

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 497 567**

51 Int. Cl.:

**A61B 18/18** (2006.01)

**A61B 17/3205** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2010 E 10765195 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.06.2014 EP 2419040**

54 Título: **Sistema de ablación basado en radiofrecuencia que comprende un transformador dieléctrico**

30 Prioridad:

**15.04.2009 US 424287**

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

**23.09.2014**

73 Titular/es:

**MEDWAVES, INC. (100.0%)  
16760 West Bernardo Drive  
San Diego, California 92127, US**

72 Inventor/es:

**ORMSBY, THEODORE;  
CHUNG, RUSSELL;  
LEUNG, GEORGE y  
SHEN, GWO JENN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 497 567 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

Sistema de ablación basado en radiofrecuencia que comprende un transformador dieléctrico

**Antecedentes**

## 1. Campo de la Invención

- 5 La presente invención se refiere a un sistema basado en radiofrecuencia (RF) para realizar ablación de tejido y oclusiones, en particular en el interior de luces llenas de líquido de animales, tales como el corazón, el hígado, las arterias y los vasos de un ser humano, con un campo eléctrico producido alrededor de una antena RF, y se refiere en particular a la reducción de las pérdidas de señal reflejada en un sistema de este tipo.

## 2. Técnica Relacionada

- 10 Los sistemas de ablación terapéutica de tejido aplican energía a un punto de ablación de tejido biológico mediante diferentes medios de intercambio de energía, como por ejemplo conducción de calor e irradiación. Estos sistemas pueden emplear diferentes modos de energía, tales como radiofrecuencia, ultrasonidos, láser, criogenia y similares. Dentro del rango de las radiofrecuencias (RF), algunos sistemas de ablación por microondas se usan para destruir o extirpar tejidos biológicos. En una aplicación, se usa un sistema de ablación por microondas para extirpar tejidos
- 15 cardíacos que provocan latidos irregulares o arritmia, evitando que sea necesaria una cirugía a corazón abierto más arriesgada e invasiva. En una aplicación de este tipo, un elemento de ablación, tal como una antena RF, se incorpora como parte de un catéter o sonda. El catéter se hace pasar a través de la vena para acceder a la aurícula. En el interior de la aurícula, se coloca la antena RF en la posición deseada donde se aplica la ablación.

- 20 Los sistemas de ablación por microondas también se pueden usar en el tratamiento de otras zonas biológicas tales como arterias, órganos y vasos del cuerpo. Como ejemplo, se usa un sistema de ablación por microondas para extirpar tumores en los pulmones, en el hígado, en el riñón o en otras zonas del cuerpo.

- Estas aplicaciones quirúrgicas y terapéuticas requieren un sistema eficiente para la transmisión de energía de radiofrecuencia al elemento de ablación para el suministro de energía al punto de tejido objetivo. La Publicación de Solicitud de Patente U.S. N° 20080015570 de Ormsby et al. describe un sistema de ablación de tejido que
- 25 comprende un cable coaxial conductor de la electricidad hueco que tiene un primer elemento tubular conductor de la electricidad alargado interior con una porción final distal, teniendo el primer elemento tubular una luz hueca, que se extiende axialmente, un segundo elemento conductor de la electricidad alargado situado en una relación substancialmente coaxial por encima de al menos una porción del primer elemento tubular conductor de la electricidad por encima de substancialmente la longitud del cable, un medio dieléctrico situado entre los elementos
- 30 tubulares conductores de la electricidad primero y segundo, y un elemento de ablación o antena de radiofrecuencia que suministra energía de radiofrecuencia incluidas microondas a tejido corporal situado en la porción final distal del cable. La antena de radiofrecuencia está adaptada para recibir e irradiar energía de radiofrecuencia en el rango de las microondas a una frecuencia típicamente mayor de 300 Megaheerzios (MHz) en el espectro electromagnético para extirpar tejido biológico a lo largo de una trayectoria de ablación biológica.

- 35 Los sistemas típicos de ablación de tejido por microondas tienen una fuente de energía RF que proporciona energía RF a la antena a lo largo del cable coaxial o guía de ondas. La mayoría de los sistemas de ablación de tejido de la actualidad están diseñados para proporcionar una impedancia determinada, la cual puede ser del orden de 50 ohmios. Sin embargo, la impedancia en el lado del catéter del sistema tiende a variar, por ejemplo debido a características del cable coaxial y a variaciones en las propiedades electromagnéticas del tejido sometido a
- 40 tratamiento. Se sabe que las constantes dieléctricas de diferentes tipos de tejido, por ejemplo del tejido del corazón y del tejido del hígado, son diferentes. Asimismo, las propiedades dieléctricas del tejido cambian según va siendo tratado dicho tejido. Esto impide que un circuito de suministro RF electromagnético fijo consiga rendimiento máximo en el suministro de la mayor cantidad de energía RF al tejido que está siendo sometido a tratamiento. En la Patente U.S. N° 6.190.382 de Ormsby, se usa un transformador de microcintas situado entre la fuente de energía RF y la
- 45 línea o catéter de transmisión para adaptar con mayor precisión el sistema de 50 ohmios a la impedancia de la antena de ablación.

- En la Patente U.S. N° 7.070.595 de Ormsby et al., se describen un sistema y un método de ablación de tejido en los cuales la frecuencia de salida de los pulsos de energía RF suministrados al catéter se ajusta para conseguir que
- 50 coincida substancialmente con la impedancia de carga de la antena RF y la del tejido biológico. En este sistema, un acoplador bidireccional muestra los pulsos enviados suministrados a la línea de transmisión de microondas o cable coaxial y los pulsos reflejados que son reflejados por el tejido de ablación objetivo, y utiliza las muestras de señal como realimentación para un controlador que modifica la frecuencia para reducir la señal reflejada, con el fin de que se aplique más energía al tejido que está siendo sometido a ablación. La Patente U.S. N° 5.957.969 de Warner et al. describe un sistema y un método de catéter de ablación por microondas con ajuste mecánico, el cual tiene un
- 55 dispositivo de ajuste situado en la fuente de energía, en la línea de transmisión, o en la antena que cambia la configuración de la antena, mueve material con respecto a la antena, o modifica la guía de ondas.

La patente EP 2008604 describe un aplicador de microondas de banda ancha, la Patente US 5275597 describe un catéter transluminal percutáneo y un transmisor para el mismo, la Patente US 6706040 describe una sonda terapéutica invasiva, la Patente US 2007/233057 describe un dispositivo de tratamiento médico por radiofrecuencia, y la Patente US 2007/066972 describe un aparato de catéter de ablación con uno o más electrodos.

## 5 Resumen

La presente invención proporciona un dispositivo para transmitir energía de radiofrecuencia para la ablación de tejido biológico como se define en la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones adicionales de la invención.

10 La presente invención proporciona un sistema basado en radiofrecuencia mejorado para realizar ablación de tejidos biológicos de un vaso del cuerpo, incluida la aurícula de un paciente, en el cual se incrementa el acoplamiento en frecuencia RF en la interfaz antena-tejido mediante una modificación apropiada del diseño de la antena, mediante el uso de un transformador o gradiente dieléctrico entre la zona activa de la antena y la interfaz con el tejido, proporcionando una zona de transición entre el cable coaxial y la punta de la antena, o por utilización de ambas técnicas.

15 En una realización, un dispositivo para transmitir energía de radiofrecuencia para la ablación de tejido biológico comprende un elemento tubular conductor de la electricidad alargado exterior que tiene una luz axial; un elemento conductor de la electricidad alargado interior situado en una relación substancialmente espaciada en el interior de la luz del elemento tubular exterior y que se extiende más allá del extremo distal del elemento tubular exterior para definir una guía de ondas configurada para la transmisión de energía de radiofrecuencia en el rango de frecuencias de las microondas y mayores; y una antena adaptada para recibir y radiar la energía de radiofrecuencia para la ablación de tejidos biológicos que está acoplada eléctricamente al elemento interior y que está espaciada distalmente del extremo distal del elemento tubular exterior para dejar un hueco de aire. En una realización, el elemento conductor de la electricidad interior es un elemento tubular que se extiende de forma coaxial por el interior de la luz del elemento tubular exterior.

20 Este sistema crea un espacio o zona de transición entre el brazo emisor de la antena y el brazo de retorno o elemento tubular exterior del dispositivo, que proporciona una discontinuidad intencionada. Esto reduce la dependencia del sistema de los parámetros del tejido, al proporcionar un circuito de accionamiento de extremo único.

