de electrodos y un electrodo del segundo par de electrodos en cuyo caso el campo eléctrico puede formarse entre dos electrodos, ambos de los cuales están conectados al mismo terminal de salida del dispositivo de producción de energía.

Como resultado del método preferido, el plasma provoca necrosis de las células epidérmicas vivas y la vaporización de las células epidérmicas muertas y cuando se requiera produce efectos en la dermis.

El documento US2004/0186470 (Goble *et al*) describe una extensión del aparato descrito y mostrado en la Soli-citud N° WO01/62169 en forma de un instrumento manual para el sistema de reestructuración de tejido, teniendo el instrumento un ensamblaje desechable separable que puede sustituirse en una base regular después de un uso repetido.

De acuerdo con la invención, un sistema de tratamiento de tejido para tratar tejido humano comprende: un dispositivo de tratamiento de tejido con plasma de gas que comprende un ensamblaje desechable, un generador para proporcionar pulsos de energía al dispositivo de tratamiento, siendo los pulsos de energía a niveles de energía seleccionados; un controlador para controlar el suministro de energía al dispositivo; una llave electrónica asociada con el dispositivo de tratamiento y que incluye un medio de memoria; y un dispositivo de lectura/escritura asociado con el controlador para descargar información desde la llave electrónica y escribir información en el medio de memoria; el controlador está dispuesto para controlar el uso del dispositivo de tratamiento provocando que el dispositivo de lectura/escritura envíe señales al medio de memoria cuando los pulsos de energía se proporcionan al dispositivo de tratamiento mediante el generador para provocar la actualización de un contador de uso del dispositivo en el medio de memoria con lo que la velocidad a la que el contador se incrementa según aumenta el nivel del pulso de energía de los pulsos suministrados y mediante el controlador se provoca adicionalmente que el generador deje de proporcionar pulsos cuando el contador de uso del dispositivo de tratamiento alcanza un valor máximo predeterminado.

Se describe en la presente memoria descriptiva un sistema para controlar el uso de un dispositivo para tratar tejido humano, comprendiendo el sistema un generador para proporcionar pulsos de energía al dispositivo, siendo los pulsos de energía a niveles de energía seleccionados, un controlador para controlar el suministro de energía al dispositivo, una llave electrónica asociada con cada dispositivo y que incluye un medio de memoria y un dispositivo de lectura/escritura asociado con el controlador para descargar información desde la llave electrónica, escribir información en el medio de memoria, provocando el controlador que el dispositivo de lectura/escritura envíe una señal al medio de memoria para actualizar un contador incremental cada vez que se proporciona una cantidad predeterminada de energía al dispositivo, provocando el controlador que el generador deje de proporcionar pulsos cuando el contador incremental alcanza un valor máximo predeterminado, caracterizado porque el controlador actualiza el contador incremental en un primer valor para cada pulso proporcionado al dispositivo que está por debajo de un nivel de energía a un umbral predeterminado y actualiza el contador incremental en un segundo valor mayor para cada pulso proporcionado al dispositivo que está por encima del nivel de energía del umbral predeterminado.

Se describe también un sistema para controlar el uso de un dispositivo para tratar tejido humano que comprende: un generador para proporcionar pulsos de energía al dispositivo, siendo los pulsos de energía a niveles de energía seleccionados; un controlador para controlar el suministro de energía al dispositivo; una llave electrónica asociada con el dispositivo y que incluye un medio de memoria y un dispositivo de lectura/escritura asociado con el controlador para descargar información desde la llave electrónica y escribir información al medio de memoria; provocando el controlador que el dispositivo de lectura/escritura envíe señales al medio de memoria cuando se proporcionan pulsos de energía al dispositivo mediante el generador para provocar la actualización de un contador de uso del dispositivo en el medio de memoria, con lo que el contador se aumenta a diferentes velocidades de acuerdo con la energía de los pulsos de manera que los pulsos en un primer nivel de energía provocan el incremento del contador más rápidamente que los pulsos de un segundo nivel de energía, siendo el primer nivel de energía mayor que el segundo nivel de energía.

Hay numerosos sistemas de llave electrónica en el mercado tales como el sistema de “botón-i” de Dallas Semiconductor Corp. Estos pueden usarse para diversos fines, incluyendo aplicaciones de acceso personal y comercio electrónico. Los ejemplos de sistemas de llave electrónica propuestos para usar con aparatos médicos incluyen las Patentes de Estados Unidos N° 6.464.689 cedidas a Curon Medical y 5.742.718 cedida a Eclipse Surgical Technologies. Los sistemas en la técnica anterior tales como estos pueden usarse para autenticar una herramienta manual desechable teniendo el registro de la unidad de control un código único que lo lleva la llave electrónica. Estos sistemas pueden almacenar también datos de uso para el instrumento médico y datos del paciente para el procedimiento que se está experimentando. La presente invención proporciona un sistema sencillo, que tiene en cuenta que la llave electrónica puede estar presente en diferentes unidades de control en un intento de obtener un tiempo de uso adicional. El sistema

ES 2 309 684 T3

tiene en cuenta también que el dispositivo puede usarse a diferentes ajustes de energía y que el tiempo de uso aceptable puede depender de estos ajustes de energía.

El documento EP-A-0951921 de Indigo Medical, Inc. proporciona un dispositivo de suministro de energía de uso limitado para aplicar energía a tejido humano, funcionando el dispositivo para ajustar o prevenir el suministro de energía comparando, por ejemplo, el nivel de salida de energía o la temperatura del tejido con los parámetros de calibrado preajustados almacenados en una memoria del dispositivo de suministro.

El sistema preferido ajusta un nivel de energía umbral y aumenta el contador en una cantidad diferente dependiendo de si la energía suministrada está por encima o por debajo del nivel umbral. Dependiendo de la memoria disponible, el contador puede aumentarse cada vez que se proporcione un pulso al dispositivo o cada vez que una cantidad predefinida de energía (es decir, un número preestablecido de pulsos) se proporcione al dispositivo. Convenientemente, el nivel de energía umbral predeterminado está en el intervalo de 0,5 a 2,5 Julios y típicamente es sustancialmente de 2 Julios.

De acuerdo con una disposición conveniente, el segundo valor (para la energía suministrada por encima del umbral) es sustancialmente 2 veces el valor del primer valor (para energía suministrada por debajo del umbral). En una disposición, el valor máximo predeterminado es entre 500 y 5000 veces el primer valor, típicamente entre 2000 y 3000 veces el primer valor. De esta manera, el sistema da 5000 pulsos a los menores niveles de energía o hasta 2500 pulsos a los mayores niveles de energía.

Como alternativa la configuración del controlador puede ser tal que el contador se incremente a más de dos velocidades diferentes, de acuerdo con la energía del pulso usando dos o más umbrales de energía diferentes. De acuerdo con otra configuración, la velocidad de aumento del contador puede aumentar progresivamente según aumenta la energía suministrada.

Convenientemente, el medio de memoria incluye un código de identificación único para la llave electrónica y/o el controlador escribe un único código de identificación en el medio de memoria. Adicionalmente, el controlador está adaptado para provocar que el dispositivo de lectura/escritura envíe una señal al medio de memoria representativa del momento en el que la llave electrónica se presenta por primera vez al dispositivo de lectura/escritura o en el momento en el que los primeros pulsos de energía se proporcionan al dispositivo. El controlador se adapta preferiblemente para comparar el tiempo actual con el tiempo en el que se presentó la llave o cuando se proporcionaron los primeros pulsos de energía al dispositivo y para evitar proporcionar pulsos cuando la diferencia de tiempo supera un valor predeterminado. De esta manera, no solo puede el sistema confirmar la identidad del elemento desechable presentado al generador sino que también puede identificar los elementos desechables que son antiguos en el sentido de que se usaron antes de un periodo de tiempo dado. Convenientemente, el valor predeterminado es entre 6 y 12 horas.

El sistema puede usarse para realizar un método para controlar el uso de un dispositivo para tratar tejido humano que comprende las etapas de proporcionar un controlador para controlar el suministro de energía al dispositivo y una llave electrónica asociada con cada dispositivo, incluyendo la llave electrónica un medio de memoria, presentar la llave electrónica al controlador, leer el valor desde un contador incremental en el medio de memoria y determinar si se ha alcanzado un valor máximo predeterminado, suministrando pulsos de energía al dispositivo si el contador incremental no ha alcanzado su valor máximo predeterminado, actualizando el contador incremental a una velocidad que aumenta según aumenta la energía proporcionada al dispositivo. El aumento en la velocidad de incremento del contador según aumenta la energía puede conseguirse actualizando el contador incremental en un primer valor cada vez que un pulso o un número de pulsos se proporciona al dispositivo por debajo de un nivel de energía umbral predeterminado y actualizando el contador incremental en un segundo valor mayor cada vez que un pulso o un número de pulsos se proporciona al dispositivo por encima del nivel de energía umbral predeterminado.

El sistema puede usarse también en un método de tratamiento de la piel que comprende las etapas de generar pulsos de plasma y en un tratamiento inicial aplicar al menos un pulso de plasma a un primer nivel de energía a una superficie de la piel en el que la aplicación de dicho al menos un pulso de plasma a la superficie de la piel provoca la desnaturalización del colágeno dentro del tejido que contiene colágeno por debajo de la superficie de la piel sin provocar la retirada completa de la epidermis en dicha superficie de la piel y en un tratamiento posterior aplicar al menos un pulso de plasma a un segundo nivel de energía a una superficie de piel en el que la aplicación de dicho al menos un pulso de plasma a la superficie de la piel provoca la destrucción de la mayoría de la epidermis.

El tratamiento inicial puede estar constituido por una sola sesión en la que uno o más pulsos se aplican a cada área de la piel a tratar o varias de dichas sesiones repetidas en un intervalo de tiempo que varía desde varios minutos a un mes o mayor. En el tratamiento inicial, cada sesión da como resultado que se suministre energía por debajo de aquella que da como resultado la destrucción de la epidermis.

El tratamiento posterior está constituido por una sola sesión que puede implicar uno o más pulsos aplicados a cada área de la piel a tratar. La energía suministrada desde un solo pulso desde una serie de pulsos es tal que la mayoría de la epidermis se destruye.

El sistema preferido permite el control de la energía suministrada en una sola sesión o en múltiples sesiones de manera que la vida útil del instrumento se maximiza sin poner en riesgo la degradación del instrumento. Debe evitarse

la degradación del instrumento de manera que se minimice la posibilidad de variaciones en la energía suministrada a la piel que se trata y de esta manera el efecto que el tratamiento puede tener sobre el tejido a tratar.

Las realizaciones de la invención se describirán ahora 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 subyacente de un sistema quirúrgico para reestructuración de la piel;

la Figura 2 es una sección transversal longitudinal de un instrumento quirúrgico;

la Figura 3 es un detalle de la Figura 2;

la Figura 4 es una ilustración esquemática de un generador usado junto con el instrumento de las Figuras 2 y 3;

la Figura 5 es un gráfico que muestra la energía reflejada como función de la frecuencia operativa;

la Figura 6 es una sección transversal que muestra una modificación de la parte del instrumento mostrada 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 bloques más detallado de un generador que incluye un magnetrón;

la Figura 9 es un diagrama de circuito de una unidad invertidora del generador de la Figura 8;

la Figura 10 es un gráfico que ilustra las características de conexión del magnetrón en el generador de la Figura 8;

la Figura 11 es un diagrama de bloques de un bucle de control de la energía producida por el 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;

la Figura 13 es una sección transversal de un aislante 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 usar con el generador de la Figura 7;

la Figura 15 es un gráfico de la energía reflejada frente a la frecuencia para el instrumento de la Figura 14 cuando se emplea con el generador de la Figura 7;

la Figura 16 es una sección a través de una realización adicional del instrumento;

la Figura 17 es un gráfico de la energía reflejada frente a la frecuencia en el instrumento de la Figura 16;

la Figura 18 es una ilustración esquemática de otra realización del instrumento;

la Figura 19 es una vista en perspectiva en corte de otro instrumento alternativo; y

la Figura 20 es una sección transversal longitudinal de parte del instrumento de la Figura 19.

La Figura 21 es una vista en perspectiva de un instrumento para usar en el sistema quirúrgico de la Figura 1,

la Figura 22 es una vista lateral de sección del instrumento de la Figura 21,

la Figura 23 es una vista lateral de sección de un electrodo usando en el instrumento de la Figura 21,

la Figura 24 es una vista lateral de sección de un ensamblaje desechable usado en instrumento de la Figura 21, y

la Figura 25 es una ilustración esquemática de un sistema de acuerdo con la invención.

Haciendo referencia a la Figura 1, el principio de operación de un sistema de reestructuración de tejido se describirá ahora. Un sistema quirúrgico comprende un generador 4 que incluye una producción de energía 6, típicamente en forma de un oscilador o un amplificador o un dispositivo de energía termoiónico y una interfaz de usuario 8 y un controlador 10. El generador produce una salida que está acoplada mediante una estructura de suministro que incluye un cable 12 a un electrodo 14 de un instrumento 16. El sistema incluye adicionalmente un suministro 18 de gas que se suministra al instrumento mediante una tubería 20. El gas es preferiblemente un gas que permite suministrar energía

relativamente alta al tejido por unidad de energía suministrada al gas en el instrumento. Preferiblemente, el gas debe incluir un gas diatómico (o gas que tiene más de dos átomos) por ejemplo, nitrógeno dióxido de carbono o aire. Durante el uso, el generador funciona para establecer un campo eléctrico en la región de la punta 22 del electrodo. El gas del suministro 18 se pasa a través del campo eléctrico. Si el campo es suficientemente fuerte tendrá el efecto de

5 acelerar los electrones libres suficientemente para provocar colisiones con las moléculas de gas, cuyo resultado es la disociación de uno o más electrones desde las moléculas de gas para crear iones gaseosos o la excitación de electrones en las moléculas de gas a estados de energía mayores o la disociación de las moléculas en los átomos constituyentes o la excitación de los estados vibracionales en las moléculas gaseosas. El resultado en términos macroscópicos es la creación de un plasma 24 que está caliente. La energía se libera del plasma mediante la recombinación de electrones

10 e iones para formar átomos cargados de forma neutra o moléculas y la relajación a estados de energía inferiores desde estados de energía superiores. Dicha liberación de energía incluye la emisión de radiación electromagnética por ejemplo en forma de luz con un espectro que es característico del gas usado. 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 de gas dada).

15 En el sistema preferido, un plasma de baja temperatura se forma en nitrógeno. Esto se conoce también en la técnica como resplandor de Lewis-Rayleigh y el almacenamiento de energía mediante el plasma está dominado por los estados vibracionales de la molécula gaseosa y estados elevados de electrones aún unidos a las moléculas (conocidos como “estados metaestables” debido a su vida útil relativamente larga antes de que ocurra el decaimiento a estados de energía inferiores).

20 En este estado, el plasma reaccionará fácilmente, es decir, dará energía debido a colisión con otras moléculas. El plasma emite una luz amarilla/naranja característica con una longitud de onda principal de aproximadamente 580 nm.

25 Los estados relativamente duraderos del plasma son una ventaja en el sentido de que el plasma aún contiene cantidades útiles de energía en el tiempo que alcanza el tejido a tratar.

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

30 Tras el impacto, el plasma de nitrógeno penetra a una corta distancia en el tejido y rápidamente decae a un estado de baja energía para alcanzar el equilibrio con sus alrededores. La energía se transfiere a través de colisiones (calentando así el tejido) y emisión de energía electromagnética con un espectro típicamente que se extiende de 250 a 2500 nm. La energía electromagnética se absorbe mediante el tejido con un calentamiento consecuente.

35 Cuando el sistema se emplea con el fin de reestructuración de la piel hay una variedad de efectos de reestructuración de la piel que pueden conseguirse mediante la aplicación de un plasma a la piel y se consiguen diferentes efectos suministrando diferentes cantidades de energía a la piel durante diferentes periodos de tiempo. El sistema funciona generando un plasma en cortos pulsos. Las diversas combinaciones de estos parámetros dan como resultado diferentes efectos de reestructuración de la piel. Por ejemplo, aplicar una energía relativamente alta en pulsos extremadamente cortos (es decir, durante un periodo de tiempo extremadamente corto) dará como resultado la vaporización prácticamente instantánea de la capa más superior de la epidermis (es decir, disociación en pequeños fragmentos que en esta situación normalmente se los lleva el aire). El suministro de alta energía da como resultado la vaporización del tejido mientras que el corto periodo de tiempo durante el que se suministra la energía evita una penetración más profunda

40 del daño al tejido inducido térmicamente. Para suministrar altos niveles de energía al tejido, se requiere un plasma de alta temperatura y esto puede obtenerse suministrando energía a un alto nivel a una cantidad dada de gas (es decir, alta energía durante un corto periodo de tiempo o mayor energía) del campo eléctrico. Debe observarse que la temperatura del plasma disminuye al aumentar la distancia desde la punta del electrodo, lo que significa que la distancia a la que está suspendido el instrumento desde la superficie de la piel afectará a la temperatura del plasma incidente

45 sobre la piel y de esta manera la energía suministrada a la piel durante un periodo de tiempo dado. Esto es un tratamiento de reestructuración de la piel relativamente superficial aunque tiene la ventaja de que los tiempos de curado son extremadamente cortos.

50 Un efecto más profundo provocado por la modificación térmica y la retirada final de un mayor espesor de tejido puede obtenerse suministrando menores niveles de energía a la piel aunque durante periodos de tiempo más largos. Un nivel de energía menor y, de esta manera, una menor velocidad de suministro de energía evita la vaporización sustancialmente instantánea del tejido aunque el periodo más largo durante el que se suministra la energía da como resultado un mayor suministro de energía neto al tejido y efectos técnicos más profundos en el tejido. La formación de ampollas resultante en la piel y posterior necrosis del tejido ocurre durante un periodo de tiempo sustancialmente mayor que en el caso de un tratamiento superficial. La reestructuración de la piel que penetra más profundamente,

60 puede implicar un proceso por etapas en el que se realizan diversas “pasadas” sobre el tejido de manera que un área dada de piel se expone al plasma en dos o más ocasiones, puede penetrar suficientemente profundamente para provocar la desnaturalización del colágeno en la dermis. Esto tiene aplicabilidad en la retirada o remodelación de tejido con cicatrices (tal como las provocadas por el acné, por ejemplo) y reducción de arrugas. Puede conseguirse también la depilación de la superficie de la piel.

