

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 392**

51 Int. Cl.:

**A61N 1/04** (2006.01)

**A61N 1/05** (2006.01)

**A61N 1/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.03.2014 PCT/US2014/023977**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2014 WO14164972**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2014 E 14780387 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2019 EP 2983778**

54 Título: **Circuito de electrodo compatible con IRM**

30 Prioridad:

**15.03.2013 US 201313836287**

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

**16.04.2019**

73 Titular/es:

**IMRICOR MEDICAL SYSTEMS, INC. (100.0%)  
400 Gateway Boulevard  
Burnsville, Minnesota 55337-2559, US**

72 Inventor/es:

**LLOYD, THOMAS, W.;  
WEDAN, STEVEN, R. y  
STENZEL, GREGG, S.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 709 392 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**

Circuito de electrodo compatible con IRM

**5 Campo de la invención**

La invención se refiere a dispositivos médicos con electrodos en contacto con tejido usados en el entorno de formación de imágenes por resonancia magnética (IRM) y en particular a un método y dispositivo para atenuar campos electromagnéticos aplicados a tales dispositivos durante la exploración IRM.

10

**Antecedentes de la invención**

La IRM ha logrado prominencia como una modalidad de formación de imágenes para diagnóstico, y cada vez más como una modalidad de formación de imágenes para intervención. Los beneficios primarios de IRM con respecto a otras modalidades de formación de imágenes, como rayos X, incluyen la excelente formación de imágenes de tejidos blandos y la no exposición del paciente a la radiación ionizante producida por los rayos X. Las excelentes capacidades de formación de imágenes de tejidos blandos de la IRM ofrecen un gran beneficio clínico con respecto a la formación de imágenes para diagnóstico. Igualmente, los procedimientos de intervención, que tradicionalmente han utilizado formación de imágenes por rayos X para guía, pueden beneficiarse en gran medida de las capacidades de formación de imágenes de tejidos blandos por IRM. Además, la significativa exposición del paciente a la radiación ionizante asociada con los procedimientos de intervención tradicionales guiados por rayos X se elimina con el guiado por IRM.

15

20

25

30

IRM usa tres campos para tomar imágenes de la anatomía del paciente: un campo magnético estático grande, un campo de gradiente magnético variable en el tiempo, y un campo electromagnético de radiofrecuencia (RF). El campo magnético estático y el campo de gradiente magnético variable en el tiempo trabajan en concierto para establecer la alineación de protones con el campo magnético estático y también las frecuencias de espín de protones espacialmente dependientes (frecuencias resonantes) dentro del paciente. El campo RF, aplicado a las frecuencias de resonancia, perturba la alineación inicial, de tal manera que, cuando los protones se relajan volviendo a su alineación inicial, la RF emitida por el evento de relajación puede ser detectada y procesada para crear una imagen.

35

40

45

Cada uno de los tres campos asociados con IRM presenta riesgos para la seguridad de los pacientes cuando un dispositivo médico está en estrecha proximidad o en contacto externa o internamente con tejido del paciente. Un riesgo importante para la seguridad es el calentamiento que puede deberse a una interacción entre el campo RF del escáner IRM y el dispositivo médico (calentamiento inducido por RF), especialmente los dispositivos médicos que tienen estructuras conductoras alargadas con electrodos de contacto de tejido, como los hilos de electrodo en cables de marcapasos y desfibriladores cardioversores implantables (ICD), hilos de guía y catéteres. Así, a medida que se instalan más dispositivos médicos implantables en pacientes, y dado que el uso de formación de imágenes de diagnóstico por IRM sigue siendo prevalente y creciente, aumenta la necesidad de dispositivos seguros en el entorno de IRM. Dicho dispositivo se describe en US 7 945 322 B2 que describe un filtro tanque para un hilo conductor de un dispositivo médico activo. Se describe otro dispositivo en WO 2010/102122A1 que describe una construcción de circuito de electrodo compatible con IRM. Un tercer dispositivo se describe en US 2010/160997 A1 que describe un sistema de gestión de energía que transfiere energía de alta frecuencia acoplada a un conductor implantado a una superficie de disipación de energía.