25 En otra realización, en la porción final distal del dispositivo se proporciona un transformador dieléctrico de capas múltiples o apilamiento dieléctrico. El transformador dieléctrico puede comprender al menos dos capas dieléctricas de materiales diferentes colocadas formando un apilamiento dieléctrico sobre la superficie exterior de la antena, las cuales están diseñadas para proporcionar una transición gradual o gradiente dieléctrico entre la superficie de la antena y el medio con pérdidas o la interfaz con el tejido circundantes. Las capas dieléctricas pueden comprender capas alternantes de películas delgadas de constante dieléctrica alta y baja diseñadas para reflejar de vuelta al tejido cualquier señal reflejada por el tejido. Las capas pueden tener un espesor equivalente a  $\frac{1}{4}$  de la longitud de onda de interés.

30 En otra realización adicional, se proporciona un dispositivo de ablación de tejido en el cual se proporciona un punto de transición gradual desde el cable coaxial del dispositivo y la punta de la antena, por medio de una pluralidad de capas dieléctricas que terminan en una posición longitudinalmente espaciada del cable, hasta la punta del dispositivo. Esta transición gradual mitiga la pérdida por conversión de modo debida al cambio desde el modo electromagnético transversal (TEM) de propagación en el cable coaxial al patrón de modo del campo electromagnético que se propaga en el tejido, reduciendo efectos de calentamiento localizado que se pueden producir con transiciones bruscas.

35 Otros rasgos y ventajas de la presente invención se harán más evidentes para las personas con experiencia ordinaria en la técnica después de la revisión de la siguiente descripción detallada y dibujos adjuntos.

### Breve Descripción de los Dibujos

Los detalles de la presente invención, tanto en lo referente a su estructura como en lo referente a su funcionamiento, se pueden deducir en parte mediante el estudio de los dibujos adjuntos, en los que números de referencia similares se refieren a partes similares, y en los cuales:

40 La Figura 1 es un diagrama esquemático de un dispositivo de ablación de acuerdo con una realización con múltiples capas dieléctricas alrededor de la antena;

La Figura 2 es un diagrama representativo que muestra el concepto de proporcionar un gradiente dieléctrico entre la interfaz entre metal y tejido con el dispositivo de la Figura 1;

45 La Figura 3 es un diagrama representativo de un sistema de ablación de tejido de acuerdo con una segunda realización que incluye un dispositivo de ablación de cable coaxial con un separador;

La Figura 4 es una vista en sección transversal ampliada del dispositivo de ablación de cable coaxial del sistema de la Figura 3;

La Figura 5 es una vista en sección transversal de una tercera realización de un sistema de ablación de tejido con un dispositivo de ablación de cable coaxial que tiene un transformador dieléctrico longitudinal;

- 5 La Figura 6 es una vista en sección transversal de otra realización de un dispositivo de ablación de cable coaxial que tiene un sistema de transformador dieléctrico modificado y separador;

La Figura 7 es una vista en sección transversal de otra realización de un dispositivo de ablación de cable coaxial que tiene un sistema de transformador dieléctrico modificado y separador;

- 10 La Figura 8 es una vista en sección transversal de otra realización de un dispositivo de ablación de cable coaxial que es similar a la realización de la Figura 4 pero que añade otra capa dieléctrica;

La Figura 9 es una vista en sección transversal de otra realización de un dispositivo de ablación de cable coaxial en el cual la capa dieléctrica adicional está extendida por encima del separador y de la punta de la antena;

La Figura 10 es una vista en sección transversal de otra realización de un dispositivo de ablación de cable coaxial con múltiples capas dieléctricas;

- 15 La Figura 11 es una vista en sección transversal de otra realización de un dispositivo de ablación de cable coaxial con un diseño de antena modificado y múltiples capas dieléctricas;

La Figura 12 es una vista en sección transversal de otra realización de un dispositivo de ablación de cable coaxial;

La Figura 13 es una vista en sección transversal de otra realización de un dispositivo de ablación de cable coaxial con un diseño de antena y capa dieléctrica modificado; y

- 20 La Figura 14 es una vista en sección transversal de otra realización de un dispositivo de ablación de cable coaxial que tiene una antena de bobina helicoidal y una punta de antena monopolo;

### Descripción Detallada

- 25 Algunas realizaciones como se describe en este documento proporcionan un dispositivo de transmisión de energía de radiofrecuencia, que incorpora una guía de ondas para conducir energía de radiofrecuencia (RF), en particular energía de microondas, para la ablación de tejidos biológicos. La guía de ondas tiene un conductor tubular exterior y un conductor interior situado dentro de la luz del conductor exterior que se extiende hasta una porción distal del dispositivo. En la porción distal de la guía de ondas está situado un elemento de ablación tal como una antena de radiofrecuencia (RF) que suministra energía de radiofrecuencia, en particular energía de microondas. En las diferentes realizaciones se proporcionan diferentes sistemas para mejorar el acoplamiento de energía dentro del tejido a tratar, incluyendo un apilamiento dieléctrico alrededor de la antena, un separador o discontinuidad en uno de los cables conectados a la antena, y un transformador dieléctrico longitudinal para proporcionar un punto de transición gradual desde el cable coaxial al transformador.

- 30 Después de leer esta descripción, para una persona con experiencia en la técnica resultará evidente cómo implementar la invención en diferentes realizaciones alternativas y aplicaciones alternativas. Sin embargo, aunque en este documento se describirán diferentes realizaciones de la presente invención, se comprende que estas realizaciones se presentan sólo a modo de ejemplo y no de forma limitativa. Por lo tanto, no debería considerarse que esta descripción detallada de diferentes realizaciones alternativas limita el alcance o amplitud de la presente invención como se establece en las reivindicaciones adjuntas.

- 35 La Figura 1 ilustra una primera realización de un dispositivo o sonda 10 de guía de ondas de radiofrecuencia (RF) que forma parte de un sistema de ablación por microondas. El sistema de ablación por microondas es similar al que se describe en las Solicitudes en tramitación con la presente con Números de Serie 11/781.467 presentada el 23 de Julio de 2007 y 11/858.736 presentada el 20 de Septiembre de 2007. El dispositivo 10 es generalmente tubular y tiene una construcción de capas múltiples con un orificio o luz de guía de ondas central que se extiende a lo largo de su longitud desde una porción proximal (no ilustrada) hasta una porción 12 distal. En la porción final distal del dispositivo está situada una antena 14 de ablación por radiofrecuencia (RF). Desde la porción proximal del aparato se extienden coaxialmente elementos tubulares conductores de la electricidad o conductores coaxiales interior y exterior, extendiéndose al menos el conductor interior hasta una posición cercana al extremo distal o punta 15 de la antena. En realizaciones alternativas el conductor interior puede ser no tubular. Entre los conductores interior y exterior se define una guía de ondas de transmisión RF. Una camisa o carcasa 16 exterior de material polimérico dieléctrico rodea a los conductores coaxiales a lo largo de al menos una porción grande de la longitud del dispositivo 10.

Cada uno de los conductores interior y exterior comprende un elemento tubular conductor de la electricidad alargado, estando el conductor exterior situado en una relación substancialmente coaxial por encima de al menos una porción de la longitud del conductor interior. Esta configuración define un espacio anular entre las paredes de

los conductores interior y exterior en el cual se coloca un medio dieléctrico. El medio dieléctrico puede ser un sólido o un fluido o una combinación de sólido y fluido que rellena el espacio existente entre el conductor interior y el exterior. Se puede extraer el aire de cualquier espacio no relleno para formar un vacío o se puede rellenar dicho espacio con un material sólido o fluido dieléctrico alternativo. En lugar de una capa dieléctrica sólida se puede proporcionar un medio fluido dieléctrico como por ejemplo el aire. El vacío, que también exhibe propiedades dieléctricas, se puede crear mediante la evacuación del aire y el sellado del espacio existente entre las porciones distal y proximal del cable durante la fabricación. De forma alternativa, una fuente de vacío puede estar configurada en comunicación fluida con el espacio existente entre los conductores interior y exterior.

En esta realización, la antena 14 de ablación situada en la porción 10 distal del aparato puede ser una antena monopolo o dipolo o una antena de bobina helicoidal, la cual está acoplada eléctricamente al menos al conductor interior del dispositivo de cable coaxial. La antena está adaptada para recibir y radiar energía electromagnética procedente de una fuente de radiofrecuencia acoplada a los conductores coaxiales interior y exterior. En realizaciones alternativas, en lugar de la antena 14 se pueden usar otras formas de dispositivos de ablación o antenas de radiofrecuencia, como por ejemplo una pareja de microcintas conductoras de la electricidad espaciadas situadas en la porción final distal del dispositivo de cable coaxial, como se describe en la Patente U.S. Nº 6.663.625. En sistemas de antena de la técnica anterior, la antena de ablación está recubierta con una única capa de material de encapsulamiento dieléctrico. La brusca interfaz entre la antena y la interfaz con el tejido impide que la energía electromagnética se acople efectivamente en el tejido. Típicamente, el campo eléctrico experimenta una reflexión en la interfaz entre la capa de aislamiento y el medio externo, en este caso tejido. Esto provoca que en el puerto de salida del amplificador se experimente una gran pérdida por reflexión. Sin un esquema de gestión correcto, esto puede producir daños en un amplificador de microondas de alta capacidad. En la realización de la Figura 1, un apilamiento 18 dieléctrico de dos o más capas 20 de materiales dieléctricos diferentes rodea a la zona activa de la antena para producir un gradiente dieléctrico entre la zona 14 activa de la antena y el tejido 22 circundante a tratar, como se indica en la Figura 2.