65 El sistema y los métodos descritos pueden usarse también para desbridar heridas o úlceras en el tratamiento de diversos trastornos cutáneos o dermatológicos incluyendo: tumores malignos (que implican principal o secundariamente

la piel), manchas de vino de Oporto, telangiectasia; granulomas; adenomas; hemangioma; lesiones pigmentadas; nevi; pápulos fibrosos, hiperplásticos, proliferativos e inflamatorios; rinofima; queratosis seborreica, linfocitoma; angiofibromata; verrugas; neurofibromas; condilomata; tejido con cicatrices queloides o hipertróficas.

5 El sistema y los métodos descritos pueden tener aplicabilidad también en otros numerosos trastornos y en este respecto la capacidad para hacer variar la profundidad del efecto sobre el tejido de una manera muy controlada es particularmente ventajoso. Por ejemplo, en un modo superficial de tratamiento pueden tratarse superficies de tejidos corporales distintos de la piel, incluyendo los revestimientos de la orofaringe, tractos respiratorio y gastrointestinal en los que es deseable retirar las lesiones superficiales tales como leudoplaquia (una lesión precancerosa superficial encontrada a menudo en la orofaringe) mientras que se minimiza el daño a las estructuras subyacentes. Además, la superficie peritoneal de los órganos y estructuras dentro del abdomen pueden ser un sitio de implante normal de tejido endometrial derivado del útero. Estos a menudo están constituidos por placas superficiales que pueden tratarse usando el sistema ajustado en un modo superficial de tratamiento. Si dichas lesiones implican capas más profundas de tejido que estas, pueden tratarse por múltiples aplicaciones o la profundidad del efecto en el tejido puede ajustarse usando las características de control incluidas en el sistema descrito y que se describirán adicionalmente en este documento.

Empleando un sistema o método con un ajuste diseñado para conseguir un efecto más profundo, las estructuras de tejido profundas a la capa de superficie pueden tratarse o modificarse. Dicha modificación puede incluir la contracción de tejido que contiene colágeno encontrada a menudo en las capas de tejido profundas respecto a la capa superficial. El control de profundidad del sistema permite por ejemplo tratar las estructuras vitales sin provocar la perforación de la estructura. Dichas estructuras pueden incluir partes del intestino donde es deseable reducir su volumen tales como gastropexia (reducir el volumen del estómago) o en casos en los que el intestino incluye evaginaciones anormales o diverticulares. Dichas estructuras pueden incluir también vasos sanguíneos que se han distendido anormalmente, un aneurisma o varicosidades, siendo un sitio común la arteria aorta, los vasos del cerebro o en las venas superficiales de la pierna. Aparte de estas estructuras vitales, las estructuras músculo-esqueléticas pueden modificarse también donde se han estirado o relajado. Una hernia de hiato ocurre cuando una parte del estómago pasa a través de la crura del diafragma que por ejemplo podría modificarse usando un instrumento tal que la apertura para pasar a través del estómago se estrecha en un punto en el que no ocurre por contracción de la crura. Las hernias en otras áreas del cuerpo pueden tratarse similarmente, incluyendo la modificación de las estructuras que contienen colágeno que rodean la debilidad a través de la que ocurre la hernia. Dichas hernias incluyen, aunque sin limitación, hernias inguinales y otras hernias abdominales.

Se describirán ahora diversos sistemas para reestructuración de tejido con mayor detalle. Haciendo referencia a las Figuras 2 y 3, un instrumento de reestructuración de piel 16 sin un eje externo que tiene un conector 26 en su extremo proximal mediante el cual el instrumento puede conectarse a los terminales de salida del generador (descritos con más detalle con referencia a la Figura 4), normalmente mediante un cable flexible como se muestra en la Figura 1. El instrumento recibe también un suministro de nitrógeno en el 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 suministro coaxial 40 y posteriormente mediante las aperturas 36 a lo largo de secciones adicionales del conducto anular 38A y 38B. Las secciones 38A, 38B del conducto anular se forman entre un manguito conductor 50 que está conectado al conducto externo 44 del cable de suministro coaxial y los elementos conductores 52 y 54 respectivos que están conectados al conductor interno 42 del cable de suministro coaxial 40. En el extremo distal del conducto anular 38B el gas se convierte en un plasma bajo la influencia de un campo eléctrico de alta intensidad oscilante E entre un electrodo de tipo aguja interno 60 provisto en el extremo distal del elemento conductor 54 y un segundo electrodo externo 70 provisto con una parte del manguito 50 que es adyacente y coextensiva con el electrodo de aguja 60. El plasma resultante 72 pasa fuera de la apertura 80 formada en un disco cerámico 82 en el extremo distal del instrumento en gran medida bajo la influencia de la presión desde el suministro de nitrógeno; la naturaleza aislante del disco 82 sirve para reducir o evitar la formación de arco preferente entre los electrodos 60 y 70.

El electrodo interno 60 está conectado a uno de los terminales de salida del generador mediante los elementos conductores 52, 54 y el conductor interno 42 de la estructura de suministro coaxial y el electrodo externo 70 está conectado al otro terminal de salida del generador mediante el manguito conductor 50 y el conductor externo 44 de la estructura de suministro coaxial 40. (Pueden usarse también guíasondas como estructura de suministro). La intensidad del campo eléctrico entre ellos, por lo tanto, oscila a la frecuencia de salida del generador que en esta variante está en la región de 2450 MHz. Para generar un plasma a partir de gas nitrógeno se requiere un campo eléctrico de alta intensidad. Respecto a esto, la configuración indicada relativamente del electrodo de aguja 60 ayuda a la creación de dicho campo porque la carga se acumula en la región de la punta que tiene el efecto de aumentar la intensidad de campo en esta zona. Sin embargo, la creación de un campo eléctrico de alta intensidad requiere una mayor diferencia de potencial entre los electrodos interno y externo 70 y, en general, la magnitud de la diferencia de potencial requerida para crear dicho campo aumenta con el aumento de la separación de los electrodos. La intensidad de campo eléctrico requerida para activar un plasma a partir de nitrógeno (y de esta manera crear un plasma) en la región de 3 M.Newtons por Culombio de carga que se traduce en una diferencia de potencial uniforme, igualando apenas una diferencia de potencial de 3 kV entre los conductores separados por una distancia de 1 mm. En el instrumento ilustrado en la Figura 2, la separación entre los electrodos interno y externo 60, 70 es de aproximadamente 3 mm de manera que cuando el campo es uniforme la tensión requerida para alcanzar la intensidad de campo requerida sería de aproximadamente 10 kV. Sin embargo, la geometría del electrodo 60 es tal que concentra la carga en las regiones del conductor que tienen una pequeña curvatura intensificando de esta manera el campo eléctrico de las regiones adyacentes de dichos conductores y reduciendo la magnitud de la diferencia de potencial que debe suministrarse a los electrodos para crear

un campo de la potencia requerida. Independientemente, en la práctica no es necesariamente deseable suministrar la diferencia de potencial de una magnitud suficiente a los electrodos 60, 70 directamente desde el generador porque el aislador de la estructura de suministro usada para conectar la salida del generador a los electrodos 60, 70 puede averiarse.

5

En el sistema descrito anteriormente con referencia a las Figuras 1 a 3, la tensión de salida del generador es preferiblemente del orden de 100 V. Para obtener una tensión suficientemente alta a través de los electrodos 60, 70 para activar un plasma por lo tanto es necesario proporcionar una transformación intensificada o ascendente de la tensión de suministro desde el generador. Una manera de conseguir esto es crear una estructura resonante que incorpora los electrodos 60, 70. Si una señal de salida del generador se suministra a la estructura resonante (y, de esta manera, a los electrodos) a una frecuencia que es igual a o similar a su frecuencia resonante, 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 está determinada por la geometría de la estructura, los materiales usados en la estructura (por ejemplo, materiales dieléctricos) y la impedancia de una carga. En este instrumento, la estructura resonante se proporciona mediante una combinación de dos estructuras de impedancia ajustada 92, 94 cuya función y funcionamiento se describirá con más detalle posteriormente.

15

El uso de una estructura resonante es una manera de proporcionar una tensión suficientemente alta a través de los electrodos 60, 70 para activar un plasma. Para que el instrumento sea eficaz, sin embargo es necesario que el generador suministre un nivel predeterminado y controlable de energía al plasma ya que esto afecta a la extensión en la que el nitrógeno se convierte en plasma que a su vez afecta a la energía que puede suministrarse el tejido en forma de calor. Además, es deseable tener una transmisión eficaz de energía desde el generador a la carga proporcionada por el plasma. Como se ha mencionado anteriormente, la frecuencia de salida del generador en el presente ejemplo está en la banda de frecuencias de frecuencia ultra alta (UHF) y se sitúa en la región de 2450 MHz, siendo esta una frecuencia cuyo uso se permite para propósitos quirúrgicos mediante legislación ISM. A las frecuencias de esta magnitud es apropiado considerar que la transmisión de señales eléctricas en el contexto de dicho sistema quirúrgico como la transmisión de ondas electromagnéticas y las estructuras de suministro para su propagación eficaz toma la forma de líneas de transmisión coaxiales o guíasondas.

30

En el instrumento de la Figura 2, el cable coaxial 40 proporciona la estructura de suministro de la línea de transmisión desde el generador 4 al instrumento 16. Los conductores interno y externo 42, 44 de la estructura de suministro coaxial 40 están espaciados entre sí por un dieléctrico anular 46. Para proporcionar una transmisión eficaz de energía desde la salida de 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 ohmios y la impedancia característica del cable coaxial 40 es también de 50 ohmios. La carga proporcionada al generador antes de activar el plasma es del orden de 5 k ohmios. Debido a esta gran diferencia de impedancia entre la impedancia del generador y la estructura de suministro por un lado y la carga por otro lado, suministrar energía a la carga directamente desde la estructura de suministro dará como resultado pérdidas sustanciales de energía (es decir, producción de energía desde el generador que no se suministra a la carga) debido a las reflexiones de las ondas electromagnéticas en la interfaz entre la estructura de suministro y la carga. De esta manera, no es preferible simplemente conectar los conductores interno y externo 42, 44 del cable coaxial 40 a los electrodos 60, 70 debido a las pérdidas resultantes. Para mitigar dichas pérdidas es necesario ajustar la impedancia característica relativamente baja del cable 40 y la impedancia de carga relativamente alta y en el presente sistema esto se consigue conectando la carga de la estructura de suministro (cuya impedancia característica es igual a la de la impedancia del generador) mediante un transformador de impedancia compuesto por dos secciones 92, 94 de la línea de transmisión que tienen diferentes impedancias características para proporcionar una transición entre una impedancia característica baja de la estructura de suministro coaxial y la carga de alta impedancia. La estructura de ajuste 92 tiene un conductor interno proporcionado por el elemento conductor 52, que tiene un diámetro relativamente grande y está separado de un conductor externo proporcionado por el manguito conductor 50 mediante dos espaciadores dieléctricos 56. Como puede observarse a partir de la Figura 2, el espaciado entre los conductores interno y externo 52, 50 es relativamente pequeño como resultado de lo cual la estructura de ajuste 92 tiene una impedancia característica relativamente baja (en la región de 8 ohmios en este sistema). La estructura de ajuste 94 tiene un conductor interno proporcionado por el elemento conductor 54 y un conductor externo proporcionado por el manguito 50. El conductor interno a proporcionar por el elemento conductor 54 tiene un diámetro significativamente menor que el elemento conductor 52 y el hueco relativamente grande entre los conductores internos y externo 50, 54 da como resultado una impedancia característica relativamente alta (80 ohmios) de la estructura de ajuste 94.

55

Eléctricamente, y cuando está operativo, el instrumento puede estar constituido por cuatro secciones de diferentes impedancias conectadas en serie: la impedancia Z_F de la estructura de suministro proporcionada por el cable coaxial 40, la impedancia de la estructura de transición proporcionada por las dos series conectadas de estructuras de ajuste 92, 94 de la línea de transmisión que tienen 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. Cuando cada una de las secciones 92, 94 de la estructura de ajuste 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 suministro se hacen corresponder:

65

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

La impedancia Z_L de la carga proporcionada al generador por el plasma en la región de 5 k ohmios; la impedancia característica Z_F del cable coaxial 40 es 50 ohmios lo que significa que la proporción $Z_{94}^2/Z_{92}^2 = 100$ y de esta manera $Z_{94}/Z_{92} = 10$. Se ha encontrado que los valores prácticos son de 80 ohmios para Z_{94} , la impedancia de la estructura de ajuste de la sección 94 y 8 ohmios para Z_{92} , la impedancia de la estructura de ajuste de la sección 92.

El requisito de que cada una de las estructuras de ajuste 92, 94 sea de un cuarto la longitud de onda es una parte inherente del proceso de ajuste. Su significado viene porque cada una de las interfaces entre las diferentes impedancias características tendrá reflexiones de las ondas electromagnéticas. Creando las secciones 92, 94 de un cuarto del largo de la longitud de onda, las reflexiones por ejemplo en la interfaz entre la estructura de suministro coaxial 40 y en la sección 92 estarán en antifase con las reflexiones en la interfaz entre la sección 92 y la sección 94 e interferirán por lo tanto 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, por otro. La interferencia destructiva tiene el efecto de minimizar las pérdidas de energía debido a las ondas reflejadas en las interfaces entre diferentes impedancias, con la condición de que las reflexiones dadas de las ondas electromagnéticas que tienen un ángulo de fase nominal de 0 radianes sean de igual intensidad que las reflexiones netas que tienen un ángulo de fase nominal de π radianes (una condición que se satisface seleccionando los valores de impedancia apropiados para las diferentes secciones 92, 94).

Haciendo referencia ahora a la Figura 4, un generador usado junto con el instrumento descrito anteriormente comprende una unidad de suministro de energía 100 que recibe una entrada de un cable principal de corriente alterna y produce una tensión CC constante a través de un par de terminales de salida 102 que están conectados a un amplificador de energía en estado sólido de ganancia fija 104. El amplificador de potencia 104 recibe una señal de entrada desde un oscilador ajustable 106 mediante un atenuador variable 108. El amplificador de potencia 104, el oscilador ajustado 106 y el atenuador variable 108 pueden considerarse como un dispositivo de producción de energía AC. El control de la frecuencia de oscilación del oscilador y el atenuador 108 se realiza mediante las salidas de tensión V_{ajuste} y $V_{ganancia}$ desde un controlador 110 (cuyo funcionamiento se describirá posteriormente con más detalle) dependiendo de las señales de retroalimentación y las señales de entrada desde una interfaz de usuario 112. La salida del amplificador 104 pasa a través de un distribuidor 114 y después secuencialmente a través de la salida y vuelve a los acopladores direccionales 116, 118, que junto con los detectores 120, 122 proporcionan una indicación de la producción de energía P_{salida} por el generador y la energía reflejada P_{ref} de nuevo hacia el generador respectivamente. La energía reflejada de nuevo hacia el generador pasa a través del distribuidor 114 que dirige la potencia reflejada al resistor atenuante 124 cuya impedancia se elige de manera que proporciona un buen ajuste con la estructura de suministro 40 (es decir, 50 ohmios). El resistor de atenuante tiene la función de disipar la energía reflejada y hace esto convirtiendo la energía reflejada en calor.

El controlador 110 recibe señales de entrada $I_{usuario}$, P_{salida} , R_{ref} , G_{flujo} desde la interfaz de usuario, los detectores de energía producida y reflejada 120, 122 y un regulador de flujo de gas 130 respectivamente, controlando este último la velocidad de suministro de nitrógeno. Cada una de las señales de entrada pasa a través de un convertidor analógico a digital 132 y hacia un microprocesador 134. El microprocesador 134 funciona mediante un convertidor digital a analógico 136 para controlar el valor de tres parámetros de control de salida: V_{ajuste} que controla la frecuencia de salida del oscilador 106; $V_{ganancia}$ que controla la extensión de la atenuación dentro de la atenuador variable 108 y de esta manera eficazmente la ganancia del amplificador 104 y G_{flujo} la velocidad del flujo de gas a través del instrumento con el objetivo de optimizar el rendimiento del sistema. Esta optimización incluye ajustar la salida del oscilador 106 a la frecuencia de operación más eficaz, es decir, la frecuencia a la que la mayor cantidad de energía se transfiere al plasma. El oscilador 106 puede generar señales de salida a través del ancho de banda ISM de 2400-2500 MHz. Para conseguir la optimización de la frecuencia operativa tras conectar el sistema, el microprocesador 134 ajusta la salida de $V_{ganancia}$ para provocar que el atenuador reduzca la energía de salida del generador a un nivel extremadamente bajo y barre la frecuencia ajustando la salida de la tensión V_{ajuste} desde su nivel más bajo al más alto provocando que el oscilador haga un barrido correspondientemente a través de su ancho de banda de salida de 100 MHz. Los valores de la energía reflejada P_{ref} se registran en el microprocesador 134 a través del ancho de banda del oscilador y la Figura 5 ilustra una reacción típica entre la frecuencia de salida del generador y la energía reflejada P_{ref} . Puede observarse desde la Figura 5 que el menor nivel de la energía reflejada ocurre a una frecuencia f_{res} que corresponde a la frecuencia resonante de la estructura resonante dentro del instrumento 16. Habiendo determinado desde un barrido de frecuencia de energía baja inicial el valor de la frecuencia más eficaz al que la energía puede suministrarse al electrodo, el microprocesador ajusta entonces la frecuencia de salida del oscilador a la frecuencia f_{res} . En una modificación, el controlador puede funcionar mediante una señal de demanda desde la interfaz de usuario (la señal de demanda la realiza un usuario mediante la interfaz de usuario) para realizar un barrido de frecuencia inicial antes de la conexión del instrumento 16 al generador. Esto permite al controlador mapear la estructura de suministro entre el dispositivo de salida de producción de energía y el instrumento para tener en cuenta el efecto de cualquier desajuste entre las secciones discretas de la estructura de suministro etc. que tendrá un efecto sobre la atenuación de la energía a diversas frecuencias. Este mapeo de frecuencia lo puede usar después el controlador 110 para asegurar que se tienen en cuenta solo las variaciones en la atenuación de energía con la frecuencia que no están presentes endémicamente como resultado de los componentes del generador y/o de la estructura de suministro entre el generador y el instrumento.