50

55

Se están desarrollando varias técnicas IRM como alternativas a la formación de imágenes por rayos X para procedimientos de intervención guiados. Por ejemplo, cuando un dispositivo médico avanza a través del cuerpo del paciente durante un procedimiento de intervención, su progreso puede ser rastreado de modo que el dispositivo puede ser llevado adecuadamente a un lugar deseado. Una vez colocado en el lugar deseado, el dispositivo y el tejido del paciente pueden ser supervisados para mejorar la administración de terapia. Así, el seguimiento de la posición de dispositivos médicos es útil en los procedimientos de intervención. Los ejemplos de procedimientos de intervención incluyen, por ejemplo, procedimientos de electrofisiología cardíaca incluyendo procedimientos de diagnóstico para diagnosticar arritmias y procedimientos de ablación tales como ablación de fibrilación atrial, ablación de taquicardia ventricular, ablación de flúter atrial, ablación por síndrome de Wolfe Parkinson White, ablación del nódulo AV, ablaciones SVT y análogos. El seguimiento de la posición de dispositivos médicos usando IRM también es útil en procedimientos oncológicos tal como ablación de tumores de mama, hígado y próstata; y procedimientos urológicos tales como ablaciones de fibroide uterino y próstata ampliada.

60

65

El riesgo para la seguridad del calentamiento inducido por RF asociado con hilos de electrodo en el entorno IRM deriva de un acoplamiento entre el campo RF y el hilo de electrodo. En este caso, hay varias condiciones relacionadas con el calentamiento. Una condición se debe a que el hilo de electrodo contacta eléctricamente tejido a través del electrodo. Las corrientes RF inducidas en el hilo de electrodo pueden ser distribuidas a través del electrodo al tejido, dando lugar a una alta densidad de corriente en el tejido y a calentamiento Joule u óhmico asociado del tejido. Además, las corrientes RF inducidas en el hilo de electrodo pueden dar lugar a mayor absorción específica local de energía RF en tejido próximo, incrementando así la temperatura del tejido. El fenómeno anterior

se denomina calentamiento dieléctrico. El calentamiento dieléctrico puede producirse, aunque el hilo de electrodo no conecte eléctricamente el tejido, por ejemplo, si el electrodo está aislado del tejido o si no hay electrodo. Además, las corrientes RF inducidas en el hilo de electrodo pueden producir calentamiento óhmico en el hilo de electrodo propiamente dicho, y el calor resultante puede pasar al paciente. En tales casos, es importante intentar tanto reducir la corriente inducida por RF presente en el hilo de electrodo como limitar la corriente distribuida al tejido circundante.

Se conocen métodos y dispositivos para intentar resolver el problema anterior. Por ejemplo, los hilos de electrodo de alta impedancia limitan el flujo de corriente y reducen la corriente inducida por RF; un filtro LC resonante colocado en la interfaz hilo/electrodo puede reducir la corriente distribuida al cuerpo a través de los electrodos; los componentes no resonantes colocados en la interfaz hilo/electrodo también pueden reducir la corriente transmitida al cuerpo; y pueden usarse hilos de electrodos corradales para proporcionar una reactancia distribuida a lo largo del hilo, incrementando así la impedancia del hilo y reduciendo la cantidad de corriente inducida.

A pesar de los intentos anteriores de reducir el calentamiento inducido por RF, subsisten problemas significativos. Por ejemplo, los hilos de electrodo de alta impedancia limitan la funcionalidad del hilo de electrodo y no permiten una efectiva ablación, estimulación o detección. Los filtros LC resonantes colocados en la interfaz hilo/electrodo dan lugar inherentemente a grandes intensidades de corriente dentro de los componentes resonantes, dando lugar a calentamiento del filtro propiamente dicho, que a veces superan 200°C. Además, un filtro LC resonante en la interfaz de hilo/electrodo puede dar lugar a una fuerte reflexión de la corriente inducida en el hilo de electrodo y puede dar lugar a una onda estacionaria que incrementa el aumento de temperatura del hilo propiamente dicho y/o que da lugar a mayor calentamiento dieléctrico cerca del hilo de electrodo que, a su vez, calienta el tejido circundante a niveles potencialmente inaceptables y puede fundir el catéter o el cuerpo conductor en el que se aloja. Los componentes no resonantes solos no proporcionan suficiente atenuación para reducir la corriente inducida a niveles seguros. Además, los componentes experimentarán un aumento de temperatura, si la zona en sección transversal conductora es demasiado pequeña. Aunque un hilo de electrodo con reactancia distribuida (es decir, hilos enrollados en espiral) puede reducir el nivel de corriente inducida en el hilo, no impide suficientemente que la corriente inducida en el hilo salga del hilo a través de los electrodos. Así, aunque los hilos enrollados en espiral pueden operar en ciertas longitudes o distancias cortas, en las situaciones que requieren longitudes o distancias más largas, los hilos enrollados en espiral no proporcionan por sí mismos suficiente impedancia para bloquear la corriente.