En el campo de la óptica es bien conocido que depositando múltiples capas de películas delgadas de constante dieléctrica alta y baja alternantes, (especialmente con un cierto espesor equivalente a  $\frac{1}{4}$  de la longitud de onda de la longitud de onda/frecuencia de interés), se pueden modificar las características de transmisión y de reflexión de energía. La realización de la Figura 2 aprovecha la interferencia destructiva y constructiva de estos apilamientos de  $\frac{1}{4}$  de longitud de onda (para las ondas electromagnéticas incidentes) para mejorar la transmisión al interior del tejido. Con unas capas dieléctricas adecuadamente optimizadas se puede mejorar y optimizar la eficiencia de la antena de ablación. Como se ilustra en la Figura 2, parte de la energía es reflejada en la transición entre las capas dieléctricas, pero al interior del tejido 22 se transmite una cantidad de energía total mayor que la que se transmitiría con sólo una única capa o recubrimiento dieléctrico. Para conseguir el nivel de transmisión deseado se pueden modificar diferentes parámetros de las capas 20 dieléctricas, por ejemplo el espesor, el índice de refracción y similares. En una realización, las capas dieléctricas están diseñadas para producir un gradiente dieléctrico que reduce o minimiza la reflexión de energía electromagnética en la interfaz tejido/antena. Una o más de las capas pueden ser aire.

En una realización, por encima de la punta de la antena se puede proporcionar una única capa de medio dieléctrico que tenga una constante dieléctrica menor que la constante dieléctrica del material de la antena o del material aislante que rodea a la antena. Esta capa tiene un espesor igual a  $\frac{1}{4}$  de la longitud de onda de la señal RF. Esto produce reflexiones que interfieren de manera destructiva unas con otras. Una única capa puede eliminar reflexiones en una longitud de onda. Un recubrimiento de capas múltiples como el que se ilustra en las Figuras 1 y 2 puede reducir pérdidas en un espectro electromagnético más amplio. De esta forma, por encima de la primera capa se puede proporcionar una segunda capa de medio dieléctrico, teniendo el segundo medio dieléctrico una constante dieléctrica mayor que el primero para reducir además las pérdidas en un espectro electromagnético más amplio. Para ajustar y reducir aún más las pérdidas se pueden proporcionar capas adicionales con constantes dieléctricas mayores y menores alternantes y diferentes espesores, y si es necesario se pueden diseñar apilamientos dieléctricos para aplicaciones específicas. Los medios dieléctricos pueden ser cualesquiera medios sólidos o fluidos apropiados, incluido el aire, con una estructura de contención apropiada para medios fluidos.

Utilizando múltiples capas de medios dieléctricos, se puede mejorar el acoplamiento de energía de la punta de la antena. Aunque el ejemplo ilustrado en la Figura 1 ilustra el uso de una lámina dieléctrica tubular para implementar el apilamiento dieléctrico, en realizaciones alternativas se puede usar un método de deposición que deposite dos o más capas de recubrimientos dieléctricos, anti-reflectantes, para crear el gradiente dieléctrico deseable. Como se muestra en las Figuras 1 y 2, la capa dieléctrica proporciona una transición gradual desde la superficie de la antena hasta el medio con pérdidas circundante, reduciendo el riesgo de que la propagación de ondas a lo largo de la punta de ablación se interrumpa de forma prematura.

Algunos ejemplos de materiales dieléctricos apropiados para las capas dieléctricas incluyen Fluoropolímeros: PTFE (Politetrafluoretileno), rango de Constante Dieléctrica (DC) de 2,1 a 2,3; FEP (Etileno Propileno Fluorinado), rango de DC de 2,1 a 2,4; PEEK (Polietereftercetona), rango de DC de 3 a 3,6; Cerámica, rango de DC de 3 a más de 100; Polietileno, rango de DC de 2,1 a 2,3. Estos se pueden aplicar en recubrimientos o fundas tubulares. También se puede mezclar aire, rango de DC de 1 a 1,1, con muchos de los materiales anteriormente citados para producir valores dieléctricos híbridos, y también se puede incorporar vacío en el apilamiento dieléctrico.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de un sistema 30 de ablación de tejido de acuerdo con otra realización, mientras que la Figura 4 es una vista en sección transversal de al menos parte del dispositivo 32 de cable coaxial del sistema que tiene una guía 34 de ondas de cable coaxial y una antena 35 en el extremo distal del dispositivo 32. Al extremo proximal de la guía 34 de ondas está conectado un mango 36. Un generador 38 de señal RF está conectado a través del mango a la guía 34 de ondas. Las señales de salida de la guía de ondas están conectadas a través del mango a un procesador 40 de señal, por ejemplo, como se describe en la Solicitud de Patente en tramitación con la presente con N° de Serie 11/479.259 presentada el 30 de Junio de 2006.

En esta realización, la guía 34 de ondas de cable coaxial tiene un conductor 42 tubular interior y un conductor 44 tubular exterior coaxial con el conductor interior, con una capa 45 de material dieléctrico entre los conductores. En la realización ilustrada, la antena 35 es una antena monopolo con un extremo 48 cónico, y está fijada al extremo distal de la guía de ondas con un separador 50 o espacio de aire situado entre el extremo 52 distal del conductor 44 exterior y la cara 54 final enfrentada de la antena. El conductor 42 interior tiene una porción final distal que se proyecta hacia el interior de la antena, y tiene una luz 55 hueca central en la cual está situado un sensor 56 de temperatura, en este caso en la porción del conductor que se extiende hacia el interior de la antena, aunque en otras realizaciones puede estar situado en otro lugar. Los cables 58 del sensor de temperatura se extienden desde el sensor a través de la luz 55 y a través del mango para conectar con el cable 60 de señal. La cara final interior de la antena 35 tiene un tetón 62 saliente central que rodea al conductor 42 interior y que se extiende hacia el interior de una cavidad cilíndrica u orificio 64 final correspondiente en el extremo distal de la capa 45 dieléctrica, proporcionando una unión más segura entre la guía de ondas y la antena. Por encima del conductor 44 exterior se extiende una capa de apantallamiento exterior (no ilustrada), y la superficie exterior de la antena también está recubierta con al menos una capa protectora de material dieléctrico (no ilustrada). En una realización, una capa dieléctrica exterior se extiende por encima del conductor exterior, del hueco de aire y de al menos una parte de la antena para proporcionar soporte mecánico. La punta de la antena puede tener una capa de recubrimiento de un material dieléctrico diferente.

El sistema de las Figuras 3 y 4 proporciona un hueco de aire que produce una zona de transición o discontinuidad entre el brazo emisor de la antena y el brazo de retorno o lado de corriente de retorno de la estructura electromagnética. El hueco de aire proporciona un mayor control de la transición entre los polos positivo y negativo de la antena, evitando o reduciendo de esta forma la transición brusca del cable coaxial a la antena, la cual puede conducir a un calentamiento localizado del tejido circundante.

La Figura 5 ilustra otra realización de un sistema 65 de ablación por RF en el cual el dispositivo 66 de cable coaxial es similar al de la Figura 4 pero incluye capas dieléctricas adicionales. Por lo demás el sistema 65 es idéntico al de la Figura 4 y se usan números de referencia similares para partes similares según corresponda. En la Figura 5, el mango 36 está seccionado para mostrar los circuitos de control interiores con mayor detalle. Como se ilustra en la Figura 5, el cable 68 de señal RF está conectado a un circuito 70 transformador situado sobre una placa 72 de circuito impreso. El circuito 70 transformador está diseñado para adaptar con mayor precisión la impedancia normal de 50 ohmios del sistema de microondas a la impedancia de la antena de ablación, como se describe, por ejemplo, en la Patente U.S. N° 6.190.382 de Ormsby. Un circuito 73 de detección de temperatura está también situado sobre una PCB dentro del mango y conecta los cables 58 del sensor de temperatura con el cable 60 de señal.