La salida de energía operativa del dispositivo de producción de energía se ajusta de acuerdo con la señal de entrada y su usuario al controlador 110 desde la interfaz de usuario 112 y que representa un nivel de energía demandada ajustado en la interfaz de usuario 112 mediante un operario. Los diversos modos de control posibles del generador dependen de la interfaz de usuario 112 y más particularmente las opciones que la interfaz de usuario se programa para

dar a un usuario. Por ejemplo, como se ha mencionado anteriormente, hay numerosos parámetros que pueden ajustarse para conseguir diferentes efectos en el tejido tales como el nivel de energía, caudal de gas, la longitud del periodo de tiempo (la anchura del pulso de tratamiento) para la que el instrumento es operativo para generar plasma sobre una región particular de la piel y la distancia de separación entre la apertura en el extremo distal de un instrumento 16 y el tejido. La interfaz de usuario 112 ofrece al usuario numerosos modos de control alternativos cada uno de los cuales permite al usuario controlar el sistema de acuerdo con diferentes criterios de demanda. Por ejemplo, un modo preferido de operación es uno que mimetiza el control operativo de los aparatos de reestructuración por láser, ya que esto tiene la ventaja de que lo entienden fácilmente los que trabajan actualmente en el campo de la reestructuración de la piel. En el modo de operación de reestructuración con láser la interfaz de usuario invita a un usuario a seleccionar un nivel de energía de suministro por área de superficie (conocido en la técnica como “fluencia”) por pulso del instrumento. Cuando se funciona de este modo, el microprocesador ajusta V_{ganancia} de manera que el dispositivo de producción de energía tiene una energía de salida constante pre-ajustada típicamente en la región de 160 W y la señal de entrada I_{usuario} desde el usuario se convierte en un periodo de tiempo demandando representado por la anchura del pulso calculado a partir de la energía requerida por el pulso de tratamiento y el nivel constante de la energía de salida. Sin embargo, la señal de la tensión V_{ganancia} se usa también para conectar la salida del generador y desconectarla de acuerdo con las señales de entrada desde la interfaz de usuario. De esta manera, por ejemplo, cuando el usuario pulsa un botón en el mango del instrumento (no mostrado), una señal enviada por la interfaz de usuario 112 al microprocesador 134 que entonces funciona para producir un pulso de anchura predeterminada (por ejemplo 20 ms) alterando V_{ganancia} desde su ajuste inactivo al que la salida del atenuador 108 es tal que prácticamente no hay señal para el amplificador 104 que amplificar y la salida del generador es insignificante, a un valor correspondiente a la energía de salida constante preestablecida durante un periodo de tiempo igual a la anchura de pulso demandada. Esto tendrá el efecto de alterar la salida del amplificador desde su estado inactivo al nivel de energía de salida constante preestablecido durante un periodo de tiempo igual a la anchura de pulso demandada y finalmente crear un plasma durante dicho periodo de tiempo. Alternando la anchura de pulso de acuerdo con una entrada de usuario, los pulsos de energías seleccionadas pueden suministrarse típicamente en el intervalo de 6 ms a 20 ms. Estos pulsos pueden suministrarse en una base “única” o como una serie continua de pulsos a una frecuencia de pulso predeterminada.

El área superficial sobre la que la energía se suministra típicamente será una función de la geometría del instrumento y esto puede introducirse en la interfaz de usuario de numerosas maneras. En una variante, la interfaz de usuario almacena datos de área superficial para cada geometría diferente del instrumento que puede usarse con el generador y el instrumento en funcionamiento lo identifica manualmente el usuario como respuesta a un aviso a través de la interfaz de usuario 112 o se ha identificado automáticamente mediante un artefacto de identificación sobre el instrumento que puede detectarse mediante el controlador (que puede requerir una conexión entre el controlador y el instrumento). Adicionalmente, en el área superficial se da también una función de la distancia de separación de la apertura del instrumento 82 desde el tejido ya que cuanto mayor sea la separación más frío estará el plasma en el momento que alcanza la superficie y también dependiendo de la geometría del instrumento, el instrumento puede producir un rayo divergente. Los instrumentos pueden hacerse funcionar con una distancia de separación fija, por ejemplo mediante un espaciador conectado al extremo distal del instrumento en cuyo caso los datos de área superficial mantenidos dentro de la interfaz del usuario tendrán en cuenta automáticamente la distancia de separación. Como alternativa, los instrumentos pueden hacerse funcionar con una distancia de separación variable en cuyo caso la distancia de separación debe medirse y retroalimentarse al controlador para permitir que tenga en cuenta el cálculo del área superficial.

Otro parámetro que puede afectar a la energía por área unitaria es el caudal de gas y en un sistema preferido el controlador preferiblemente contiene una tabla de consulta 140 de caudal G_{flujo} frente a la energía producida por el generador P_{salida} para diversos niveles de energía constante y un caudal para un nivel de energía de salida dado se ajusta en consecuencia. En una modificación adicional el caudal de gas puede ajustarse dinámicamente para tener en cuenta en las variaciones en la distancia de separación, por ejemplo, y se desconecta preferiblemente entre pulsos.

Como se ha descrito anteriormente, para facilitar de forma óptima el uso en el modo de reestructuración el dispositivo de producción de energía idealmente suministrará una energía de salida constante durante toda la duración de una producción, ya que esto facilita un control fácil de la producción de energía total en un pulso dado. Con una producción de energía constante, el controlador puede controlar la energía total suministrada por pulsos simplemente conectando el dispositivo de producción de energía (mediante la señal V_{ganancia}) durante un periodo de tiempo predeterminado calculado en base al nivel de energía de salida. Sin embargo, en la práctica puede ser el caso de que la salida de energía varíe en un grado significativo con respecto a la precisión a la que se requiere terminar la energía total suministrada por pulso de salida. En este caso, el microprocesador se programa para controlar la energía de salida integrando P_{salida} (a partir del detector 120) con respecto al tiempo y desconectando el dispositivo de producción de energía alterando V_{ganancia} para volver al atenuador de variable 108 a su ajuste inactivo.

Otra complicación en el control del funcionamiento del sistema surge en la creación de un plasma en la apertura 80 supone en términos eléctricos simplísticos extender la longitud del electrodo de aguja 60 ya que el plasma está constituido por moléculas ionizadas y por lo tanto es conductor. Esto tiene el efecto de disminuir la frecuencia resonante de la estructura resonante de manera que la salida del generador óptima a la que la energía puede suministrarse al instrumento con el fin de activar un plasma es diferente de la frecuencia óptima a la que la energía puede suministrarse a un plasma existente. Para tratar esta dificultad, el microprocesador 134 se programa continuamente para ajustar la salida del oscilador durante el funcionamiento del sistema. En un modo preferido se emplea la técnica de “indecisión” con lo que el microprocesador 134 provoca que la salida del oscilador genere momentáneamente salidas a frecuencias 4 MHz por debajo y por encima de la frecuencia de salida actual y después muestras a través del detector de energía

reflejada 122 la atenuación de energía a estas frecuencias. En el caso de que se atenúe más energía en una de estas frecuencias que a la frecuencia actual de funcionamiento, el microprocesador vuelve a ajustar la señal del oscilador de manera que la frecuencia a la que ocurre una mayor atenuación de energía y después repite el proceso. En un modo preferido adicional de funcionamiento el microprocesador 134 registra la magnitud del desplazamiento en la frecuencia resonante cuando un plasma se activa y los pulsos posteriores desplazan la frecuencia del oscilador 106 correspondientemente cuando el sistema sale del ajuste (es decir, cuando un plasma se activa) con lo que se emplea la técnica de indecisión. Esto tiene la ventaja de proporcionar un reajuste más rápido del sistema una vez que un plasma se activa por primera vez.

Como se ha mencionado anteriormente, en el sistema mostrado en la Figura 4, el amplificador 104 se ajusta típicamente para producir aproximadamente 160 W de energía de salida. Sin embargo no toda esta se suministra al plasma. Típicamente, la energía también se pierde por radiación desde el extremo del instrumento en forma de ondas electromagnéticas por reflexión en las conexiones entre los cables y en forma de pérdidas dieléctricas y conductivas (es decir, la atenuación de energía dentro de los dieléctricos que forman parte de la línea de transmisión). En el diseño del instrumento en las Figuras 2 y 3 es posible beneficiarse de la pérdida dieléctrica mediante el suministro de gas a través de los conductos anulares 38a, b de las secciones 92, 94 de la estructura de ajuste de impedancia; de esta manera, las pérdidas de energía dieléctrica en el gas sirven para calentar el gas haciéndole más susceptible de convertirse en plasma.

Haciendo referencia ahora a la Figura 6, en una modificación del instrumento 14 mostrada en las Figuras 2 y 3, una tapa final 84 hecha de material conductor se adapta al extremo distal del instrumento 14. La tapa final está conectada eléctricamente al manguito 50 y por lo tanto es parte del electrodo 70. El proporcionar la tapa final 84 tiene diversos efectos beneficiosos. En primer lugar, como el campo eléctrico preferiblemente se extiende de un conductor a otro, y la tapa final 84 lleva eficazmente 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 que el plasma pasa según se expulsa desde el instrumento acelerando de esta manera los iones dentro del plasma. En segundo lugar, el efecto físico de la tapa final 84 en el plasma es que dirige el plasma de una manera más controlada. En tercer lugar, las corrientes protectoras externas sobre el instrumento (es decir, la corriente que viaja desde el exterior del instrumento hacia el generador) se reducen significativamente con la tapa final 84, ya que el electrodo 60 incluso cuando se extiende eléctricamente mediante un plasma se extiende a una menor extensión más allá del extremo del instrumento y de esta manera se reducen las pérdidas de esta naturaleza.

En una alternativa y en un sistema más sencillo que funciona a una frecuencia de salida en un intervalo de 2450 MHz, puede emplearse un dispositivo de producción de energía capaz de suministrar significativamente más energía que un amplificador en estado sólido. Con el aumento de la energía disponible desde el dispositivo de producción de energía, la tensión intensificada requerida es menor y de esta manera el papel representado por las estructuras resonantes (por ejemplo) disminuye.

Por consiguiente, y haciendo referencia ahora a la Figura 7, un generador alternativo tiene un suministro AC rectificado de alta tensión 200 conectado a un dispositivo de energía de radiofrecuencia termoiónico, en este caso a un magnetrón 204. El magnetrón 204 contiene un calefactor de filamento (no mostrado) unido al cátodo del magnetrón 204C que actúa para liberar electrones desde el cátodo 204C y que está controlado por un suministro de energía al filamento 206; cuanto mayor sea la energía suministrada al calefactor de filamento, más caliente se pondrá el cátodo 204C y de esta manera mayor será el número de electrones suministrado al interior del magnetrón. El magnetrón puede tener un imán permanente para crear un campo magnético en la cavidad que rodea el cátodo aunque en este sistema tiene un electroimán con numerosas bobinas (no mostradas) que están suministradas con corriente desde un suministro de energía de electroimán 208. El ánodo del magnetrón 204A tiene una serie de cámaras resonantes 210 dispuestas en una serie circular alrededor del cátodo 204C y está asociado a la cavidad anular. Los electrones libres del cátodo 204C se aceleran radialmente hacia el ánodo 204A bajo la influencia del campo eléctrico creado en el cátodo 214 mediante el suministro de alta tensión 200. El campo magnético desde el electroimán (no mostrado) acelera los electrones en una dirección perpendicular al campo eléctrico como resultado de lo cual los electrones ejecutan una trayectoria curvada desde el cátodo 204C hacia el ánodo 204A donde dan su energía a una de las cámaras resonantes 210. La energía se toma desde las cámaras resonantes 210 mediante una estructura de acoplamiento adecuado al terminal de salida. El funcionamiento de los dispositivos de producción de energía del magnetrón se entiende bien *per se* y no se describirá adicionalmente en este documento. Como con el generador de la Figura 4, pueden proporcionarse un distribuidor (no mostrado en la Figura 7) y acopladores direccionales.

El dispositivo de producción de energía de tipo magnetrón es capaz de generar sustancialmente más energía que el dispositivo de producción de energía en estado sólido de la Figura 4 aunque es más difícil de controlar. En términos generales, la producción de energía del magnetrón aumenta: (a) según aumenta el número de electrones que pasan desde el cátodo al ánodo; (b) con el aumento de la tensión de suministro al cátodo (dentro de una banda de tensión relativamente estrecha); (c) y con el aumento del campo magnético dentro del magnetrón. El suministro de alta tensión 200, el suministro de filamento 206 y el suministro electromagnético 208 por lo tanto están todos controlados desde el controlador de acuerdo con los ajustes de entrada desde la interfaz de usuario como en el caso del dispositivo de producción de energía del amplificador en estado sólido. Como el magnetrón es más difícil de controlar es menos sencillo obtener una producción de energía uniforme durante toda la duración del pulso de tratamiento (pulso de energía producida). En un método de control, por lo tanto, el controlador funciona integrando la energía producida con respecto al tiempo y desconectando el suministro de tensión alta 200 (desconectando de esta manera el magnetrón) cuando el nivel

de energía requerido se ha suministrado como se ha descrito anteriormente. Como alternativa, la producción del suministro de cátodo puede controlarse y monitorizarse para proporcionar el control de la energía producida controlando la corriente suministrada, siendo la corriente del cátodo/ánodo proporcional a la energía producida.

5 Otro generador alternativo al que puede aplicarse la invención y que emplea un magnetrón como dispositivo de producción de energía se describirá ahora con referencia a la Figura 8. Como en el sistema de la Figura 7, la energía para el magnetrón 204 se suministra de dos maneras. En primer lugar, como una tensión de alta CC 200P para el cátodo y como un suministro de filamento 206P para el calefactor del cátodo. Estas entradas de energía proceden ambas en este caso de una unidad de suministro de energía 210 que tiene una entrada de tensión principal 211. Una primera
10 salida de la unidad 210 es una salida CC de nivel intermedio 210P en la región de 200 a 400 V CC (específicamente 350 V CC en este caso) que se suministra a un convertidor CC en forma de una unidad inversora 200 que multiplica la tensión intermedia a un nivel superior a 2 kV CC, en este caso en la región de 4 kV.

15 El suministro de filamento 206 está accionado también desde la unidad de suministro de energía 210. Tanto el suministro de alta tensión representado por la unidad invertidora 200 y el suministro de filamento 206 están acoplados a un controlador CPU 110 para controlar la energía producida desde el magnetrón 204 de una manera que se describirá posteriormente en este documento.

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

El magnetrón 204 funciona en la banda UHF típicamente a 2,475 GHz proporcionando una producción sobre la línea de producción 204L que suministra una estación de transición de suministro 213 que convierte la salida del magnetrón de guías de onda a un suministrador coaxial de 50 ohmios de aislamiento CC de baja frecuencia que se
25 proporciona también en esta etapa. Posteriormente, el distribuidor 114 proporciona una carga constante de 50 ohmios de impedancia para la producción de la etapa de transición de suministro 213. A parte de un primer puerto acoplado a la etapa transición 213, el distribuidor 114 tiene un segundo puerto 114A acoplado a una etapa aislamiento UHF 214 y de esta manera al terminal de salida 216 del generador. Un tercer puerto 114B del distribuidor 114 pasa la energía bien reflejada de nuevo desde la salida del generador 216 mediante el puerto 114A a un depósito de la energía reflejada
30 resistiva 124. Las conexiones detectoras de energía hacia delante y reflejada 116 y 118 en este caso están asociadas con el primer y tercer puertos distribuidores 114A y 114B respectivamente para proporcionar señales sensibles para el controlador 110.

35 El controlador 110 aplica también mediante la línea 218 una señal de control para abrir y cerrar una válvula de suministro de gas 220 de manera que el gas nitrógeno se suministra desde la fuente 130 a una salida de suministro de gas 222. Un instrumento quirúrgico (no mostrado en la Figura 8) conectado al generador tiene un cable suministrador coaxial de baja pérdida para conexión a una salida UHF 216 y una tubería de suministro para conexión a la salida de suministro del gas 222.

40 Es importante que el efecto producido sobre el tejido sea tanto controlable como consistente, lo que significa que la energía suministrada de la piel debe ser controlable y consistente durante el tratamiento. Para el tratamiento de la piel u otro tejido superficial es posible que el aparato como se ha descrito en este documento permita suministrar una cantidad controlada de energía a una pequeña región en un tiempo típicamente a una región circular con un diámetro de aproximadamente 6 mm. Como se ha mencionado anteriormente, para evitar efectos térmicos indeseados
45 en una profundidad mayor que la requerida, se prefiere usar un suministro de plasma de energía relativamente alta pero pulsado para el tratamiento rápido a una profundidad limitada. Una vez tratada una pequeña región, típicamente con una sola ráfaga de energía de radiofrecuencia menor 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 energía de nuevo. Como alternativa, pueden suministrarse múltiples pulsos a una velocidad predeterminada. La predictibilidad y consistencia
50 del efecto puede conseguirse si se controla la energía suministrada al tejido por pulso y es consistente para un ajuste de control dado en la interfaz del usuario. Por esta razón, el generador preferido da lugar a una producción de energía conocida y conecta y desconecta la energía de radiofrecuencia con precisión. Generalmente, los pulsos de tratamiento son más cortos de 100 ms, por ejemplo menores de 30 ms de duración y pueden ser tan cortos como 2 ms. Cuando se repiten, la velocidad de repetición está típicamente en el intervalo de 0,5 o de 1 a 10 o 15 Hz.