Las tecnologías actuales para reducir el calentamiento inducido por RF en dispositivos médicos, especialmente los de estructuras conductoras alargadas tales como hilos de electrodo, son inadecuadas. Por lo tanto, se necesitan nuevas construcciones de hilo de electrodo y conjuntos de guía o de catéter para superar los problemas de la insuficiente atenuación de la energía RF.

### Breve resumen de la invención

La invención se define en las reivindicaciones anexas. Los aspectos, las realizaciones y los ejemplos descritos de la presente descripción que no caen bajo el alcance de las reivindicaciones anexas no forman parte de la invención y se ofrecen simplemente a efectos ilustrativos.

El circuito de electrodo compatible RM según la invención elimina las deficiencias de las construcciones de hilo de electrodo convencionales proporcionando un dispositivo y método mejorados para reducir el calentamiento de tejido inducido por RM atenuando la corriente inducida por RF en el dispositivo médico por IRM.

En un aspecto de la invención, se facilita un circuito de electrodo compatible con IRM que resuelve las limitaciones de la tecnología actual tales como la insuficiente atenuación de energía RF.

En otro aspecto de la invención, se facilita una construcción de circuito de electrodo que mantiene la flexibilidad física, la maniobrabilidad y la capacidad de curvado.

Un aspecto la invención es un circuito adaptado para uso con un conjunto de guía o de catéter implantable o de intervención. Cada circuito incluye una pluralidad de componentes de filtro construidos a partir de un solo hilo.

En otro aspecto, el componente de filtro incluye dos componentes de filtro. Un componente de filtro puede ser un filtro resonante en o cerca de la interfaz de electrodo/hilo que resuelve el problema de la insuficiente atenuación impidiendo efectivamente que la corriente inducida RF en el hilo salga del hilo a través del electrodo. El segundo componente de filtro puede incluir uno o varios filtros no resonantes o inductores colocados a lo largo del hilo que resuelve(n) el problema del excesivo calentamiento del filtro LC resonante atenuando de forma significativa la corriente inducida en el hilo antes de que llegue al filtro LC resonante. El filtro o los filtros no resonantes también puede(n) atenuar la corriente RF reflejada del filtro LC resonante, resolviendo por ello el problema de la fuerte potencia reflejada del filtro resonante y el calentamiento dieléctrico asociado.

En otro aspecto, los filtros no resonantes pueden incluir una pluralidad de múltiples inductores colocados en estrecha proximidad, por ejemplo, dentro de aproximadamente 1 cm o menos, para la finalidad de proporcionar más atenuación que un solo filtro solamente, permitiendo al mismo tiempo que el dispositivo se curve.

5 En otro aspecto, se pueden formar múltiples filtros no resonantes colocados en estrecha proximidad para crear una reactancia distribuida. Por ejemplo, dos hilos de electrodo enrollados corradialmente pueden crear una reactancia distribuida. En una realización alternativa, tres o más hilos de electrodo enrollados corradialmente pueden incluir o crear una reactancia distribuida. Otra realización alternativa puede incluir el uso de dos o más hilos enrollados coaxialmente para los electrodos.

10 En otro aspecto, la nueva construcción de circuito de electrodo puede incluir un solo hilo, eliminando por ello la necesidad de puntos de unión, que reduce la posibilidad de fallo mecánico del hilo.

15 En otro aspecto, un hilo de electrodo tiene un área en sección transversal tal que la resistividad del hilo a la frecuencia operativa de RM, 64 MHz para una IRM de 1,5 T, por ejemplo, sea suficientemente baja para asegurar que el calentamiento del hilo sea mínimo.

20 En otro aspecto, el circuito de electrodo y los componentes integrados se pueden construir de manera que estén integrados en un catéter de 3,33 mm (10 French) o menos.

25 En otro aspecto, el circuito de electrodo puede ser usado en un dispositivo médico implantado tal como ICDs, marcapasos, neuroestimuladores y análogos.