Como se indicó anteriormente, el dispositivo 66 de cable coaxial de la Figura 5 es similar al de la Figura 4, e incluye una guía de ondas que tiene conductores coaxiales 42 interior y 44 exterior con una capa 45 dieléctrica entre los conductores, y una antena 35 fijada al extremo distal de la guía de ondas, con un hueco 50 de aire entre el extremo distal del conductor 42 exterior y la cara final enfrentada de la antena 35. En esta realización, sobre la cara exterior del conductor 44 exterior se proporcionan dos capas 74, 75 exteriores de materiales dieléctricos diferentes, extendiéndose la primera capa 74 exterior más allá del extremo distal del conductor 44 y por encima de parte de la superficie exterior de la antena 35, terminando antes de la punta de la antena. La segunda capa 75 dieléctrica exterior termina en el punto 76, antes del extremo distal del conductor 44 exterior. Este sistema proporciona una transición gradual desde el cable coaxial de ablación hasta la punta de la antena, es decir, una transición longitudinalmente escalonada desde el extremo de la capa 75 dieléctrica exterior, hasta el extremo del conductor 44 exterior, hasta el hueco 50 de aire, y hasta el extremo de la primera capa 74 dieléctrica. En esta realización, la punta de la antena también está recubierta con material dieléctrico.

La realización de la Figura 5 proporciona un punto de transición gradual desde el cable coaxial de ablación hasta la punta de la antena, reduciendo la reflexión desde el tejido o desde el punto de ablación. El cable coaxial soporta naturalmente un modo TEM debido a su diseño simétrico. Sin embargo, en el punto de ablación de la antena, la distribución del campo electromagnético en el tejido no puede ser un modo TEM del cable coaxial debido a su naturaleza de frontera abierta y a las diferentes propiedades dieléctricas. Como resultado de esto, se produce una pérdida por conversión de modo, lo cual es un problema muy conocido de los dispositivos de ablación de cable coaxial. Un método para mitigar esta pérdida por conversión es pasar gradualmente del modo TEM al patrón de modo del tejido, y esto se puede realizar con un aplamamiento dieléctrico alrededor de la antena que produzca una transición gradual, como se muestra en la Figura 1, o con un transformador dieléctrico longitudinal con capas dieléctricas longitudinalmente escalonadas, como en la Figura 5.

La Figura 6 ilustra otra realización de un dispositivo 80 de cable coaxial, la cual es similar a la realización anterior, excepto por una modificación del material dieléctrico interior y de los extremos que encajan entre sí del dieléctrico interior y del extremo interior de la antena. Dado que la realización de la Figura 6 es por lo demás idéntica a la de la Figura 5, se usan números de referencia similares para partes similares según corresponda. En esta realización, la  
 5 capa dieléctrica interior de la Figura 5 se sustituye por dos capas 82, 84 tubulares, concéntricas, de materiales dieléctricos diferentes. Otra diferencia es que el conductor tubular exterior se extiende por encima de la superficie exterior de la antena 35 hasta una posición cercana a la punta distal de la antena, extendiéndose la primera capa 74 dieléctrica exterior por encima del extremo distal del conductor exterior. En esta realización, el hueco de aire anular o discontinuidad 50 se proporciona en la longitud del conductor exterior en una posición espaciada por detrás de la  
 10 antena 35. En esta realización también se modifican las caras finales enfrentadas de la antena y de las capas dieléctricas interiores. En lugar de un tetón 62 saliente central en el extremo interior de la antena, la antena tiene un tetón 85 saliente con una entalladura 86 anular central y una entalladura 88 exterior concéntrica, mientras que las caras finales enfrentadas de las dos capas 82, 84 dieléctricas tienen una estructura que encaja con la anterior de un tetón 90 central que se proyecta hacia el interior de la entalladura 86 y un borde 92 saliente anular, exterior, en la  
 15 capa 84, que se extiende al interior de la entalladura 88 exterior. Esto añade resistencia mecánica adicional a la conexión entre el cable coaxial y la antena.

La Figura 7 ilustra otro dispositivo 80 de cable coaxial que es una modificación de las realizaciones de las Figuras 5 y 6. En esta realización, el conductor 44 exterior y las capas 74, 75 dieléctricas exteriores son similares a la realización anterior. Se proporciona una única capa 45 dieléctrica interior, y las caras finales enfrentadas de la capa  
 20 45 dieléctrica y de la antena 35 son planas. En esta realización y en las realizaciones anteriores las caras enfrentadas se pueden pegar entre sí de forma apropiada con adhesivo o similar.

La Figura 8 ilustra otro dispositivo 85 de cable coaxial, el cual es una modificación de la realización de la Figura 4, y en el que se han usado números de referencia similares para piezas similares según corresponda. El dispositivo 85 es idéntico al dispositivo 32, salvo por la adición de una capa 86 de aislamiento de guía de ondas exterior de material dieléctrico que termina antes del extremo distal del conductor 44. El conductor 42 interior, el dieléctrico 45, el conductor 44 exterior y la capa 86 dieléctrica exterior están en una disposición coaxial.

En la Figura 9 se ilustra otra realización de un dispositivo 90 de cable coaxial. Esta realización es similar a la de la Figura 8, excepto en que en esta realización la capa 92 dieléctrica exterior se extiende por encima del separador o hueco 50 de aire de la guía de ondas y por encima de la antena hasta la punta 48 de la antena. En esta realización se pueden proporcionar una o más capas exteriores de material dieléctrico. De nuevo, las capas dieléctricas interior y exterior y los conductores interior y exterior están en una disposición coaxial.

La Figura 10 ilustra otra realización de un dispositivo 100 de cable coaxial con otro posible diseño diferente antena y guía de ondas. Esta realización es similar en algunos aspectos a la realización de la Figura 7, y se han usado números de referencia similares según corresponda. Como ocurre con la Figura 7, en esta realización la guía de ondas tiene conductores coaxiales 42 interior y 44 exterior, y dos capas 102, 104 interiores de materiales dieléctricos diferentes entre los conductores. Como ocurre con la realización de la Figura 7, el conductor 44 exterior se extiende por encima de parte de la superficie exterior de la antena 35, y el espacio anular o hueco 50 de aire se proporciona en el conductor exterior en una posición espaciada hacia atrás con respecto a de la antena. También como en la  
 35 Figura 7, se proporcionan dos capas 74, 75 de materiales dieléctricos diferentes, una de las cuales se extiende hasta el extremo distal del conductor 44 exterior, terminando la capa 75 más exterior por detrás del hueco 50 de aire. La principal diferencia entre las Figuras 7 y 10 es la interfaz o conexión entre las capas 102, 104 dieléctricas interiores y el extremo interior de la antena 35. En este caso, la capa dieléctrica más interior, la 102, termina antes del extremo distal de la capa más exterior, la 104, de las capas dieléctricas interiores, definiendo una entalladura central, y se proporciona un tetón 62 central sobre la cara interior de la antena (similar a la Figura 9) y que se  
 40 extiende hacia el interior de la entalladura central de encaje de las capas dieléctricas.

La Figura 11 ilustra otra realización modificada de un dispositivo 110 de cable coaxial que es similar al de la Figura 10, excepto por la interfaz entre la guía de ondas y la antena, la posición del sensor 56 de temperatura, y la longitud del hueco de aire o separador 112, y se usan números de referencia similares para partes similares según corresponde. Como en la realización anterior, esta realización tiene una guía de ondas que comprende conductores tubulares coaxiales 42 interior y 44 exterior, extendiéndose el conductor 44 tubular exterior por encima de al menos parte de la superficie exterior de la antena 35. Como en la realización anterior, alrededor del conductor 44 exterior se proporcionan capas exteriores primera 74 y segunda 75, extendiéndose la primera capa 74 exterior hasta el extremo distal del conductor 44, y terminando la segunda capa exterior en una posición por detrás del separador 112, el cual es más largo que el hueco de aire o separador 50 de la realización anterior. Como en la realización anterior, se proporcionan dos capas 118, 119 interiores de materiales dieléctricos diferentes pero, a diferencia de la realización anterior, la más interior de las capas dieléctricas es más larga que la más exterior de las capas dieléctricas interiores, y se extiende hacia el interior de un orificio o entalladura 114 central situado en la cara final interior de la antena 35. Asimismo, la capa más exterior tiene una entalladura en el interior de la cual se extiende un nervio 115 saliente anular de la antena. En esta realización, la posición del sensor 56 de temperatura en el orificio o luz 55  
 50 central del conductor 42 interior es diferente a las realizaciones anteriores, y está situado más atrás que en la realización anterior. De esta forma, en algunos casos el sensor de temperatura está situado en la zona de la antena  
 60

35, mientras que en otros está espaciado hacia la zona situada detrás de la antena cerca del espacio de aire o separador, y en otros está espaciado por detrás del hueco de aire o separador.