55 La aplicación de un cebador para dispositivos de tipo magnetrón es para el calentamiento dieléctrico. El control de la energía ocurre promediando con el tiempo y, habitualmente, el dispositivo funciona en un modo discontinuo a la frecuencia de la línea principal (50 o 60 Hz). Un circuito de conexión de conducción de línea principal se aplica al bobinado primario del transformador intensificado, cuyo bobinado secundario se aplica al ánodo del magnetrón y a los terminales de ánodo y cátodo del magnetrón. Habitualmente, además, el suministro de energía de filamento se toma desde un bobinado secundario auxiliar del transformador intensificado. Esto lleva la penalización de que las respuestas transitorias del calefactor y las cargas ánodo-cátodo son diferentes; el calefactor puede tener un tiempo de calentamiento de 10 a 30 segundos mientras que la respuesta del ánodo-cátodo es menor de 10 μ s, dando lugar a niveles de producción de energía impredecibles después de una interrupción significativa. Debido al suministro de
60 energía discontinuo a la frecuencia de la línea principal, el suministro de energía de pico puede ser de tres a seis veces el suministro de energía medio, dependiendo de los elementos para optimizar la corriente en el suministro de energía. Se entenderá desde los puntos realizados anteriormente que dicho funcionamiento de magnetrón es inapropiado para la reestructuración del tejido. La unidad de suministro de energía del generador preferido proporciona un suministro

ES 2 309 684 T3

de energía continuo para el dispositivo de energía de radiofrecuencia (es decir, el magnetrón en este caso) que está interrumpido únicamente 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 un suministro CC continuo de, por ejemplo, al menos 200 V. El distribuidor UHF acoplado a la salida de magnetrón ayuda a la estabilidad proporcionando una carga de impedancia constante.

En el generador ilustrado en la Figura 8, la controlabilidad deseada y consistencia del efecto se consigue en primer lugar usando un suministro de filamento independiente. El controlador 110 funciona para activar el calefactor del magnetrón, al que después se permite que alcance un estado estacionario entre la actuación del suministro de alta tensión al cátodo del magnetrón.

En segundo lugar, la cadena de suministro de energía de alta tensión evita la dependencia de un filtro pesado y forma parte de un bucle de control actual de magnetrón que tiene una respuesta mucho más rápida que los circuitos de control usando capacitancias de filtro de gran derivación. En particular, la cadena de suministro de energía incluye, como se ha explicado anteriormente con referencia a la Figura 8, una unidad invertidora que proporciona una fuente de corriente controlable continua aplicada a alta tensión a los terminales ánodo y cátodo del magnetrón. Para una eficacia máxima la fuente de corriente se proporciona mediante un suministro de energía en modo conectado que funciona en un modo de corriente continua. Una serie de inductancia para suavizar la corriente en el suministro del invertidor se suministra desde un dispositivo regulador de oposición. Haciendo referencia a la Figura 9, que es un diagrama de circuito simplificado, el regulador de oposición comprende un MOSFET 230, el inductor de suavizado de corriente 232 (aquí en la región de $500\ \mu\text{H}$) y un diodo 234. El regulador de oposición, como se muestra, está conectado entre el raíl CC de 350 V de la salida de PSU 210 P (véase la Figura 8) y una instalación de puente de cuatro MOSFET de conexión 236 a 239 que forman una etapa invertidora. Estos transistores 236 a 239 están conectados en un puente H y funcionan en antifase con poco más del 50% de las veces encendido para asegurar una corriente de suministro continuo al bobinado primario 240P del transformador intensificado 240. Un rectificador de puente 242 acoplado a través del bobinado secundario 240F y un capacitor de suavizado relativamente pequeño 244 que tienen un valor menor de o igual a $220\ \mu\text{F}$ produce el suministro de alta tensión requerido 200P para el magnetrón.

Pulsando el transistor de oposición 230 como un dispositivo interruptor 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, el suministro de corriente continua a un nivel de energía mayor de 1 kW puede proporcionarse al magnetrón dentro de cada pulso de tratamiento. El nivel actual se controla ajustando la proporción de marca a espacio de los pulsos dirigidos aplicados a la puerta del transistor de oposición 230. El mismo terminal de puerta se usa en este caso en combinación con un cierre de los pulsos conductores a los transistores de la etapa invertidora para desactivar el magnetrón entre los pulsos de tratamiento.

Las personas especialistas en la técnica entenderán que los componentes individuales a los que se hace referencia en esta descripción, por ejemplo transistores individuales, inductores y capacitores pueden sustituirse por múltiples de dichos componentes de acuerdo con los requisitos de manipulación de energía y demás. Pueden usarse también otras estructuras equivalentes.

La frecuencia de pulso del transistor de oposición de los pulsos conductores es preferiblemente mayor de 16 kHz para inaudabilidad (así como para la respuesta del bucle de control y una corriente ondulada mínima) y es preferiblemente entre 40 kHz y 150 kHz. Ventajosamente, los transistores invertidores 236 a 239 se pulsan dentro de los mismos intervalos de frecuencia preferiblemente a la mitad de la frecuencia de la consistencia del transistor de oposición entre semiciclos sucesivos aplicados al transformador intensificado 240.

El transformador 240 tiene preferiblemente un núcleo de ferrita y tiene una proporción de giro de 2:15.

Como se observará a partir de la Figura 10, que muestra la tensión de salida de la producción 200P y la energía de salida del magnetrón en el comienzo de un pulso de tratamiento, la puesta en marcha puede conseguirse en un tiempo relativamente corto típicamente menor de $300\ \mu\text{s}$ dependiendo del valor del capacitor 244. El tiempo de desconexión generalmente es considerablemente más corto. Esto produce la ventaja de que la longitud del pulso de tratamiento y, como resultado, la energía suministrada por pulsos de tratamiento (típicamente de 2 a 6 julios) prácticamente no se ve afectada por las limitaciones en el suministro de energía o el magnetrón. La alta eficacia (típicamente el 80%) puede conseguirse para la conversión desde una tensión de suministro de cientos de voltios (en las barras de suministro 228 y 229) a la producción de alta tensión entre 200P (véase Figura 9).

El control consistente del nivel de producción de energía del magnetrón con la respuesta rápida al cambio en las condiciones de carga puede conseguirse ahora usando un control de retroalimentación de la proporción de marca a espacio de los pulsos conductores al transistor de oposición 230. Como la producción de energía desde el magnetrón principalmente depende de la corriente del cátodo al ánodo, los servos de control de suministro de energía están basados en corriente. Esto incluye un bucle de control que genera una tensión de error desde una diferencia de ganancia multiplicada entre la corriente de ánodo a cátodo medida y una demanda de corriente dependiente de la energía producida preestablecida. El error de tensión se ha compensado para la corriente inductora de almacenamiento y la diferencia de ganancia multiplicada determina la proporción marca a espacio de los pulsos conductores suministrados al transistor de oposición 230 como se muestra en los diagramas de bucle de control de las Figuras 11 y 12.

ES 2 309 684 T3

Una acción del servo basada en corriente se prefiere también para permitir la compensación para el envejecimiento del magnetrón que da como resultado un aumento de la impedancia de ánodo a cátodo. Por consiguiente, los niveles de suministro de energía requerida se mantienen hasta el fallo del magnetrón.

5 Haciendo referencia a las Figuras 8 y 11, las variaciones en la energía de salida del magnetrón con respecto a la corriente ánodo/cátodo, por ejemplo debidas al envejecimiento del magnetrón se compensan en el controlador 110 mediante comparación de una muestra de energía hacia delante 250 (obteniendo en la línea 116 en la Figura 8) con una señal de referencia de energía 252 en el comparador 254. La salida del comparador se usa como señal de referencia 256 para ajustar la corriente del ánodo del magnetrón, aplicando esa señal de referencia 256 a los elementos
10 del controlador 110 ajustando el ciclo de trabajo de los pulsos conductores al transistor de oposición 230 (Figura 9) representado generalmente como el bloque "del suministro de energía principal al magnetrón" 258 en la Figura 11.

Haciendo referencia a la Figura 12, este bloque de suministro de energía principal 258 tiene bucles de control
15 externo e interno 260 y 262. La señal de referencia de corriente del ánodo 256 se compara en el comparador 264 con una medida real 266 de la corriente suministrada al ánodo del magnetrón para producir una tensión de error V_{error} . Esta tensión de error se pasa a través de una etapa de ganancia 268 en el controlador 110 y produce una modulación en la anchura 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 el bobinado primario del transformador intensificado (véase la Figura 9). Esto produce una señal de control (PWM) modificada en la línea 276 que se suministra a la puerta del transistor de oposición 230 observado en la Figura 9 regulando de esta manera la corriente primaria del transformador mediante el funcionamiento de la etapa de oposición 278.

El bucle interno 262 tiene una respuesta muy rápida y controla la corriente primaria del transformador dentro de
25 cada ciclo de 40 kHz de pulso conductor con forma de onda suministrado al terminal de la puerta 276 del transistor de oposición 230. El bucle externo 260 funciona con una mayor constante de tiempo durante cada pulso de tratamiento para controlar el nivel de la corriente ánodo/cátodo del magnetrón. Se observará que el efecto combinado de los tres bucles de control que aparecen en las Figuras 11 y 12 es un control consistente y preciso de la corriente del ánodo y de la energía producida en un intervalo completo de periodos de tiempo, es decir, se consigue una regulación de la
30 energía producida a corto y largo plazo.

El ajuste de energía real aplicado a la entrada de demanda UHF 252 del bucle de control más externo como se muestra en la Figura 11 depende de la selección del usuario según la gravedad del tratamiento requerida. La profundidad del efecto puede controlarse ajustando la duración de los pulsos de tratamiento, siendo de 6 a 20 ms un intervalo
35 típico.

La conexión de control entre el controlador 110 y el suministro de energía de alta tensión aparece en la Figura 8 como un control y un canal de retroalimentación 280.

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

En el caso de que el magnetrón tenga un electroimán, la variación de la resistencia del campo magnético aplicada a la cavidad del magnetrón proporciona otro control variable (como se muestra en la Figura 8), requiriéndose, por
45 ejemplo, menores niveles de energía continua.

El retorno de la pérdida controlada por la línea 116 en la Figura 8 es una media de cuánta energía refleja la carga de nuevo al generador. En un ajuste perfecto del generador a la carga, la pérdida de retorno es infinita, mientras que un circuito abierto o cortocircuito de carga se produce una pérdida de retorno cero. El controlador, por lo tanto, puede
50 emplear una pérdida de retorno sensible a la producción en línea 116 como medio para determinar la carga de ajuste y en particular como medio para identificar un fallo en un instrumento o cable. La detección de dicho fallo puede usarse para cerrar el dispositivo de producción de energía en el caso de un magnetrón 204.

La etapa de aislamiento UHF 214 mostrada en la Figura 8 se ilustra con más detalle en la Figura 13. Esa etapa de
55 aislamiento que puede aplicarse en general a dispositivos de electroquirúrgicos (es decir, que incluyen reestructuración de tejido) a frecuencias en el intervalo UHF y mayores tiene una sección de guíaondas 286 y dentro de la sección de guíaondas unas sondas lanzadora y colectora 288, 290 separadas óhmicamente para conexión al dispositivo de energía de radiofrecuencia (en este caso, el magnetrón) y una salida, específicamente el conector de salida 216 mostrado en la Figura 8 en el presente caso. En el presente ejemplo, la sección de guíaondas es cilíndrica y tiene tapas finales 292
60 en cada extremo. El aislamiento CC se proporciona formando la sección de guíaondas 286 en dos partes de interajuste 286A, 286B, ajustándose una parte dentro y solapando con la otra parte con una capa dieléctrica aislante 294 entre las dos partes en la región de solapamiento. Los conectores adecuados, en este caso los conectores coaxiales 296, se montan en la pared de la sección de guíaondas para suministrar energía de radiofrecuencia a y desde la sonda 288, 290.

65 Como alternativa, el guíaondas puede tener una sección transversal rectangular o puede tener otra sección transversal regular.

ES 2 309 684 T3

Cada sonda 288, 290 es una sonda de campo situada dentro de la cavidad de guíaondas como una extensión de su conductor interno del conector coaxial respectivo, siendo el conductor externo eléctricamente continuo con la pared del guíaondas. En la presente realización, que puede funcionar en la región de 2,45 GHz, el diámetro de la sección de guíaondas está en la región de 70 a 100 mm, específicamente 86 mm en el presente caso. Estas y otras dimensiones pueden cambiarse de escala de acuerdo con la frecuencia de operación.

La longitud de la cavidad interior de la sección de guíaondas entre las ondas 288, 290 es preferiblemente un múltiplo de $\lambda_g/2$ donde λ_g es la longitud del guíaondas dentro de la cavidad. La distancia entre cada sonda y su tapa final más próxima a la región de un múltiplo de $\lambda_g/4$ (en el presente caso, 32 mm), y la extensión axial del solapamiento entre las dos partes de guíaondas 286A, 286B debe ser al menos $\lambda_g/4$. Un material típico de pérdida baja y alta interrupción de tensión para la capa dieléctrica 294 es una cinta de poliimida.

Se entenderá que la etapa de aislamiento proporciona un grado de filtro de paso de banda en el que el diámetro de la sección de guíaondas impone un menor límite de frecuencia por debajo del cual las ondas que quedan no pueden soportarse, mientras que se proporciona un filtro de alto paso aumentando las pérdidas con frecuencia. Las características de filtro de paso de banda adicional se proporcionan mediante los espaciados relativos de las ondas y las tapas finales. Obsérvese que la longitud preferida de la sección de guíaondas entre las tapas finales 292 es de aproximadamente λ_g . Puede introducirse estructuras de filtro adicionales en la sección de guíaondas para proporcionar atenuación preferente de las señales no deseadas.

La etapa de aislamiento forma una barrera de aislamiento a frecuencias CC y AC mucho menores que la frecuencia operativa del generador y típicamente puede soportar una tensión de 5 kV CC aplicada entre las dos partes del guíaondas 286A, 286B.

A bajas frecuencias, la etapa de aislamiento representa una serie de capacitores con un valor menor de 1 μ F, evitando la corriente termoiónica o corrientes de un solo fallo que pueden provocar la estimulación nerviosa indeseada. Pueden obtenerse valores menores de capacitancia reduciendo el grado de solapamiento entre las partes de sección de guíaondas 286A, 286B o aumentando el aclaramiento entre ellas cuando solapan.

Pueden conseguirse reducciones significativas del tamaño de la etapa de aislamiento llenando el interior de la cavidad con una material dieléctrico que tiene una constante dieléctrica relativa mayor que la unidad.

Como alternativa a las ondas de campo E 288, 290 ilustradas en la Figura 13, las ondas pueden emitirse y recogerse usando elementos de campo H en forma de bucles orientados para excitar un campo magnético.

Haciendo referencia ahora a la Figura 14, un instrumento para usar con un generador que tiene un dispositivo de producción de energía de magnetrón comprende como con el instrumento de las Figuras 2, 3 y 6 un eje de salida 30, un conector 26 y un cable suministro coaxial 40. Una estructura de ajuste de impedancia de transición incluye una sección de baja impedancia 92 y una sección de alta impedancia 94 y proporciona un ajuste entre el dispositivo de producción de energía 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 interno y externo de las secciones 92, 94 de la estructura de ajuste a través del campo eléctrico entre los electrodos 160, 70 y se convierte en un plasma bajo la influencia del campo eléctrico. Un inserto de cuarzo tubular 180 se sitúa contra el interior del manguito 50 y de esta manera entre los electrodos 160, 170. El cuarzo es un material dieléctrico de baja pérdida y el inserto tiene el efecto de intensificar el campo eléctrico entre los electrodos acercándolos eficazmente entre sí mientras que simultáneamente evita la formación preferente de arco entre ellos, produciendo de esta manera un rayo más uniforme de plasma. En este caso, el electrodo interno 160 es un disco y se monta directamente sobre el conductor interno 54 de la sección de ajuste de alta impedancia, teniendo este último una longitud que en términos eléctricos es un cuarto de la longitud de onda de la salida del generador. Este electrodo de disco 160 debido a su longitud relativamente pequeña cuando se considera en combinación con el electrodo 70 es eficazmente un capacitor discreto o "aglomerado" que junto con la inductancia distribuida inherente del conductor interno 54 forma una serie de ensamblaje eléctrico resonante. La forma del electrodo de disco 160 sirve también para difundir el rayo de salida de plasma aumentando de esta manera la "huella" del rayo sobre el tejido, pudiendo ser esto deseable en la reestructuración de la piel ya que significa que un área dada de tejido puede tratarse con menos "usos" del instrumento. La tensión intensificada que ocurre en esta estructura resonante es menor en ese instrumento que con el instrumento de las Figuras 2, 3 y 6 y de esta manera la intensificación de la tensión de salida del generador en los electrodos 160, 70 como resultado de la resonancia dentro del ensamblaje resonante es correspondientemente menor. Una razón para esto es que un dispositivo de producción de energía de tipo magnetrón produce un nivel significativamente mayor de energía y a una mayor tensión (típicamente 300 Vrms) y, de esta manera, no es necesario proporcionar dicha transformación altamente intensificada debido a la menor Q del ensamblaje resonante.

El ajuste de la frecuencia de salida del dispositivo de producción de energía de magnetrón es difícil. Independientemente, la frecuencia resonante del instrumento experimenta un cambio una vez que un plasma se ha activado como resultado de una disminución de la impedancia de carga (debido a la mayor conectividad del plasma que del aire) de manera que aún existe el problema de un suministro de energía óptimo para la ignición de plasma por un lado y el mantenimiento del plasma por otro lado. Haciendo referencia a la Figura 15, la energía reflejada disipada dentro del instrumento antes de la ignición de plasma con frecuencia variable se ilustra mediante la línea 300. Puede

observarse que la resonancia dentro del instrumento ocurre a una frecuencia f_{res} representada gráficamente por un pico puntiagudo representativo de un factor Q de calidad relativamente alta para la multiplicación de tensión o transformación ascendente que ocurre dentro del instrumento a resonancia. La energía reflejada frente a la curva de frecuencia característica para el instrumento una vez que un plasma se ha activado se ilustra en la línea 310 y puede observarse que la frecuencia resonante del instrumento una vez que se ha creado un plasma F_{pds} es menor que la de antes del inicio y que la curva característica tiene un pico más plano representativo de un factor Q de menor calidad. Como el magnetrón del dispositivo de producción de energía es relativamente potente, un modo preferido de funcionamiento implica seleccionar una frecuencia resonante del instrumento de manera que la frecuencia de salida del dispositivo de producción de energía del magnetrón funciona tanto para beneficiarse de la resonancia dentro del instrumento para activar un plasma como también para mantener un plasma.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 15 el dispositivo de producción de energía del magnetrón tiene una frecuencia de salida F_{salida} que está entre las frecuencias resonantes F_{res} y F_{pls} . La frecuencia F_{salida} se desplaza desde la frecuencia resonante F_{res} tan lejos como sea posible en la dirección de la frecuencia resonante F_{pls} en un intento de optimizar el suministro de energía hacia el plasma, asegurando que aún ocurre una resonancia suficiente dentro del instrumento f_{salida} para activar un plasma. Este compromiso en la frecuencia de salida del dispositivo de producción de energía del magnetrón es posible como resultado de la producción de energía relativamente grande disponible, lo que significa que se requiere significativamente menos resonancia dentro del instrumento para activar un plasma o posiblemente mantener un plasma, lo que sería el caso con dispositivos de producción de energía inferiores.