30 En otro aspecto, un catéter o conjunto de guía incluye un cuerpo alargado que tiene extremos primero y segundo. El cuerpo alargado define en su interior un lumen que recibe circuitos primero y segundo. Cada uno de los circuitos primero y segundo incluye un hilo de electrodo que forma una pluralidad de filtros distribuidos a lo largo de su longitud. Un electrodo de punta situado en el extremo distal del cuerpo alargado está acoplado al segundo hilo de electrodo. El cuerpo alargado también incluye un electrodo de aro en el primer extremo y próximo al electrodo de punta. El electrodo de aro está acoplado eléctricamente al primer hilo. El segundo extremo del cuerpo alargado está acoplado operativamente a controles electrónicos, o externos o internos al cuerpo. En otro aspecto, el segundo extremo se monta en amplificadores para detectar actividad cardiaca, así como un circuito de estimulación para estimular tejido cardiaco. El segundo extremo también puede estar conectado a un generador de ablación por RF para extirpar, por ejemplo, tejido cardiaco. Un filtro formado por cada hilo de electrodo puede ser un filtro LC resonante en o cerca de la interfaz de electrodo/hilo que resuelve el problema de la insuficiente atenuación impidiendo efectivamente que la corriente inducida RF en el hilo salga del hilo a través del electrodo. Un segundo filtro formado por cada hilo de electrodo puede incluir uno o varios filtros no resonantes o inductores colocados a lo largo del cuerpo alargado que resuelve(n) el problema del excesivo calentamiento del filtro LC resonante atenuando la corriente inducida en el hilo antes de llegar al filtro LC resonante. El filtro o los filtros no resonante(s) también puede(n) atenuar la corriente RF reflejada del filtro LC resonante, resolviendo por ello el problema de la fuerte potencia reflejada del filtro resonante y el calentamiento dieléctrico asociado.

40 En otro aspecto, un conjunto de guía incluye un cuerpo alargado que tiene extremos primero y segundo. Múltiples electrodos están situados en el extremo distal del cuerpo alargado. Los múltiples electrodos pueden incluir un electrodo de punta y cualquier número de electrodos de aro o puede incluir una pluralidad de electrodos de aro. El cuerpo alargado también define en su interior un lumen que recibe una pluralidad de circuitos. Cada hilo de electrodo individual incluyendo la pluralidad de circuitos forma una pluralidad de filtros no resonantes, o inductores, distribuidos a lo largo de su longitud. El segundo extremo del cuerpo alargado puede estar acoplado operativamente a controles electrónicos, externos o internos al cuerpo, amplificadores para detectar actividad cardiaca, un generador de ablación por RF, y/o análogos. Cada circuito individual incluyendo la pluralidad de hilos de electrodo también forma un filtro LC resonante colocado dentro del lumen del cuerpo alargado en su extremo distal en o cerca de la interfaz de electrodo/hilo.

45 En otro aspecto, un conjunto de guía incluye un cuerpo alargado que tiene un extremo próximo y un extremo distal, definiendo el cuerpo alargado un lumen en su interior. El extremo distal está dispuesto y configurado para contactar tejido y el extremo próximo está acoplado operativamente a un control electrónico. Al menos un electrodo está situado en el cuerpo alargado y al menos un circuito eléctrico está en comunicación con el al menos único electrodo. El circuito está alojado dentro del cuerpo alargado e incluye uno o varios hilos de electrodo que forman al menos un filtro no resonante y al menos un filtro LC resonante. El filtro LC resonante está colocado en el extremo distal del cuerpo alargado próximo a una interfaz de electrodo/hilo. El circuito puede ser flexible o rígido.

50 En otro aspecto de la invención, el filtro LC resonante está configurado de manera que sea resonante a una frecuencia que es más alta o más baja que la frecuencia operativa de la RM, proporcionando al mismo tiempo una alta impedancia a la frecuencia operativa de RM.

55 En otro aspecto de la invención, el filtro LC resonante puede tener forma de un circuito/bobina de una sola capa con dimensiones que difieren de los componentes no resonantes del circuito. Por ejemplo, el diámetro exterior puede ser mayor o menor. Alternativamente, el componente resonante puede tener una longitud mayor que un componente no resonante. Se puede lograr una impedancia deseada usando varias configuraciones dependiendo de la relación entre tamaño, inductancia, capacitancia y frecuencia resonante del circuito/bobina de una sola capa.