La Figura 12 ilustra otra realización de un dispositivo 120 de cable coaxial que es similar a la realización de la Figura 5 excepto en que la única capa 45 dieléctrica interior se sustituye por dos capas 122, 124 dieléctricas concéntricas, se modifica la forma de la interfaz o conexión entre la antena y la guía de ondas, y se modifica la posición del sensor 56 de temperatura. Por lo demás, el dispositivo 120 es idéntico al de la Figura 5, y se usan números de referencia similares según corresponda. La forma de la cara final interior de la antena 35 se ha modificado, y tiene una entalladura 125 cilíndrica central en lugar de un tetón saliente. La capa 122 dieléctrica más interior tiene una porción 126 final distal que se extiende más allá del extremo distal de la capa 124 dieléctrica circundante y hacia el interior de la entalladura 125 central de la antena 35. Esto ayuda a alinear y fijar la antena al extremo distal de la guía de ondas. El sensor de temperatura está situado por detrás de la interfaz existente entre la antena y la guía de ondas, aproximadamente en la misma posición que el extremo distal de la capa 75 dieléctrica exterior.

La Figura 13 ilustra un dispositivo 130 de cable coaxial modificado de acuerdo con otra realización, el cual es similar a la realización de la Figura 12, excepto en que se modifican la interfaz entre la guía de ondas y la antena y la forma del extremo interior de la antena. En este caso, la cara final de la antena tiene un tetón 62 saliente central, como en la Figura 5, y la capa 124 más exterior de las dos capas dieléctricas interiores tiene una porción 132 final distal que se extiende más allá del extremo distal de la capa 122 más interior y del tetón 62 que la rodea. La posición del sensor 56 de temperatura también está espaciada hacia adelante con respecto a la posición en la Figura 12. Las realizaciones de las Figuras 12 y 13 muestran algunos otros posibles diseños de la antena y de la guía de ondas.

La Figura 14 ilustra otro dispositivo 140 de cable coaxial modificado de acuerdo con otra realización. Esta realización tiene una antena 142 helicoidal y una punta 144 de antena monopolo en la porción final distal del dispositivo de cable coaxial. Como en realizaciones anteriores, el dispositivo 140 tiene conductores coaxiales 42 interior y 44 exterior con una capa 45 dieléctrica (o con múltiples capas dieléctricas) entre los conductores. El conductor exterior termina antes de la punta 144 de la antena monopolo, y la antena 142 de bobina helicoidal se extiende entre el extremo distal del conductor 44 exterior y la punta 144 de la antena. La porción final distal del conductor 42 interior se proyecta hacia el interior de la punta 144 de la antena de una manera similar a realizaciones anteriores, y el conductor 42 interior tiene una luz 55 hueca. El sensor 56 de temperatura está situado en una porción final distal de la luz 55 junto al extremo proximal de la punta 144 de la antena monopolo, y cables 58 del sensor de temperatura se extienden a través de la luz y del mango del dispositivo para conectar con un cable de señal. En la realización ilustrada una capa 145 dieléctrica o aislamiento exterior cubre toda la guía de ondas y la antena hasta la punta 144 de la antena monopolo. De forma alternativa, la capa 145 puede terminar antes de la punta, o como en realizaciones anteriores se pueden proporcionar múltiples capas de diferentes materiales dieléctricos para crear y controlar el campo RF.

En la Figura 14, los extremos opuestos de la antena helicoidal se pueden conectar al extremo distal del conductor 44 exterior y al conductor interior a través de la punta 144 de antena distal. De forma alternativa, la antena helicoidal puede tener un extremo que esté abierto, es decir, que no esté conectado a un conductor interior o exterior. Por ejemplo, se puede proporcionar un hueco entre el extremo distal de la antena 142 helicoidal y la punta 144 de la antena, o entre el extremo proximal de la antena 142 helicoidal y el extremo distal del conductor 144 exterior, de manera que sólo un extremo esté conectado a un conductor. De forma alternativa, ambos extremos de la antena helicoidal están abiertos, es decir, ningún extremo está conectado a un conductor, y la antena helicoidal flota entre el conductor exterior y la punta. Cada una de estas alternativas proporciona diferentes capacidades de giro de la antena para hacer que se ajuste a con diferentes impedancias de tejido biológico.

Las realizaciones de las Figuras 4 a 14 muestran algunos de los muchos diseños posibles de antena que utilizan una o más capas de material dieléctrico entre los conductores interior y exterior, así como diferentes cuerpos de antena y formas de punta, diferentes longitudes de separador, y entre cero y múltiples capas de materiales de aislamiento exterior. Estos diferentes diseños se pueden usar para crear y controlar el campo RF alrededor de la antena. En cada una de estas realizaciones, también se puede proporcionar un apilamiento dieléctrico alrededor de la antena, como se ha descrito anteriormente en conexión con las Figuras 1 y 2, para reducir la reflexión de energía y transmitir una mayor cantidad de la energía RF al interior del tejido.

En las realizaciones anteriores, los elementos tubulares interior y exterior pueden ser de cualquier material conductor de la electricidad apropiado, y pueden ser flexibles cuando se incorporan en un dispositivo orientable o pueden ser rígidos cuando se incorporan en un dispositivo de sonda rígida. Uno o ambos elementos tubulares conductores de la electricidad pueden ser de material de malla metálica o trenzado conductor de la electricidad, o de material de película delgada conductor de la electricidad. La antena monopolo puede tener una punta cónica como en las realizaciones ilustradas, o puede tener una punta redondeada, atraumática, en realizaciones alternativas.

El diseño de la antena es uno de los aspectos más importantes de un sistema de ablación dado que es el punto de suministro final de la energía RF. Algunos factores importantes son hacer la antena lo suficientemente pequeña para que sea más fácil de usar y también para que sea mínimamente invasiva, al mismo tiempo que también se diseña para que sea un elemento radiante eficiente. La constante dieléctrica del tejido ayuda en la reducción de tamaño pero también hace la antena muy dependiente de sus alrededores. En las realizaciones descritas anteriormente, se

5 adopta un diseño casi-dipolo modificando un monopolo sin plano de tierra para que actúe como un dipolo. Esto proporciona un circuito de accionamiento de un solo extremo y la capacidad de reducir o minimizar hasta cierto punto la dependencia de los parámetros del tejido. Por ejemplo, dado que el dipolo está totalmente sumergido en el dieléctrico del tejido, la frecuencia de resonancia también depende de los parámetros del tejido. La técnica de casi-dipolo hace más fácil admitir esta variación sin sacrificar los resultados de la ablación. Los diseños del conjunto de cable coaxial en las realizaciones anteriores proporcionan un mejor ajuste de la antena a las propiedades del tejido circundante para un mayor acoplamiento de energía RF en el interior del tejido, reduciendo interfaces bruscas entre el dispositivo de cable coaxial y tejido de diferentes maneras, por ejemplo incorporando un hueco de aire en el camino eléctrico que va desde un conductor a la antena, proporcionando un apilamiento dieléctrico alrededor de la antena que proporciona un gradiente dieléctrico y reduce las reflexiones, y/o proporcionando un transformador dieléctrico longitudinalmente escalonado de varias capas de dieléctrico que termine en intervalos escalonados a lo largo del dispositivo.

15 Además, para minimizar o reducir la interacción de la frecuencia característica del tejido y la frecuencia de resonancia de la sonda, el material de interfaz situado en el exterior de la sonda se selecciona para permitir una radiación eficiente y para reducir además la dependencia del dispositivo de los parámetros del tejido. La eficiencia de la radiación de la sonda se puede mejorar aún más si los dispositivos de cable coaxial descritos anteriormente se acoplan a un sistema de ablación ajustable por frecuencia RF, como se describe, por ejemplo, en la Patente U.S. N° 7.070.595 de Ormsby et al. También se puede conseguir un menor espacio ocupado por el diámetro del cable utilizando un circuito de microcintas.