En una variante adicional, el instrumento se construye de manera que incorpora dos ensamblajes resonantes: uno que es resonante antes de la ignición de un plasma y el otro que es resonante después de la ignición, con lo que ambos ensamblajes resonantes tienen similar o sustancialmente la misma frecuencia resonante. Con un instrumento de este tipo es posible entonces optimizar el suministro de la energía para ignición y mantener un plasma a una sola frecuencia. Haciendo referencia ahora a la Figura 16, un instrumento 16 tiene un conector 26 en su extremo distal, una estructura de suministro 40 que se extiende desde el conector 26 a un electrodo de estructura bipolar que comprende un electrón interno de tipo varilla 260 y un electrodo externo 70 proporcionado mediante una sección del manguito conductor externo 50 que se sitúa adyacente al electrodo de varilla 260. Una tapa final conductora 84 define una apertura 80 a través de la cual el plasma pasa y ayuda a intensificar el campo eléctrico a través del cual pasa el plasma potenciando de esta manera la facilidad de suministro de energía al plasma. La impedancia característica de la sección de la línea de transmisión formada por la estructura de electrodo 260, 70 se elige para proporcionar ajuste entre el dispositivo de producción de energía y la carga proporcionada por el plasma. Como se explicará posteriormente, se cree que la carga de plasma en esta variante tiene una menor impedancia que en las variantes anteriores que, de esta manera, hace más fácil el ajuste. Además, el instrumento comprende un electrodo auxiliar o de activación 260S. El electrodo de activación 260S comprende dos elementos: un elemento inductor predominantemente proporcionado en este ejemplo mediante una longitud de cable 272 conectado en su extremo proximal al extremo proximal del electrodo de varilla y un elemento predominantemente capacitivo en serie con el elemento inductor que se proporciona en este ejemplo mediante un anillo 274 de material conductor conectado al extremo distal del cable 272 y que se extiende sustancialmente coaxialmente con el electrodo 260 pero que está separado del mismo.

Haciendo referencia ahora a la Figura 17, la estructura del electrodo de activación 260S es tal que la inductancia en la forma del cable 272 y la capacitancia en la forma del anillo 274 forman un ensamblaje resonante que es resonante a la frecuencia de salida del generador F_{salida} y la variación característica de la energía reflejada con la frecuencia introducida para el electrodo de activación 260S se ilustra mediante la línea 320. En contraste, la línea de transmisión formada por la estructura del electrodo 260, 70, (cuya variación característica de energía reflejada con la entrada de frecuencia se ilustra mediante la línea 330) tiene antes de la ignición de un plasma una frecuencia resonante F_{res} que es significativamente mayor que la frecuencia de salida del generador en una extensión en la que poca o ninguna resonancia ocurrirá a esta frecuencia. Sin embargo, la estructura del electrodo 260, 70 se configura de manera que una vez que se ha formado un plasma (que puede ser a través de una longitud de conductor que se extiende desde el electrodo de varilla 260 fuera de la apertura 80) es una estructura resonante a la frecuencia de salida del generador, aunque una resonancia a menor Q. De esta manera, antes de la formación de un plasma, el electrodo de activación 260S es un ensamblaje resonante que proporciona multiplicación de tensión (conocida también como transformación intensificada) de la señal producida por el generador, mientras que después de la formación de un plasma la estructura del electrodo 260, 70 es un ensamblaje resonante que proporciona la multiplicación de la tensión. La estructura del electrodo 260S, 70 puede ser tal que tenga una longitud, en términos eléctricos, y una vez que se ha creado un plasma (y por lo tanto incluye una longitud extra del conductor proporcionado por el plasma) que es igual a un cuarto de la longitud de onda y de esta manera proporciona un buen ajuste de la salida del generador.

Cuando la señal de salida del generador pasa fuera de la estructura de suministro coaxial 40 la señal inicialmente excita el electrodo de activación 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 esto 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 tensión) en el electrodo de activación 260 que no ocurre en la estructura del electrodo 260, 70 es tal que hay una diferencia potencial entre el electrodo de activación 260S y el electrodo de varilla 260. Si esta diferencia potencial es suficientemente grande para crear un campo eléctrico de la intensidad requerida entre el electrodo de activación 260S y el electrodo de varilla 260 (teniendo en cuenta que como debido a la distancia relativamente pequeña entre los electrodos 260S y 260, se requerirá 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 manera que

ES 2 309 684 T3

es resonante a la frecuencia de salida del generador (o frecuencia similares a la misma) aunque esta resonancia no será tan pronunciada porque la Q del ensamblaje resonante cuando se ha creado un plasma es menor que la Q del electrodo de activación 260S.

No es esencial que el electrodo de activación 260S y la estructura del electrodo “encendido” 260, 70 (es decir la estructura de electrodo 260, 70 con un plasma creado) tengan frecuencias resonantes idénticas para beneficiarse de esta técnica de ignición de electrodo doble, simplemente que sean capaces de interactuar con la salida del generador para activar y después mantener un plasma sin tener que reajustar la salida del generador. Preferiblemente, sin embargo las frecuencias resonantes deben ser las mismas que las que hay dentro del ancho de banda de frecuencia de salida del generador. Por ejemplo, si el generador produce una salida de 2450 MHz y a esa frecuencia esta salida tenía un ancho de banda inherente de 2 MHz de manera que, en efecto, a esta frecuencia seleccionada la señal de salida del generador está en el intervalo de frecuencia de 2449-2451 MHz, las dos frecuencias resonantes deben situarse además en este intervalo para obtener el efecto óptimo.

Haciendo referencia ahora a la Figura 18, en un sistema adicional que proporciona ignición independiente del plasma, un instrumento incluye una instalación de ignición de plasma 470S y una estructura de electrodo 470 que se enrollan por separado (están aisladas mutuamente a un distribuidor 414 dentro del instrumento). Las señales de salida desde el generador pasan inicialmente al distribuidor 414. El distribuidor pasa las señales de salida preferentemente hacia el canal de salida proporcionando el mejor ajuste de generador. Como con el sistema anterior, antes de la ignición de un plasma, el ajuste en la estructura del electrodo 470 es malo, mientras que la instalación de ignición está configurada para proporcionar un buen ajuste antes de la ignición y de esta manera la salida del generador se hace pasar mediante el distribuidor hacia la instalación de ignición 470S. Como está enrollado independientemente, la instalación de ignición 470 puede proporcionarse mediante cualquier generador de chispa o arco adecuado que sea capaz de producir una chispa o arco con niveles de energía disponibles desde el generador. Por ejemplo, la instalación de ignición puede incluir un circuito rectificado y un generador de chispa CC, un ensamblaje resonante para proporcionar multiplicación de tensión como el instrumento de la Figura 16 o cualquier otro generador de chispa o arco adecuado. Una vez que ha ocurrido la ignición del plasma, el cambio resultante en las características eléctricas de la estructura del electrodo provoca el ajuste de la salida del generador en la estructura del electrodo y de esta manera el distribuidor actúa después para desviar la salida del generador hacia la estructura del electrodo para permitir el suministro de energía hacia el plasma.

En la mayoría de sistemas de reestructuración de tejido descritos anteriormente se crea un campo eléctrico oscilante entre dos electrodos, los cuales están sustancialmente aislados eléctricamente del paciente (inevitablemente habrá un nivel extremadamente bajo de salida de radiación desde el instrumento en la dirección del paciente y posiblemente un acoplamiento apenas detectable con el paciente), cuya presencia es insignificante para la formación del plasma. Un plasma se activa entre los electrodos (mediante la aceleración de electrones libres entre los electrodos) y el plasma se expulsa desde una apertura en el instrumento fundamentalmente bajo la influencia de la presión del gas suministrado al instrumento. Como resultado, la presencia de la piel del paciente no tiene efecto sobre la formación de un plasma (mientras que en la técnica anterior, un plasma se activaba entre un electrodo dentro de un instrumento y la piel del paciente) y el paciente no forma una ruta conductora significativa para ninguna corriente electroquirúrgica.

Un instrumento particularmente preferido más adecuado para funcionar con un generador de energía de alta producción tal como el generador descrito anteriormente que tiene un magnetron como el dispositivo de producción de energía, no se requiere una estructura de doble ajuste tal como la inducida en los instrumentos descritos anteriormente con referencia a las Figuras 2 y 14. Haciendo referencia a las Figuras 19 y 20, este instrumento preferido comprende un manguito conductor continuo 50 que tiene su parte de extremo proximal fija en y eléctricamente conectada a la pantalla externa de un conector coaxial convencional (tipo N) y un electrodo de aguja interno 54 montado en una extensión 42 del conductor interno del conector. Ajustado dentro de la parte del extremo 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 cuarzo. 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 en una distancia de al menos un cuarto de longitud de onda (la longitud de onda operativa λ) dentro de la parte distal 70. Montado dentro del tubo de cuarzo donde está la parte del extremo distal 70 de manguito 50 hay un elemento de enfoque conductor 480 que puede considerarse como un elemento de antena parásita para crear concentraciones de campo eléctrico entre el electrodo de aguja 54 y la parte de 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 8, y distalmente al extremo del tubo de cuarzo 180, formando este último la boquilla del instrumento 180N. Un anillo de sellado 482 evita el escape de gas desde el interior del conducto 38 hacia el conector 26.

Cuando se conecta a un suministro coaxial desde un generador tal como se ha descrito anteriormente con referencia a la Figura 8, la parte proximal del instrumento comprende el conector 26 y la extensión del conductor interna del conector 42, constituye una línea de transmisión que tiene una impedancia característica que en este caso es de 50 ohmios. Un manguito de PTFE 26S dentro del conector forma parte de la estructura de 50 ohmios.

El electrodo de aguja 54 está hecho de un conductor resistente al calor tal como wolframio y tiene un diámetro tal que en combinación con el manguito externo 50 forma una sección de línea de transmisión de mayor impedancia característica que la del conector 26, típicamente la región de 90 a 120 ohmios. Disponiendo la longitud del electrodo

ES 2 309 684 T3

de aguja es decir la distancia desde la extensión del conductor interno del conector 42 hasta su punta 54T (véase la Figura 20), para que esté en la región de $\lambda/4$, puede hacerse que funcione como un elemento de transformación de impedancia que eleva la tensión en la punta 54T a un nivel significativamente mayor que el observado en la sección de 50 ohmios (extensión del conductor interno 42). Por consiguiente, se crea un campo-E intenso entre la punta 54T de la
5 aguja del electrodo interno y la parte de extremo distal del conductor externo adyacente 70. Esto, por sí mismo, dada una entrada de energía suficiente, puede ser suficiente para crear un plasma de gas que se extiende aguas abajo desde la punta 54T y a través de la boquilla 180N. Sin embargo, la activación más fiable del plasma se consigue debido a la presencia del elemento de enfoque 480.

10 Este elemento de enfoque 480 es un elemento resonante dimensionado para tener una frecuencia resonante cuando está *in situ* en el tubo de cuarzo en la región de la frecuencia operativa del instrumento y su generador asociado. Como se observa a partir de los dibujos, particularmente con referencia a la Figura 20, el elemento resonante 480 tiene tres partes, es decir, primer y segundo elementos de parche plegado 480C, plegados en anillos irregulares dimensionados para conectar el interior del tubo de cuarzo 180 y la tira estrecha intermedia de interconexión 480L. Estos componentes
15 están formados todos a partir de una sola pieza de material conductor, en este caso un resorte de acero inoxidable, cuya elasticidad provoca que el elemento se apoye contra el tubo 180.

Se entenderá que los anillos 480C, en términos eléctricos, son predominantemente capacitivos mientras que la tira de conexión 480L es predominantemente inductiva. La longitud del componente se aproxima a $\lambda/4$. Estas propiedades
20 le dan una frecuencia resonante a la región de frecuencia operativa y una tendencia para concentrar el campo en la región de sus partes finales 480C.

En un instrumento alternativo (no mostrado) el elemento de enfoque puede ser una hélice de sección transversal circular o poligonal hecha por ejemplo a partir de un material elástico tal como wolframio. Pueden usarse otras
25 estructuras.

El elemento de enfoque se sitúa de manera que solapa parcialmente con el electrodo de aguja 54 en la dirección axial del instrumento y preferiblemente tiene una de las regiones donde induce alto voltaje enrasada con la punta del electrodo 54T.
30

Los especialistas en la técnica entenderán que a resonancia la onda restante de tensión en el elemento de enfoque 480 es de mayor magnitud en las regiones capacitivas 480C. La forma irregular plegada poligonal de las secciones capacitivas 480C da como resultado un contacto sustancialmente puntual entre el elemento de enfoque y la superficie interna del tubo de cuarzo 180. Esta propiedad junto con el efecto de concentración de campo de la estructura del
35 elemento resonante y la presencia próxima de un material de constante dieléctrica alta del tubo insertado 180 sirven todos para maximizar la intensidad presentada asegurando de esta manera la activación de un plasma en un gas que fluye a través del ensamblaje.

En la práctica, el arco producido por el elemento de enfoque 480 actúa como iniciador para la formación de
40 plasma en la región que rodea a la punta del electrodo 54T. Una vez que el plasma se ha formado en la punta 54T se propaga a lo largo del tubo principalmente debido al flujo de gas hacia la boquilla 180N. Una vez que ha ocurrido esto, el instrumento presenta un ajuste de impedancia para el generador y la potencia se transfiere al gas con buena eficacia.

45 Una ventaja del elemento de enfoque es que su frecuencia resonante no es especialmente crítica simplificando de esta manera la fabricación.

Haciendo referencia a las Figuras 21 a 24, un instrumento 500 para usar en el sistema quirúrgico descrito anteriormente con referencia a la Figura 1 comprende dos secciones de interconexión, una herramienta manual 501 y un
50 ensamblaje desechable 502. El instrumento 500 comprende una cubierta 503 cerrada en la parte trasera mediante una cubierta final 504, a través de la cual se suministra un cable coaxial 505. El conductor central del cable coaxial 505 se conecta a un electrodo interno 506, hecho de molibdeno. El conductor externo del cable coaxial se conecta a un electrodo externo 507 mostrado en la Figura 23. El electrodo externo comprende una parte de base hueca 508 con un orificio de entrada de gas 509 formado en su interior y una extensión tubular 510 que se extiende desde la parte
55 de base. El electrodo interno se extiende longitudinalmente dentro del electrodo interno 507 con aislantes dieléctricos 511 y 512 que evitan el contacto eléctrico directo entre ellos.

Una entrada de gas 513 pasa a través del extremo de cubierta 504 y comunica mediante un lumen 514 dentro de la cubierta a través del orificio de entrada de gas 509 en el electrodo externo y a través de canales adicionales 515 en el
60 aislante 512 que salen de la región del extremo distal del electrodo interno 506.

El ensamblaje desechable 502 comprende un tubo de cuarzo 516 montado dentro de una carcasa 517, una arandela de caucho de silicona 518 que se localiza entre la carcasa y el tubo. La carcasa 517 tiene un mecanismo de sujeción 519 de manera que puede unirse de forma separable a la carcasa 503 a través de un miembro de retén correspondiente
65 520. Cuando el ensamblaje desechable 502 se asegura a la herramienta manual 501, el tubo de cuarzo 516 se recibe dentro de la herramienta manual de manera que el electrodo interno 506 se extiende hacia el tubo con la extensión tubular 510 del electrodo externo 507 que se extiende alrededor del exterior del tubo 516.

ES 2 309 684 T3

Un resonador en forma de una bobina de wolframio enrollada helicoidalmente 521 se localiza dentro del tubo 516, estando situada la bobina 521 de manera que cuando el ensamblaje desechable 502 se asegura en su sitio sobre la herramienta manual 501, el extremo proximal de la bobina es adyacente al extremo distal del electrodo interno 506. La bobina se enrolla de manera que es adyacente y está en contacto íntimo con la superficie interna del tubo de cuarzo 516.

Durante el uso, un gas tal como nitrógeno se suministra a través de la entrada de gas 513 y el lumen 514, el orificio 509 y los canales 519 para emerger adyacente al extremo distal del electrodo interno 506. Una tensión de radiofrecuencia se suministra al cable coaxial 505 y de esta manera entre los electrodos 506 y 507. La bobina 521 no se conecta directamente a cualquiera de los electrodos, sino que se dispone de manera que es resonante a la frecuencia operativa de la tensión de radiofrecuencia suministrada a la misma. 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.

Los parámetros de la bobina helicoidal 521 que afectan a su frecuencia resonante incluyen el diámetro del material de cable usado para formar la bobina, su diámetro, separación y longitud global. Estos parámetros se eligen de manera que la bobina tiene su frecuencia resonante eficazmente a la frecuencia operativa de la señal aplicada a los electrodos. Para una frecuencia operativa de 2,47 GHz (y una longitud de onda de espacio libre de aproximadamente 121 mm), se empleó una bobina resonadora que tenía una longitud de bobina de aproximadamente 13 mm, una separación de 5,24 mm, un diámetro externo de 5,43 mm, un diámetro de cable de 0,23 mm y una longitud de cable global de 41,8 mm. Esto da una bobina con una frecuencia resonante de aproximadamente 2,517 GHz (la diferencia permite las diferentes velocidades de propagación de radiación e/m en el aire y cuarzo, respectivamente).

Después de un uso repetido del instrumento, la bobina resonante 521 necesitará sustituirse en una base regular. La disposición descrita anteriormente permite un ensamblaje desechable proporcional que es rápido y fácil de unir y separar y también proporcionar repetidamente la localización precisa de la bobina resonante 521 con respecto al electrodo 506.