20 La descripción anterior de las realizaciones presentadas se proporciona para permitir que cualquier persona con experiencia en la técnica fabrique o use la invención. Diferentes modificaciones a estas realizaciones resultarán evidentes para las personas con experiencia en la técnica, y los principios genéricos descritos en este documento se pueden aplicar a otras realizaciones sin alejarse del alcance de la invención. De esta forma, debe entenderse que la descripción y los dibujos presentados en este documento representan una realización actualmente preferida de la invención y que son, por lo tanto, representativos de la materia que es considerada ampliamente por la presente invención. Se entiende además que el alcance de la presente invención abarca totalmente otras realizaciones que pueden resultar obvias para las personas con experiencia en la técnica y que por consiguiente el alcance de la presente invención no está limitado por nada aparte de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo para transmitir energía de radiofrecuencia para la ablación de tejido biológico, que comprende:  
un elemento (44) exterior tubular alargado, conductor de la electricidad, que tiene una luz axial;  
un elemento (42) interior alargado, conductor de la electricidad, situado en una relación espaciada con respecto al elemento (44) exterior dentro de la luz del citado elemento (44) exterior para definir una guía de ondas (42, 44) para transmisión de energía RF en el rango de frecuencias de las microondas y mayores;  
una antena (35) situada en el extremo distal del dispositivo acoplada eléctricamente a al menos el elemento (42) interior y adaptada para recibir y radiar la energía RF para la ablación de tejidos biológicos, teniendo la antena (35) una superficie exterior; y  
al menos una primera capa (74) exterior y una segunda capa (75) exterior de medios dieléctricos diferentes situadas alrededor del elemento (44) exterior y que se extienden a lo largo de al menos una parte de la longitud del citado elemento (44) exterior,  
donde la primera capa (74) exterior tiene una porción final distal que se proyecta más allá de un extremo distal de la segunda capa (75) exterior, donde la segunda capa (75) exterior está situada alrededor de la primera capa (74) exterior, y donde el extremo distal del elemento (44) exterior está escalonado desde los extremos distales de ambas capas (74, 75) exteriores, para formar un transformador dieléctrico longitudinal con capas dieléctricas longitudinalmente escalonadas, con el fin de proporcionar transición gradual desde la citada guía de ondas (42, 44) hasta la citada antena (35) para reducir la reflexión RF en el punto de ablación del dispositivo.
2. El dispositivo de la reivindicación 1, en el cual el elemento (42) interior tiene una porción final distal que se extiende más allá del extremo distal del elemento (44) exterior.
3. El dispositivo de la reivindicación 2, que comprende además un medio (45) dieléctrico situado entre el elemento (42) interior y el elemento (44) exterior, donde el medio dieléctrico se extiende más allá del extremo distal del elemento tubular hasta la antena (35).
4. El dispositivo de la reivindicación 3, en el cual el medio (45) dieléctrico tiene un rebaje interno en su extremo distal que aloja a al menos una porción de la antena (35).
5. El dispositivo de la reivindicación 3, en el cual la porción final distal del elemento (42) interior se proyecta hacia el interior de la antena (35).
6. El dispositivo de la reivindicación 1, en el cual la antena (35) es un monopolo.
7. El dispositivo de la reivindicación 6, que comprende además al menos una capa dieléctrica que cubre la superficie exterior de la antena (35).
8. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además un apilamiento de al menos primera y segunda capas de medios dieléctricos diferentes situadas alrededor de la antena (35) para proporcionar un gradiente dieléctrico entre la antena y tejido circundante con el fin de minimizar la reflexión de la señal RF procedente del tejido.
9. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, en el cual las capas tienen un espesor aproximadamente igual a un cuarto de la longitud de onda de la energía RF, la primera capa tiene una constante dieléctrica menor que la de la porción final distal del dispositivo y la segunda capa tiene una constante dieléctrica mayor que la de la primera capa.
10. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además un hueco (50) de aire en el camino que va desde el elemento (44) tubular exterior hasta la antena (35).
11. El dispositivo de la reivindicación 10, en el cual el elemento (44) tubular exterior tiene un extremo distal que está espaciado distalmente de la antena (35) para definir el hueco (50) de aire.
12. El dispositivo de la reivindicación 10, en el cual el elemento (44) tubular exterior tiene una porción final distal que se extiende hasta la antena (35), teniendo la porción final distal un espacio anular a lo largo de su longitud que forma el hueco (50) de aire.
13. El dispositivo de la reivindicación 10, en el cual la primera capa (74) exterior de material dieléctrico se extiende por encima de al menos una porción final distal del elemento (44) tubular exterior y del hueco (50) de aire hasta la antena (35).
14. El dispositivo de la reivindicación 13, en el cual la primera capa (74) dieléctrica exterior se extiende hasta una punta distal del dispositivo.
15. El dispositivo de la reivindicación 1, en el cual el elemento (42) interior conductor de la electricidad comprende un elemento tubular que está situado en una relación coaxial en el interior de la luz del elemento (44) tubular exterior.