Haciendo referencia a la Figura 25, se muestra un sistema electroquirúrgico que comprende un generador 4 y un instrumento 500 conectado al generador mediante un cable 12. El instrumento 500 comprende una herramienta manual reutilizable 501 y un ensamblaje desechable 502 como se ha descrito anteriormente. La herramienta manual puede almacenarse en un contenedor 532 presente en el generador 4 cuando no se usa.

El ensamblaje desechable se suministra al usuario en un envase sellado que contiene el ensamblaje 502 y un botón 530. El botón 530 es una llave electrónica tal como la obtenida de Dallas Semiconductor Corp y se conoce en el mercado como "botón-i".

Cuando el usuario une un nuevo ensamblaje desechable 502 a la herramienta manual 501 conecta también el botón 530 al lector 531 presente en el generador 4. El botón 530 contiene un único código de identificación que se lee mediante el lector 531 y se confirma mediante el generador 4. Si el código portado por el botón no es un código reconocible o válido, el generador no suministra pulsos de energía a la herramienta manual. Si el código se reconoce como un código válido, el generador suministra pulsos de energía a la herramienta manual 501. El generador envía información al botón 530 respecto al tiempo en el que los pulsos de energía se suministraron por primera vez estando escrita esta información y almacenada en el botón 530.

Los pulsos de energía suministrados por el generador 4 a la herramienta manual 501 los puede ajustar el usuario para que estén a diferentes ajustes de nivel de energía. Este ajuste se realiza mediante el uso de una interfaz 533 presente en el generador 4. El generador envía una señal al botón 530 actualizando el contador incremental cada vez que una serie de 10 pulsos se suministra a la herramienta manual 501. (Si hay una capacidad de memoria suficiente en el botón 530, el generador puede enviar una señal para cada pulso de energía suministrado). El generador incrementa el contador en una unidad por cada pulso suministrado cuya energía sea menor de 2 Julios y en dos unidades para cada pulso cuya energía sea mayor de 2 Julios. Los incrementos se escriben en el botón 530 y se almacenan en su interior. Cuando el contador incremental alcanza un valor máximo por ejemplo 2400 unidades, el suministro de energía a la herramienta manual se detiene y se muestra una señal que indica que el ensamblaje desechable 502 debe sustituirse.

Para obtener pulsos de tratamiento adicionales, puede abrirse un nuevo paquete que contiene un ensamblaje desechable nuevo y el nuevo botón presentarse al lector del generador. Esto asegura que el ensamblaje desechable se sustituye antes de que la bobina resonante 521 se degrade a un nivel inaceptable. El incremento del contador tiene en cuenta que la degradación ocurrirá más rápidamente con pulsos de mayor energía que con pulsos de menor energía.

A menudo es el caso de que el aparato de la Figura 25 puede usarse para dar sesiones de tratamiento repetidas a un paciente particular. En este caso, el botón 530 se retira del lector 531 y se vuelve a presentar en algún momento posterior. El lector 531 leerá entonces desde el botón 530 el valor del contador incremental y calculará si el contador incremental está en su valor máximo. Si el contador está por debajo de su valor máximo se permite que el tratamiento continúe.

Según el valor para el contador incremental se almacena en el botón 530 en lugar de almacenarlo en el generador 4, la validación se realizará incluso si el botón 530 se presenta a un generador diferente tal como en una localización diferente. Este no es el caso con diversos sistemas de la técnica anterior en los que la información sobre el uso pasado

ES 2 309 684 T3

se almacena en el propio generador. Esto evita que la limitación de uso se salve simplemente poniendo el botón en un generador diferente y también permite la situación legítima donde un paciente puede asistir posiblemente a diferentes sitios para tratamientos posteriores.

Además de evitar el funcionamiento de la herramienta manual una vez que se ha alcanzado el límite de uso, el sistema puede evitar también el funcionamiento adicional si el botón 530 se presenta al lector 531 después de un periodo de tiempo después del primer uso del ensamblaje desechable 502. Como se ha indicado anteriormente, el tiempo del primer uso se escribe en el botón 530. Si cuando el botón se presenta de nuevo ha transcurrido un periodo predeterminado de tiempo (por ejemplo 10 horas), entonces se evita el funcionamiento adicional de la herramienta manual.

Como se ha mencionado anteriormente, el uso de señales UHF no es esencial para el funcionamiento de los sistemas como se ha descrito anteriormente y pueden hacerse funcionar a cualquier frecuencia desde las señales CC y superiores. Sin embargo, el uso de señales UHF tiene la ventaja de que los componentes cuya longitud es un cuarto de la longitud de onda pueden incorporarse dentro de los instrumentos quirúrgicos compactos para proporcionar transformación o ajuste de tensión. Además, se han ilustrado diversos instrumentos que tienen ensamblajes resonantes con el fin de intensificar la transformación de tensión, aunque esto no es esencial y la transformación de tensión ascendente puede realizarse con un instrumento sin hacer uso de resonancia.

Si los instrumentos descritos en este documento están destinados a uso clínico, es posible esterilizarlos y esto puede realizarse de numerosas maneras que se conocen en la técnica, tal 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 después en un envase estéril adecuado que evita la entrada de elementos contaminantes a su interior.

Las diversas modificaciones descritas en este documento no están limitadas a su asociación con las realizaciones en relación con lo que se describió en primer lugar y pueden ser aplicables a todas las realizaciones descritas en este documento.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de tratamiento de tejido para tratar tejido humano que comprende:

un dispositivo de tratamiento de tejido de plasma de gas (502; 516 - 518, 521) que comprende un ensamblaje desechable (502);

un generador (4) para proporcionar pulsos de energía al dispositivo de tratamiento, siendo los pulsos de energía a niveles de energía seleccionados;

un controlador (110) para controlar el suministro de energía al dispositivo;

una llave electrónica (530) asociada con el dispositivo de tratamiento y que incluye un medio de memoria; y

un dispositivo de lectura/escritura (531) asociado con el controlador para descargar información desde la llave electrónica y escribir información en el medio de memoria;

estando dispuesto el controlador (110) para controlar el uso del dispositivo de tratamiento provocando que el dispositivo de lectura/escritura (531) envíe señales al medio de memoria cuando los pulsos de energía se proporcionan al dispositivo de tratamiento para el tratamiento del tejido mediante el generador para provocar la actualización de un contador de uso del dispositivo de tratamiento en el medio de memoria, con lo que la velocidad a la que se incrementa el contador aumenta según aumenta la energía suministrada y el controlador provoca adicionalmente que el generador deje de proporcionar pulsos cuando el contador de uso del dispositivo del tratamiento alcanza un valor máximo predeterminado.

2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque el controlador (10) está configurado para provocar que el dispositivo de lectura/escritura (531) envíe una señal de incremento del contador al medio de memoria cada vez que se proporciona una cantidad predeterminada de energía al dispositivo de tratamiento (502; 516-518, 521) mediante el generador (4) y en el que el controlador actualiza el contador mediante un primer valor incremental para cada pulso proporcionado al dispositivo de tratamiento para tratar tejido que esté por debajo de un nivel umbral de energía predeterminado y actualiza el contador en un segundo valor mayor para cada pulso proporcionado al dispositivo de tratamiento que esté por encima del nivel de umbral de energía predeterminado.

3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado** porque el nivel de energía umbral predeterminado está en el intervalo de 0,5 a 2,5 Julios.

4. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado** porque el nivel de energía umbral predeterminado es sustancialmente 2 Julios.

5. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4 **caracterizado** porque el segundo valor es sustancialmente dos veces el valor del primer valor.

6. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5 **caracterizado** porque el valor máximo predeterminado es entre 500 y 5000 veces el primer valor.

7. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 6 **caracterizado** porque el valor máximo predeterminado es entre 2000 y 3000 veces el primer valor.

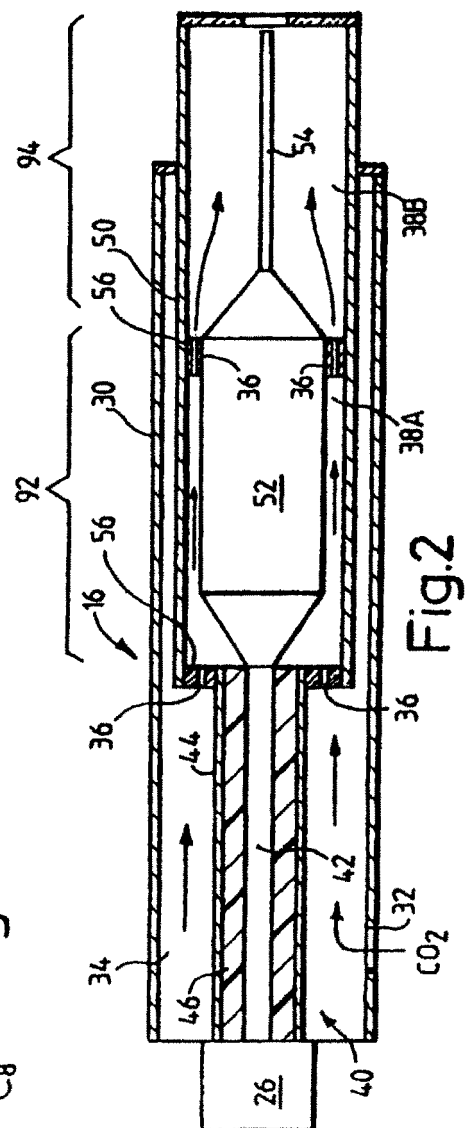
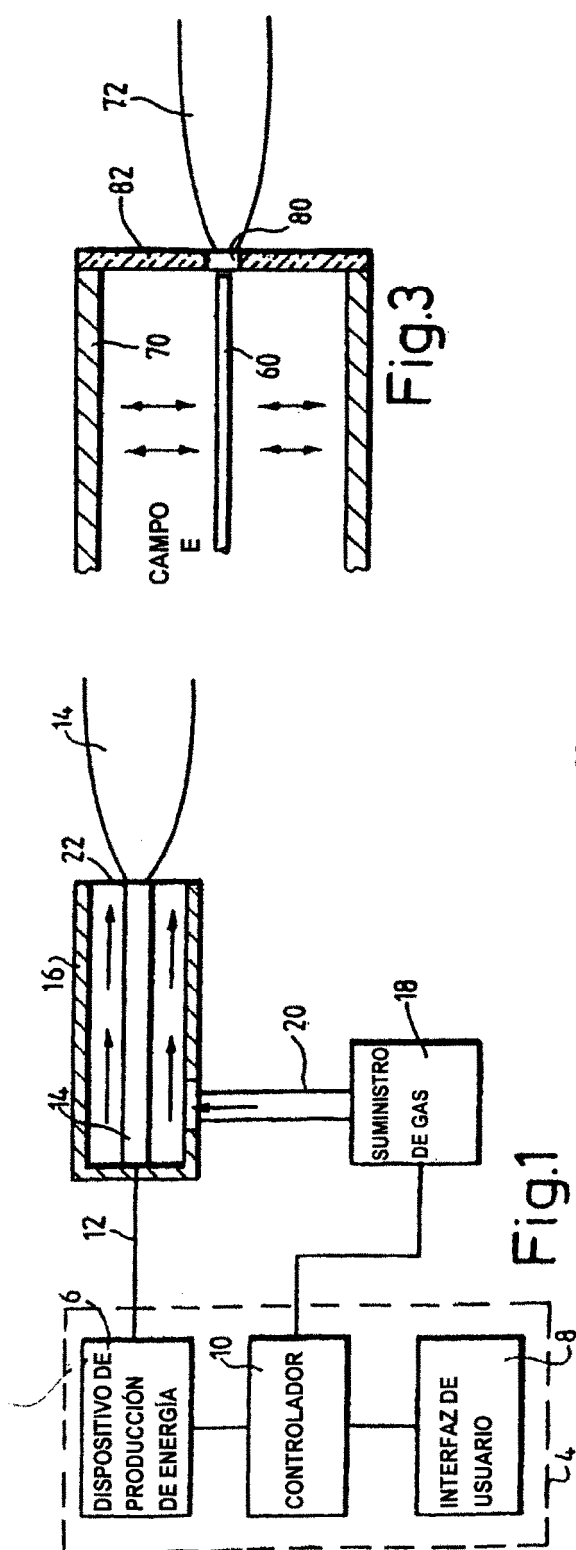
8. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque el medio de memoria incluye un código de identificación único para la llave electrónica (530).

9. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque el controlador está adaptado para provocar que el dispositivo de lectura/escritura (531) envíe una señal al medio de memoria representativa del momento en el que la llave se presentó por primera vez al dispositivo de lectura/escritura.

10. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque el controlador (110) está adaptado para provocar que el dispositivo de lectura/escritura (531) envíe una señal al medio de memoria representativa del momento en el que los primeros pulsos de energía se proporcionaron al dispositivo de tratamiento (502; 516-518, 521).

11. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 9 o la reivindicación 10, **caracterizado** porque el controlador (110) está adaptado para comparar el tiempo actual con el tiempo representativo y evitar que se proporcionen pulsos cuando la diferencia de tiempo supera un valor predeterminado.

12. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado** porque el valor predeterminado es entre 6 y 12 horas.