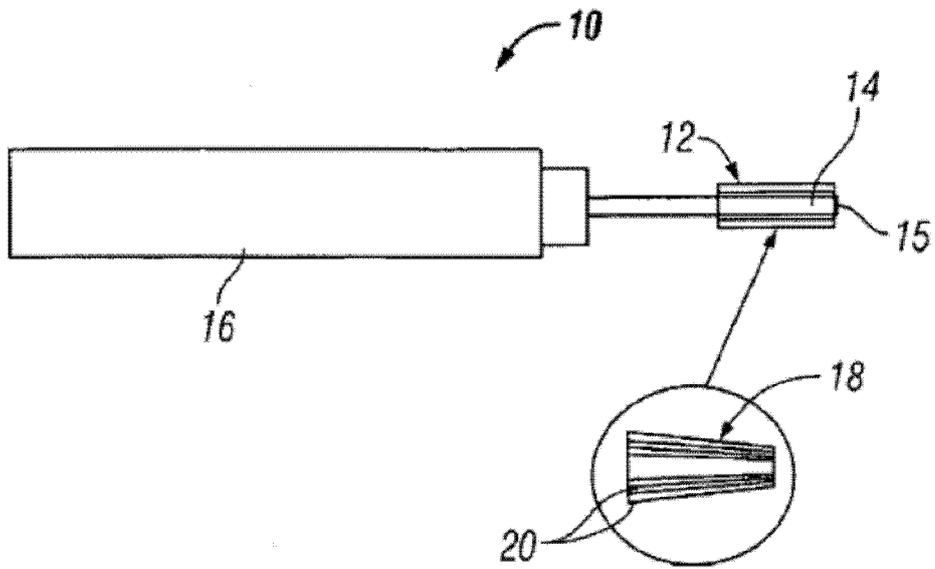


FIG. 1

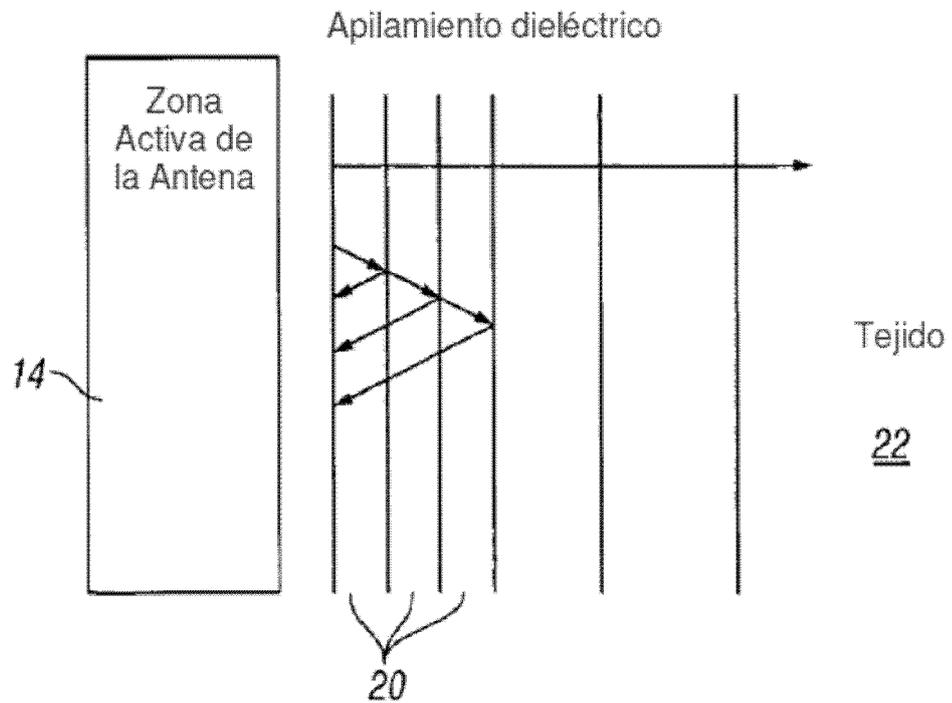


FIG. 2

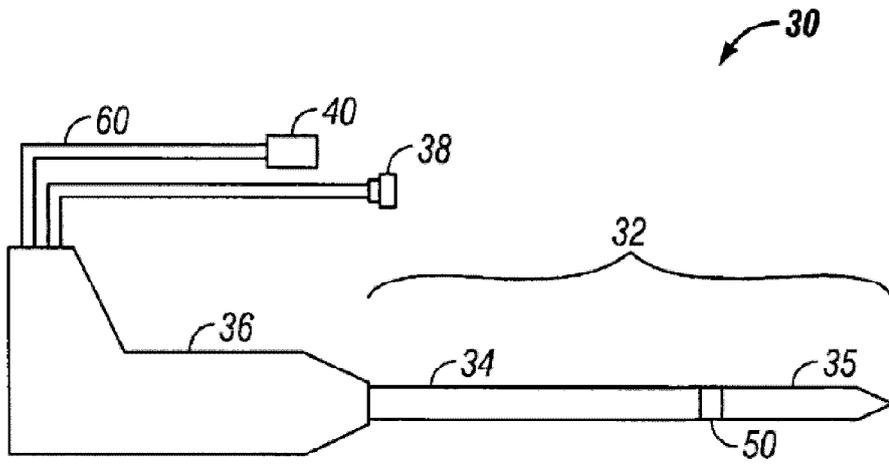


FIG. 3

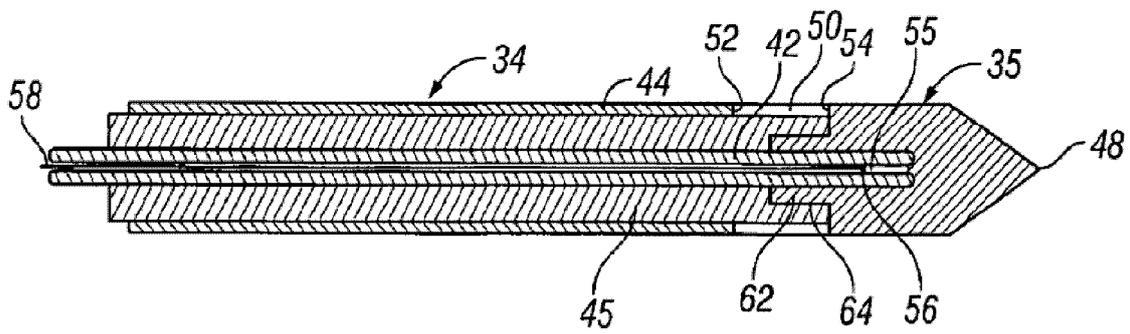


FIG. 4

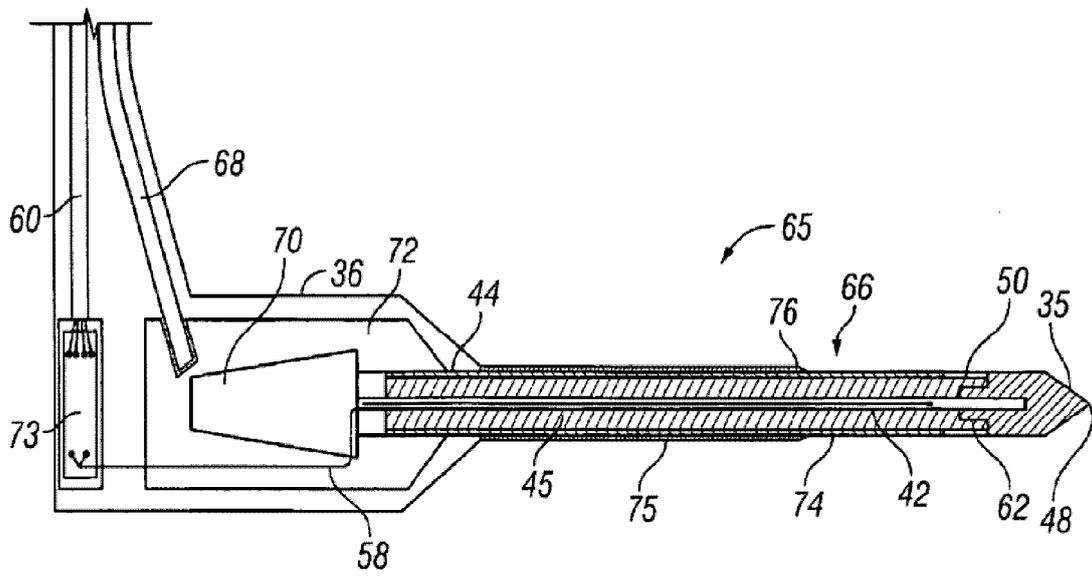


FIG. 5

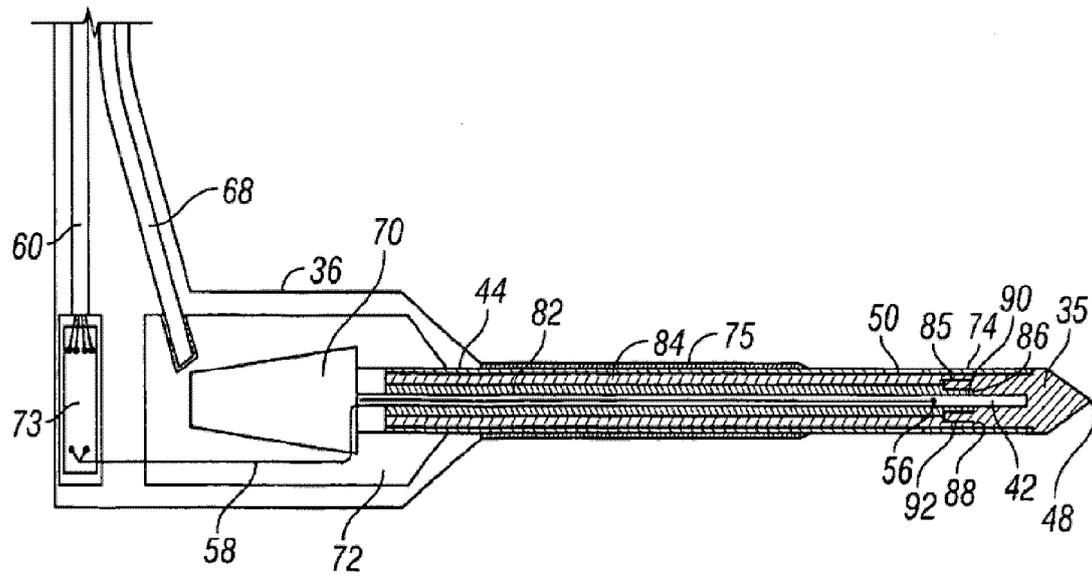


FIG. 6

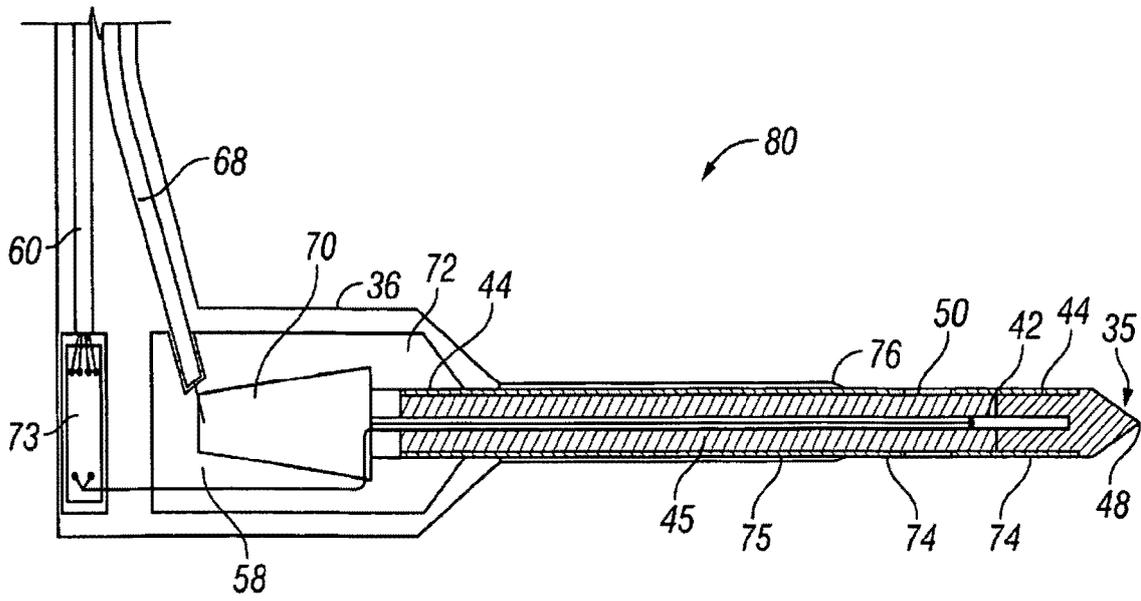


FIG. 7