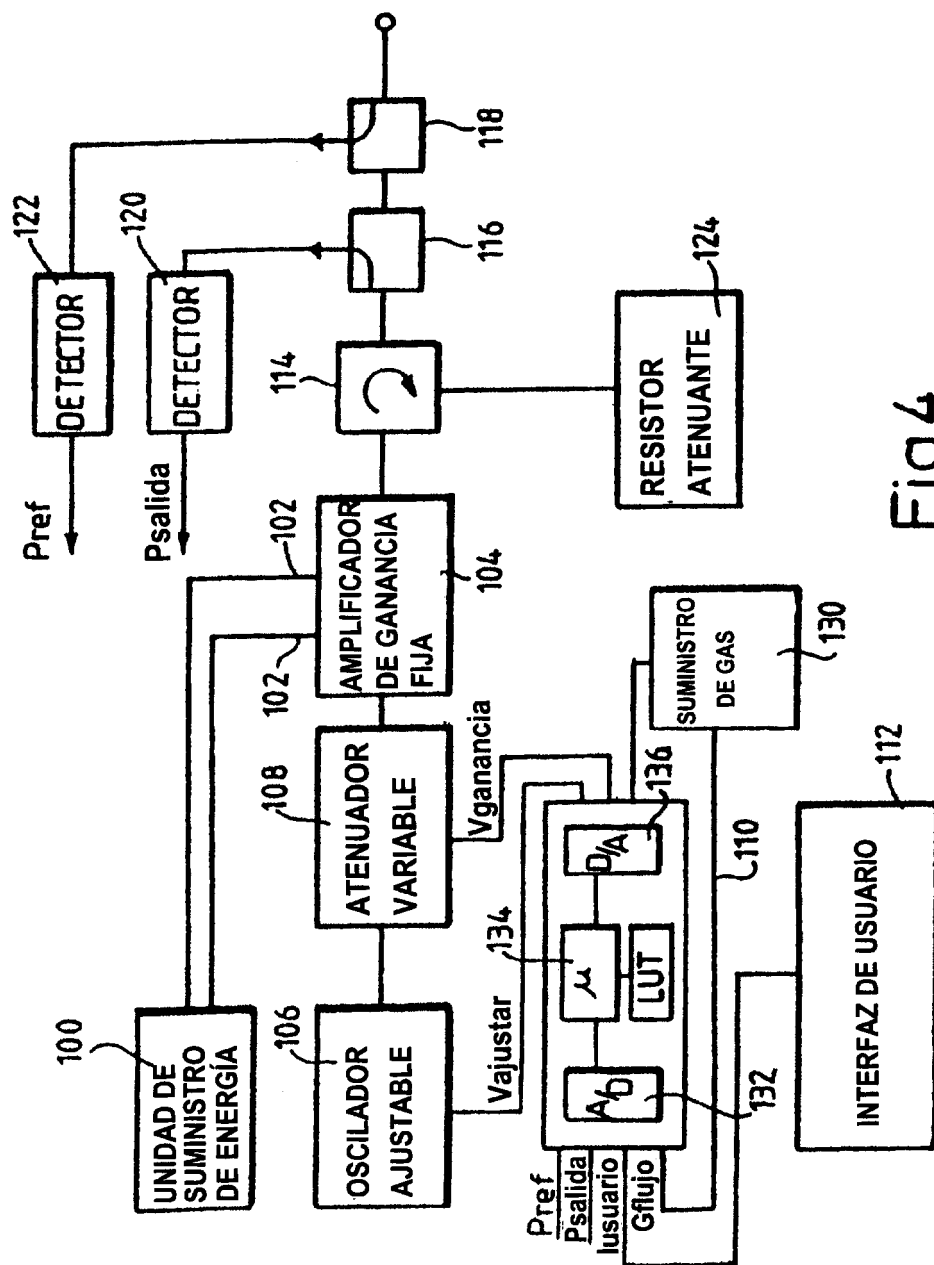


Fig.4

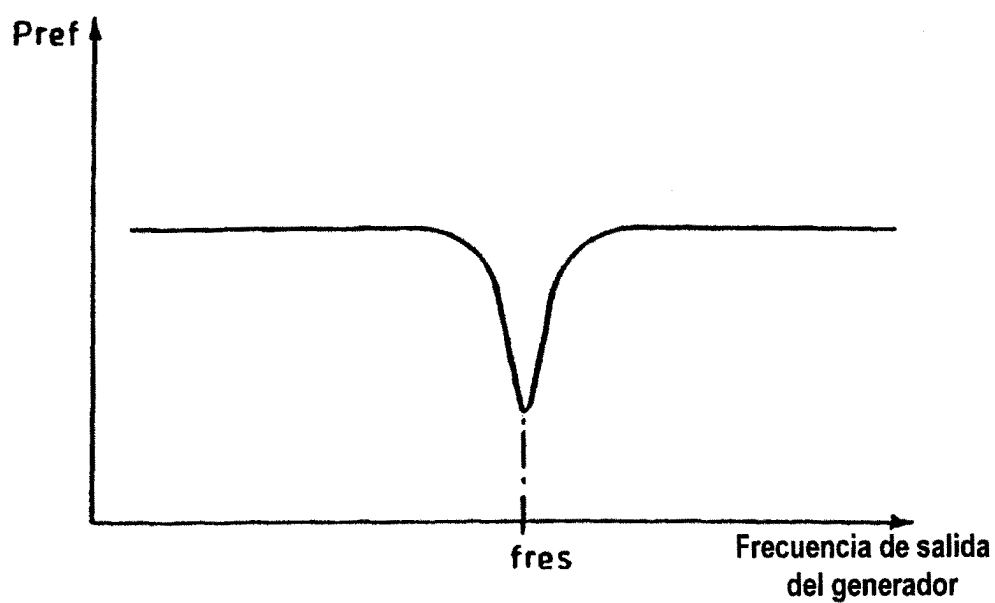


Fig.5

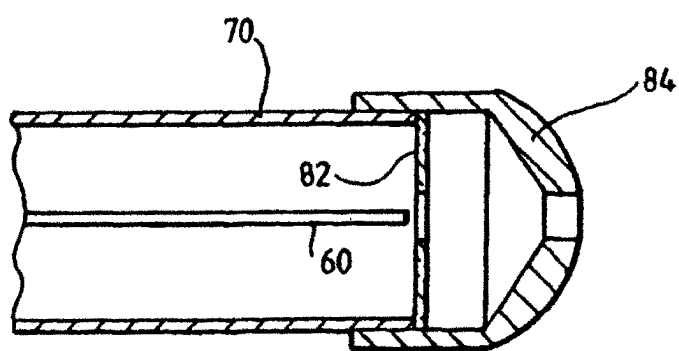
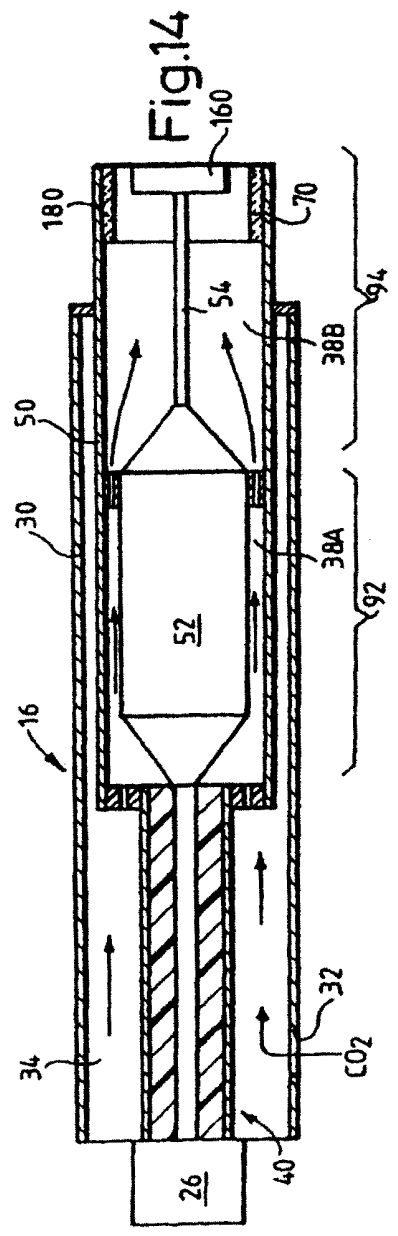
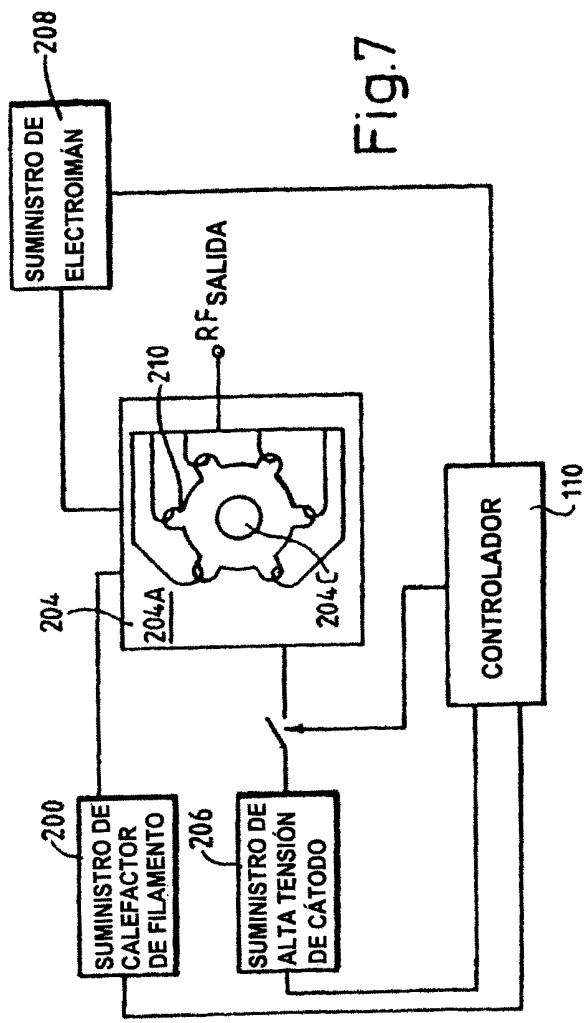


Fig.6



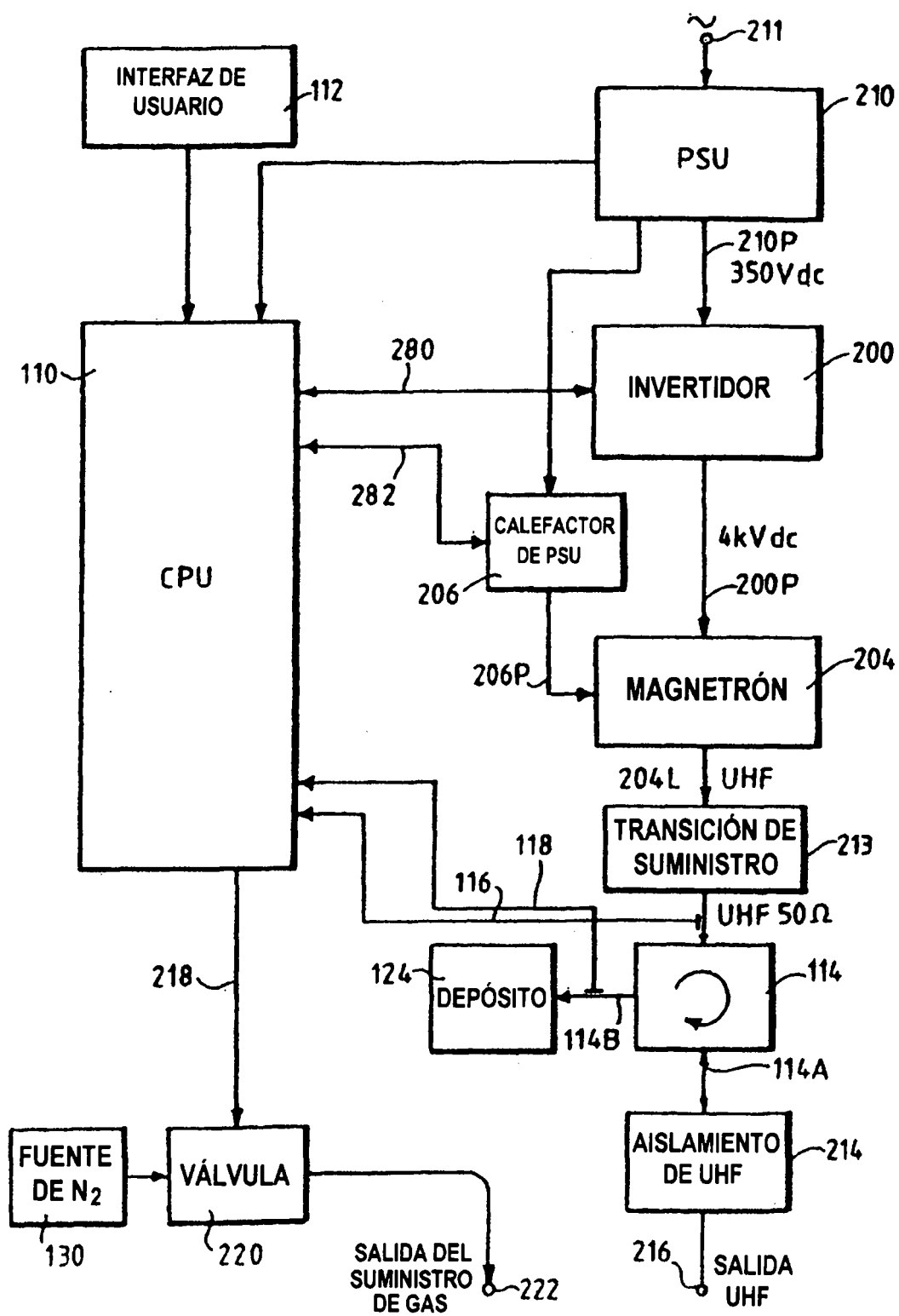


Fig.8

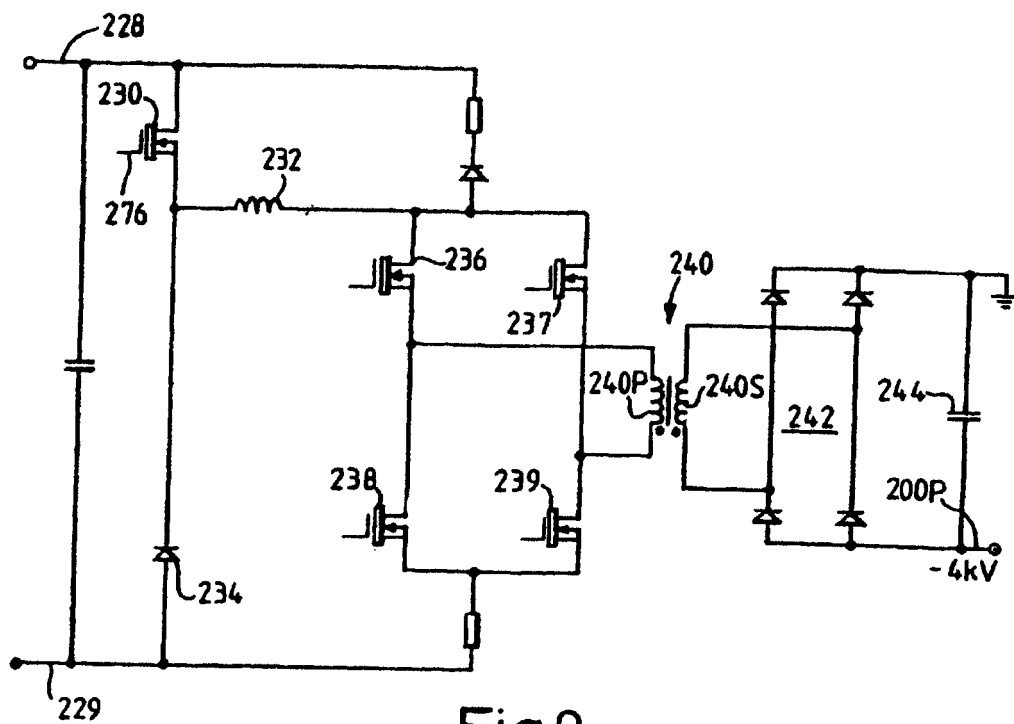


Fig.9

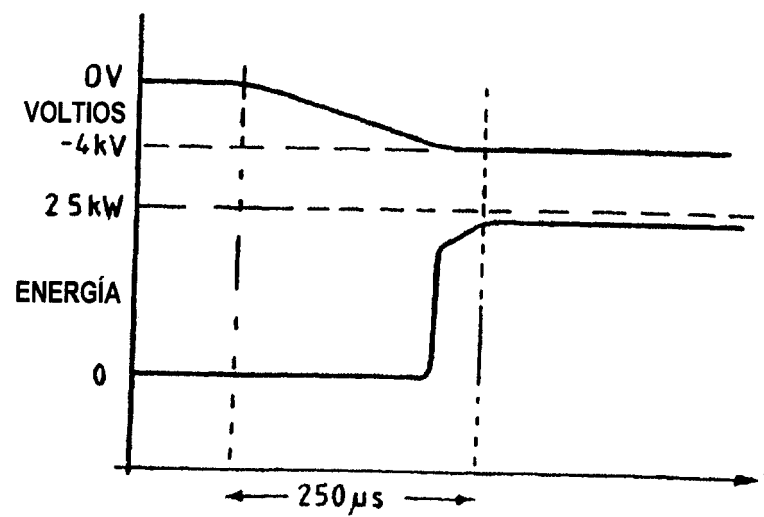


Fig.10

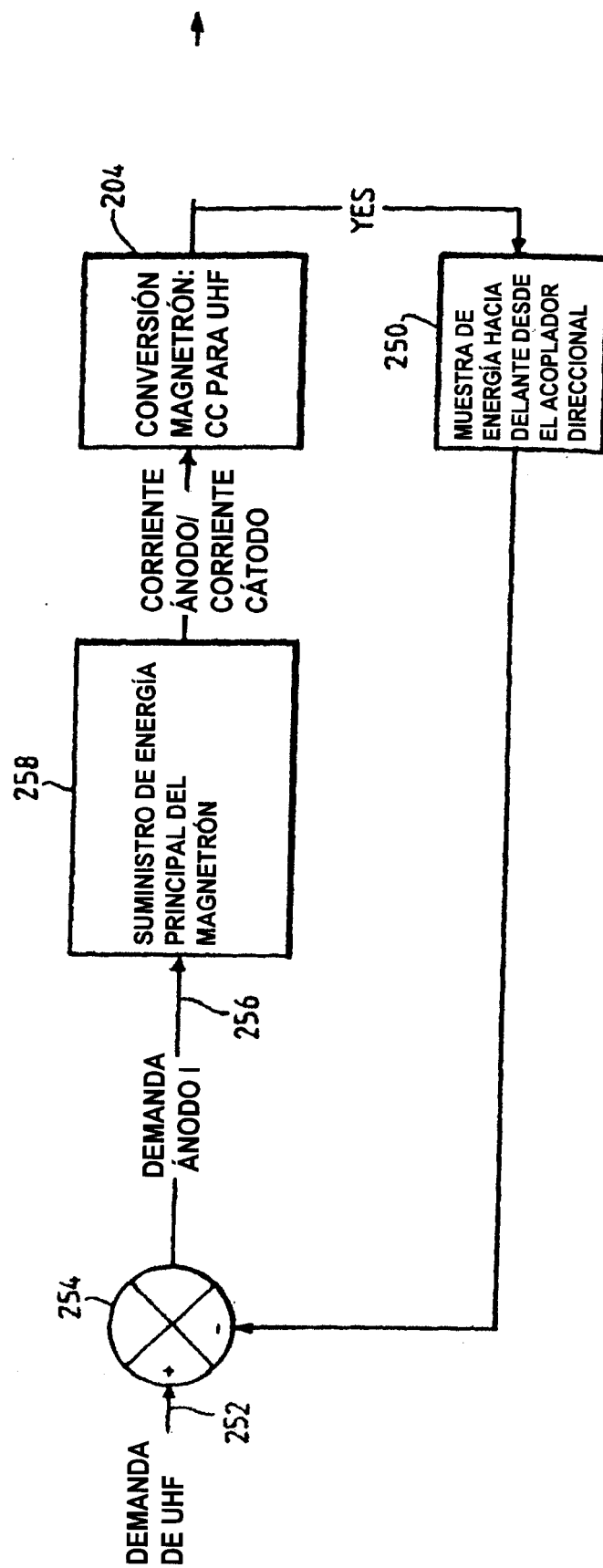


Fig.11

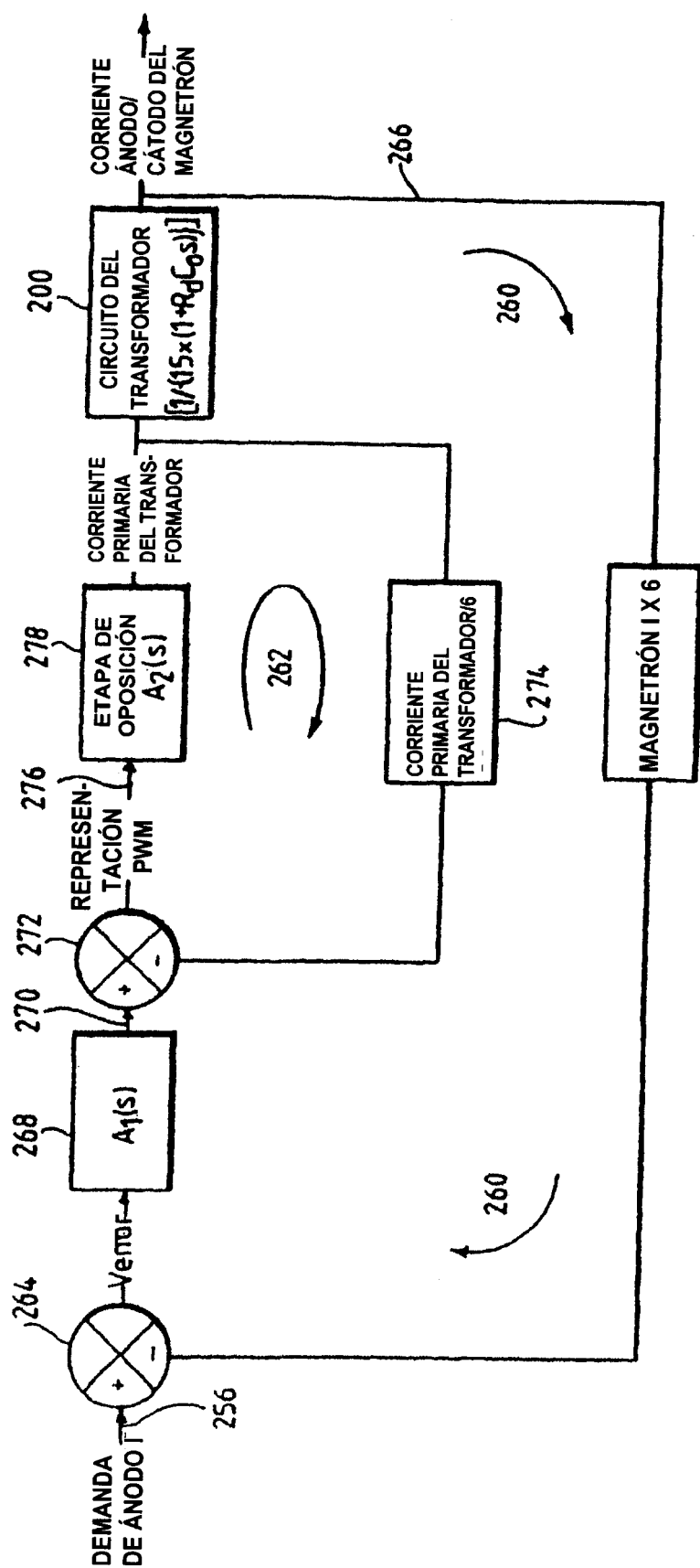


Fig.12

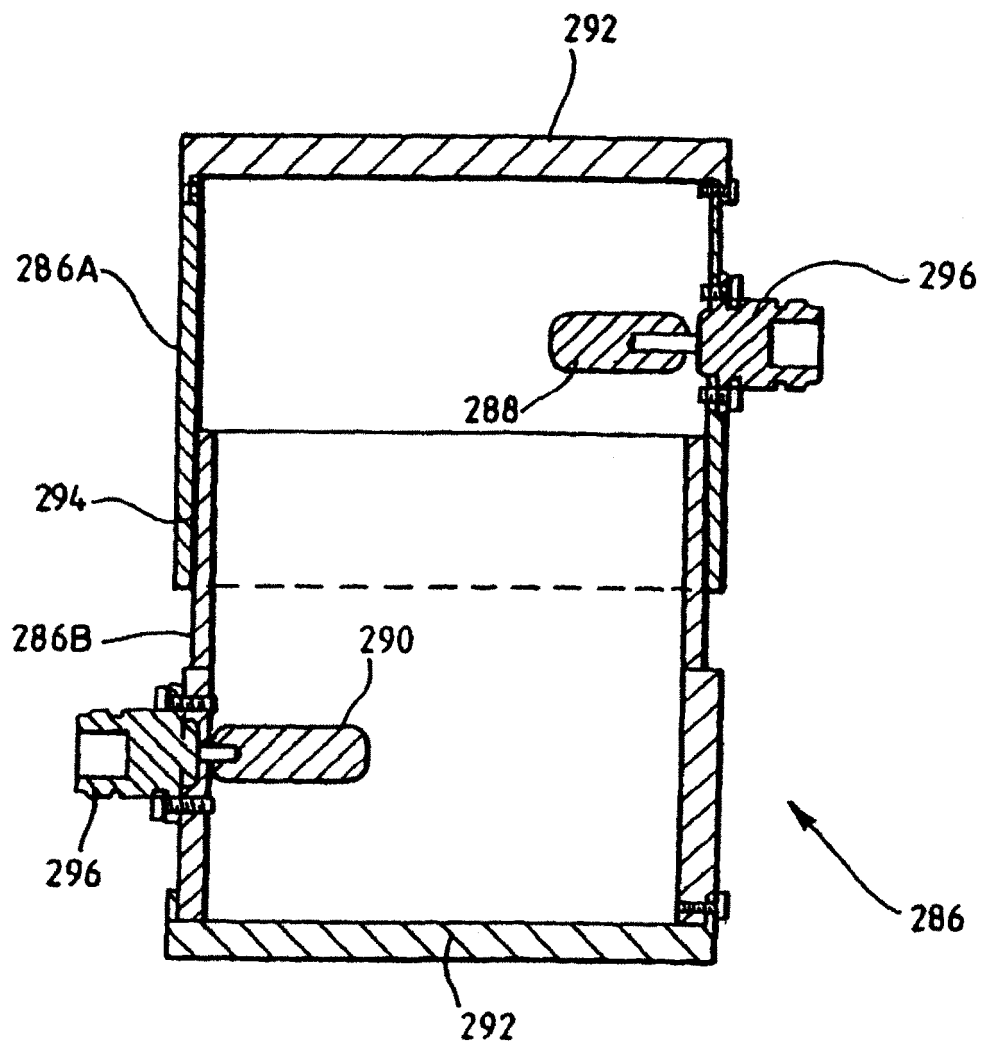


Fig.13

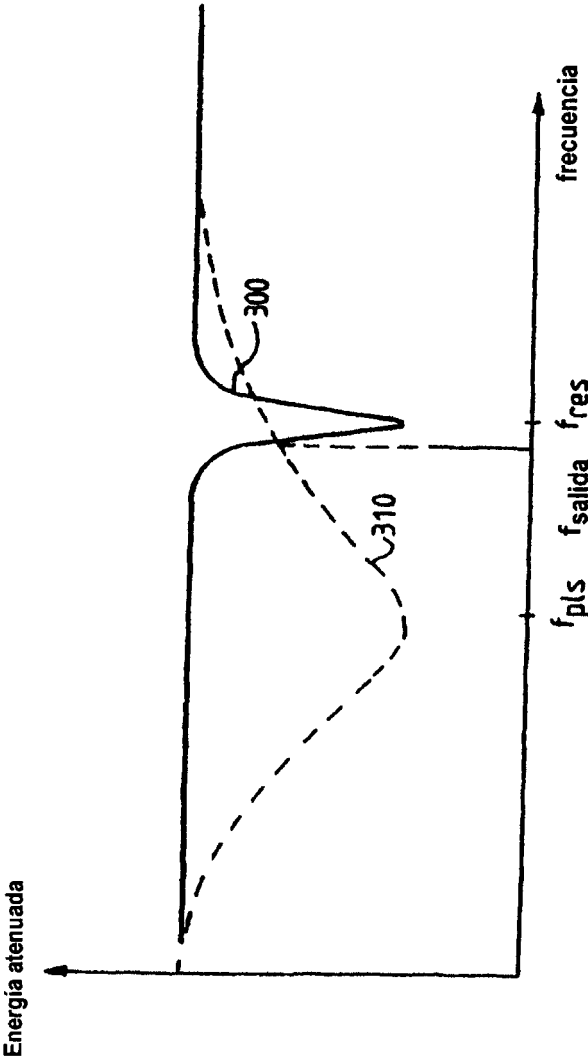


Fig.15

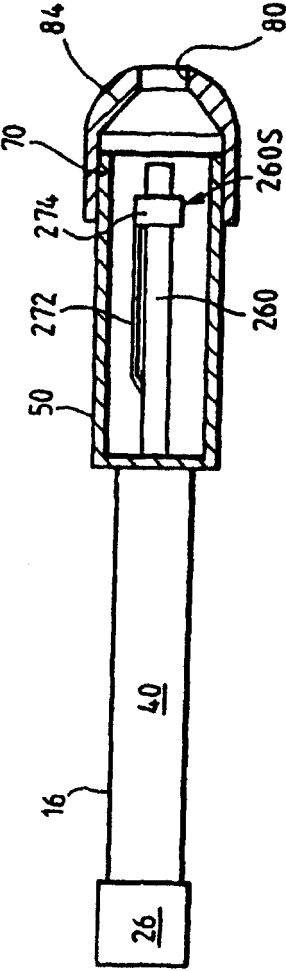


Fig.16

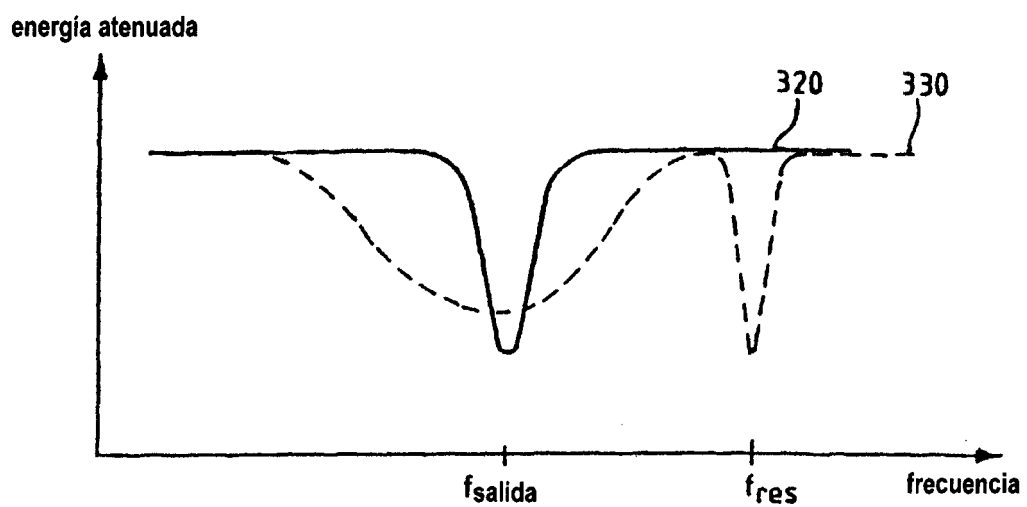


Fig.17

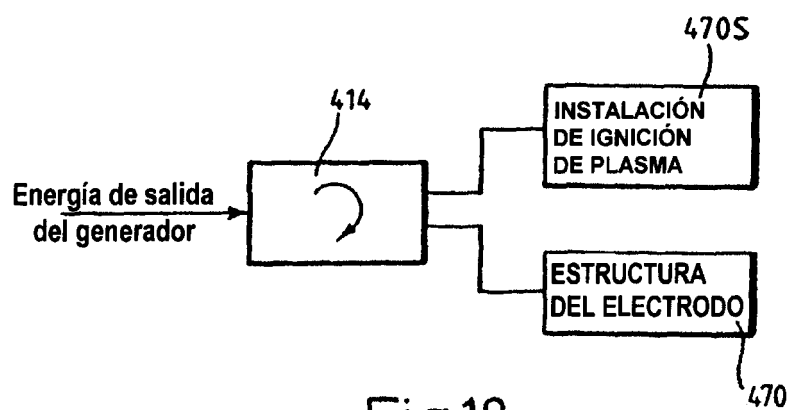
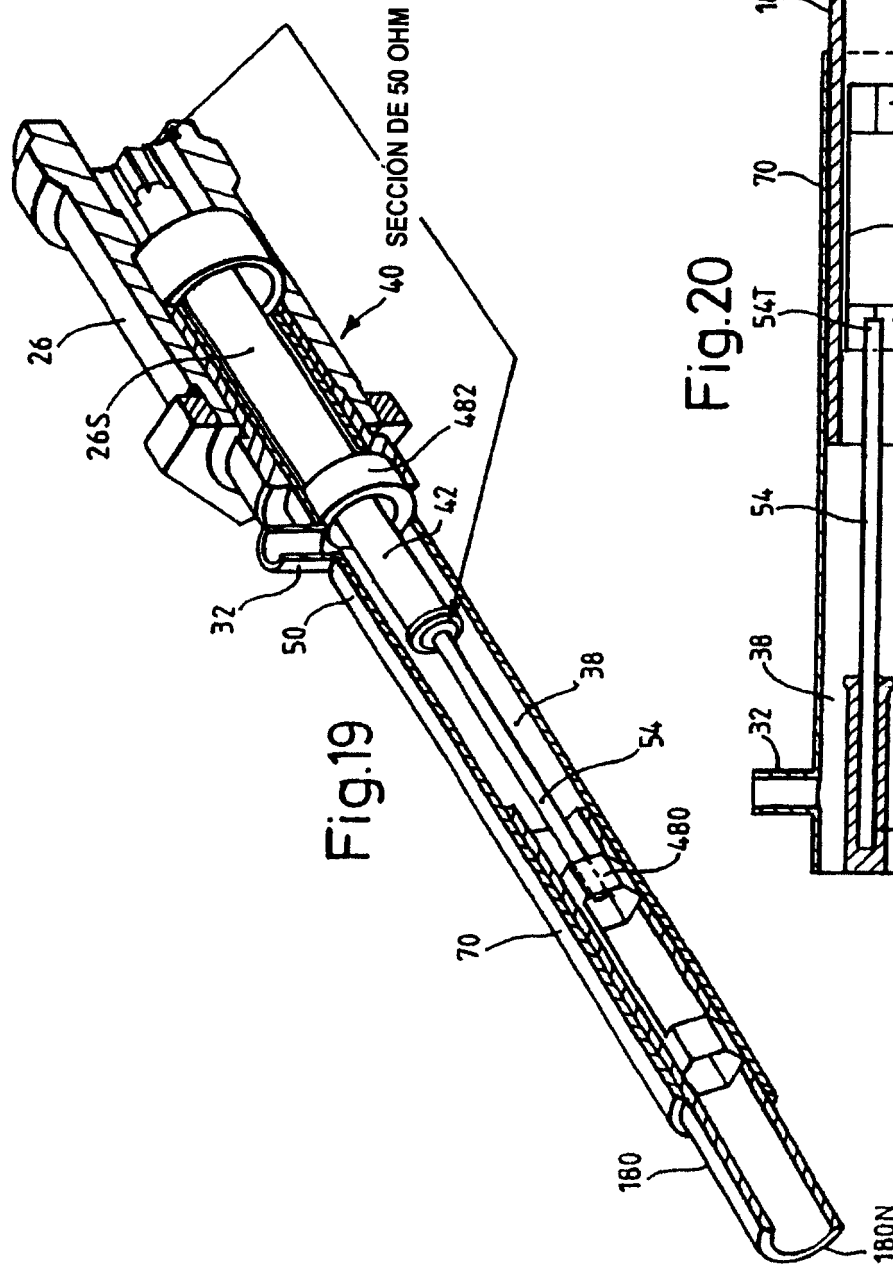


Fig.18



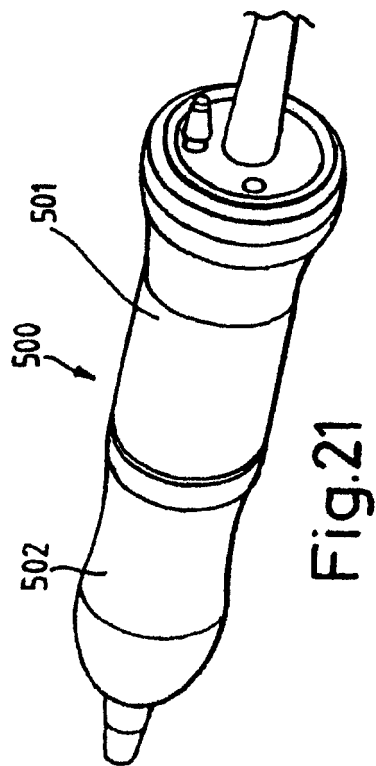


Fig. 21

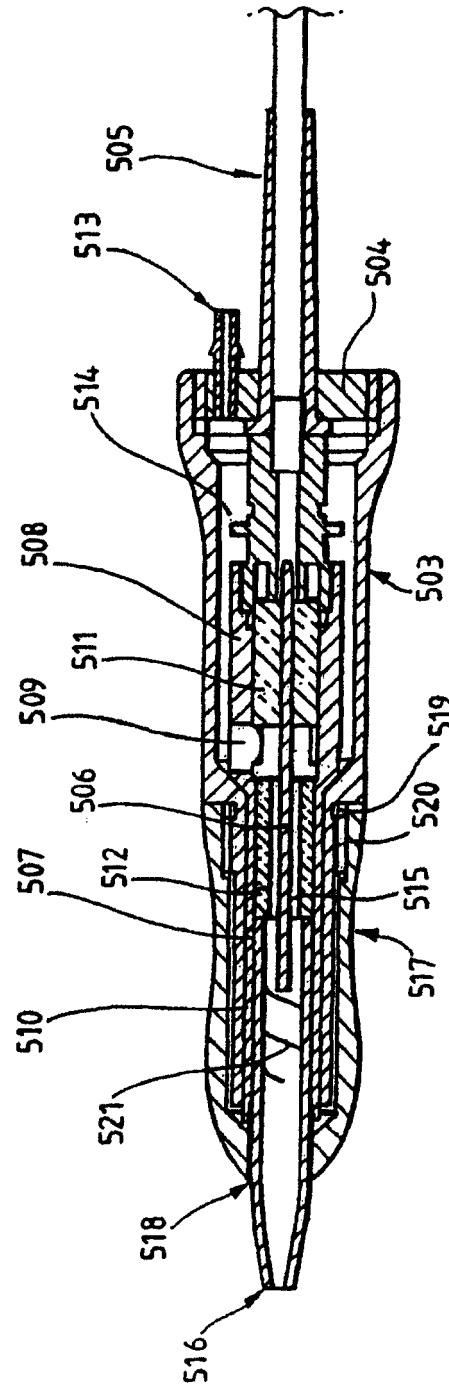


Fig. 22

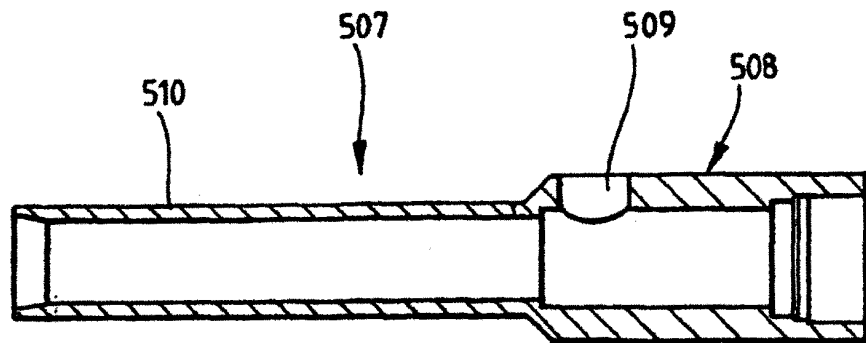


Fig.23

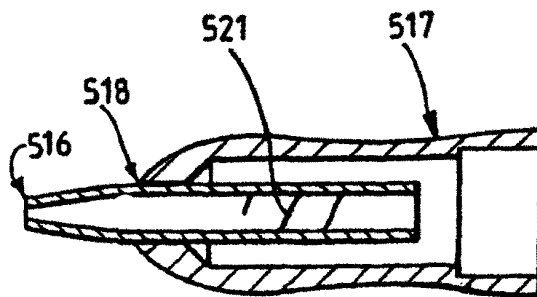


Fig.24