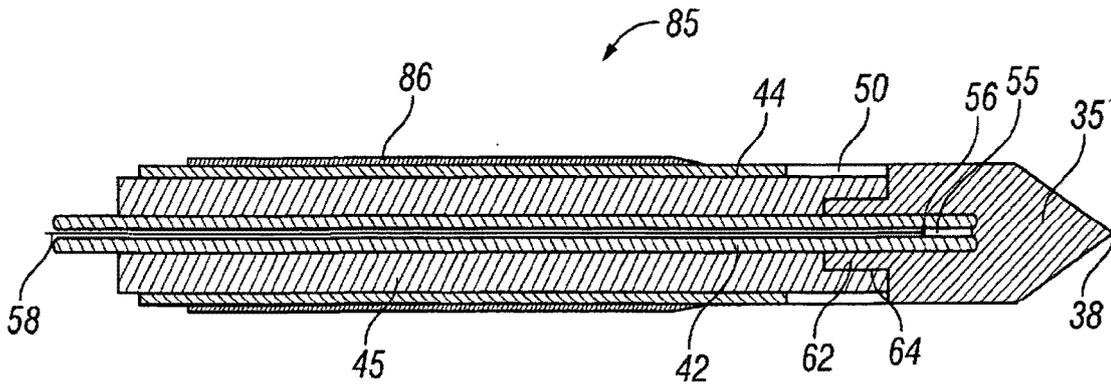
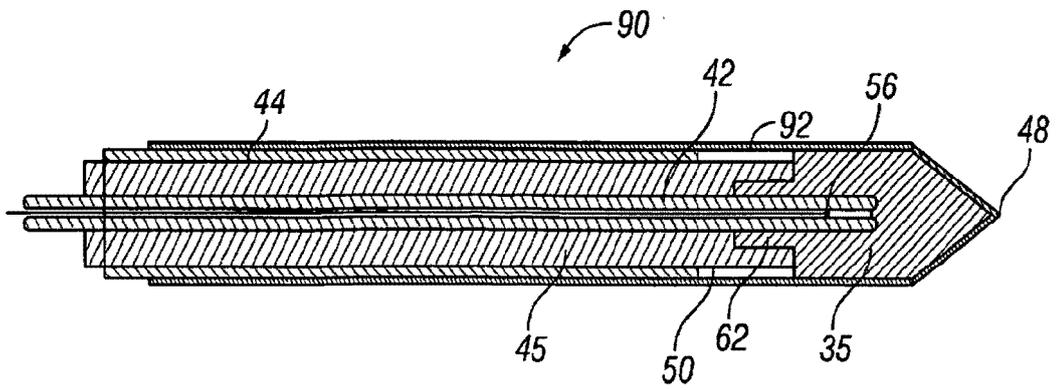
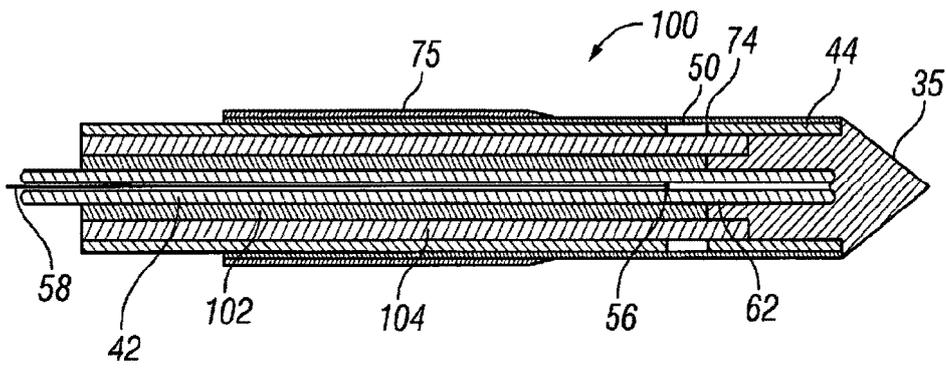


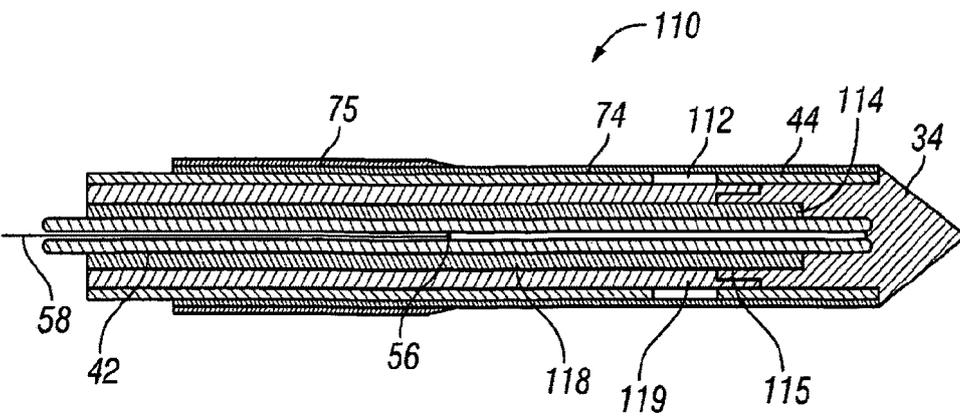
FIG. 8



**FIG. 9**



**FIG. 10**



**FIG. 11**

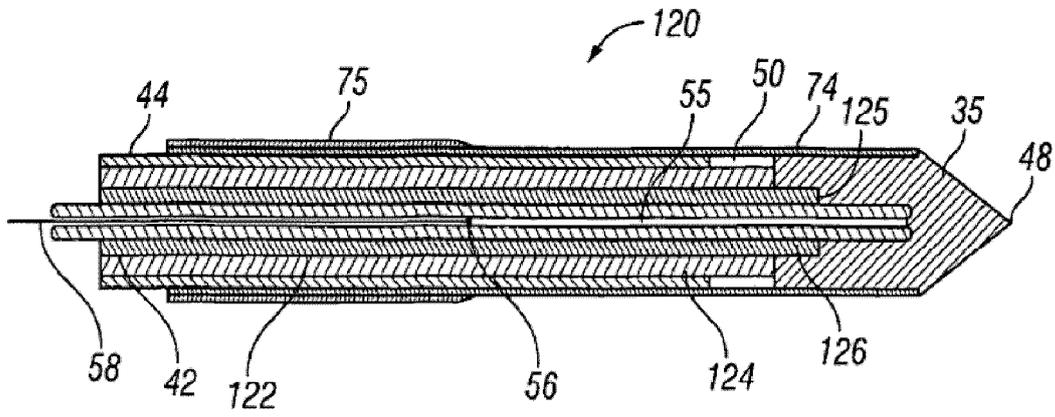


FIG. 12

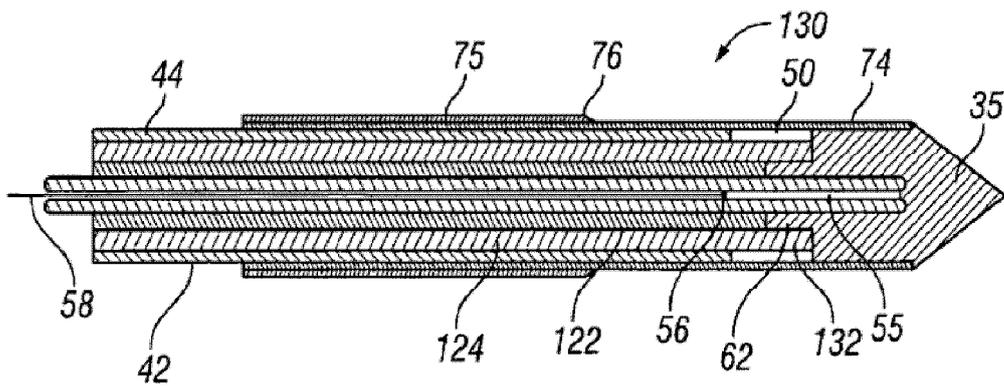


FIG. 13

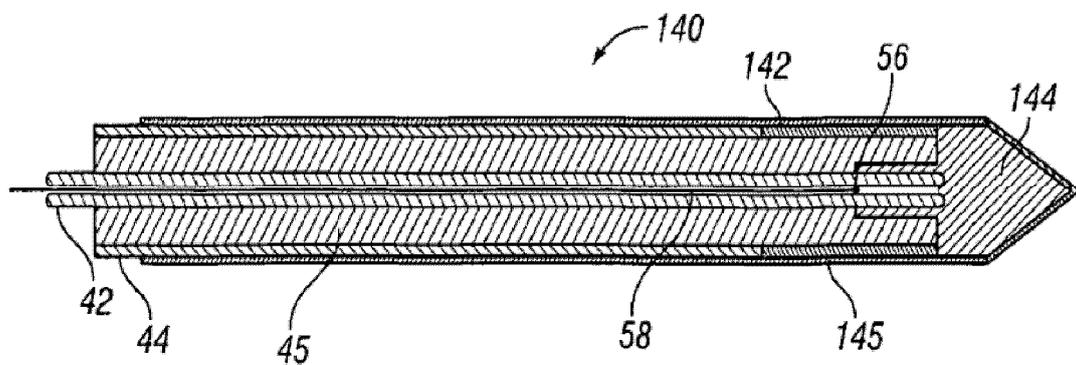


FIG. 14