En otro aspecto de la invención, un filtro LC resonante puede estar colocado próximo al extremo de los filtros no resonantes.

5 En otro aspecto de la invención, filtros no resonantes pueden estar colocados distales al filtro LC resonante.

10 En varias realizaciones de un circuito de electrodo compatible RM descrito en este documento, el circuito de electrodo puede construirse a partir de un solo hilo continuo o de múltiples trozos de hilo no continuos, formándose el filtro LC resonante enrollando el hilo de tal manera que la inductancia y capacitancia formadas por una sección del hilo estén configuradas de manera eléctricamente paralela. La inductancia del filtro LC puede deberse a múltiples bobinas/inductores individuales que están dispuestos en serie eléctricamente y apilados físicamente. La capacitancia paralela del circuito puede deberse a capacitancia entre múltiples bobinas apiladas, capacitancia entre devanado de una bobina individual, o ambos.

15 En una única construcción de la invención, el apilamiento de las bobinas da lugar a una capacitancia distribuida de forma sustancialmente uniforme entre cada una de las bobinas que es eléctricamente paralela a la inductancia de las bobinas. La formación del circuito de electrodo de un trozo continuo de hilo o de múltiples trozos de hilo no continuos permite lo siguiente:

20 • La creación de filtros devanados apretadamente y unidos físicamente con una inductancia bien controlada.

• El apilamiento de bobinas individuales de una manera que se asegura inductancia predecible/repetible, capacitancia distribuida y frecuencia resonante.

25 • La construcción del circuito de una manera que proporciona estabilidad física a toda la estructura.

• La creación de impedancias individuales y distribuidas que no varían con la configuración conductora (flexión/trayectoria).

30 • La minimización del tamaño físico de los componentes filtrantes individuales de tal manera que cada componente ocupe la distancia física mínima posible a lo largo del circuito de electrodo, así como un diámetro de circuito mínimo (distancia desde el eje de línea central del circuito) minimizando por ello el tamaño de la estructura general.

35 • La capacidad de generar impedancias filtrantes bien controladas de hasta 15 k ohmios o mayores a una frecuencia deseada en la sección resonante del circuito, que no puede lograrse con componentes discretos.

• La integración de todo el circuito en una sola estructura físicamente robusta.

40 En otro aspecto de la invención, los filtros no resonantes tienen una inductancia uniformemente distribuida a lo largo del hilo de electrodo. La creación de una inductancia uniformemente distribuida bien controlada a lo largo de la porción no resonante de la estructura es debida a la configuración repetida separada de los componentes no resonantes a lo largo de la porción no resonante de la estructura, relación espaciada que puede ser cero en el caso donde un solo filtro no resonante ocupa la longitud de la porción no resonante de la estructura.

45 Aunque se describen múltiples realizaciones, objetos, elementos y ventajas, otras realizaciones de la invención serán evidentes a los expertos en la técnica de la descripción detallada siguiente tomada conjuntamente con las figuras acompañantes, siendo lo anterior ilustrativo y no restrictivo.

### 50 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra los componentes básicos de la invención alojados dentro de un catéter o conjunto de guía.

55 La figura 2 es un diagrama que ilustra una realización de la invención en la que filtros no resonantes están distribuidos a lo largo de un hilo en relación espaciada con un filtro LC resonante próximo a un electrodo.

La figura 3A es una vista en sección de un dispositivo médico ejemplar incluyendo hilos de electrodo conductores compatibles RM que forman filtros no resonantes distribuidos a lo largo del hilo y formando cada hilo un filtro LC resonante próximo a un electrodo.

60 La figura 3B representa una vista detallada de los filtros LC resonantes y los filtros no resonantes de la figura 3A.

La figura 4A es una vista esquemática del dispositivo médico ejemplar de la figura 3 con hilos de electrodo compatibles RM colocados dentro del lumen del conjunto de guía.

65

La figura 4B es una vista esquemática de un dispositivo médico ejemplar con hilos de electrodo compatibles RM incrustados en una camisa que rodea el conjunto de guía.

5 La figura 5 ilustra una realización de la invención en la que múltiples inductores no resonantes formados de un solo hilo están agrupados juntos y distribuidos a lo largo del hilo y forman además un filtro LC resonante próximo a un electrodo.

La figura 6A es una vista en perspectiva que ilustra hilos de electrodo enrollados corradialmente.

10 La figura 6B es una vista esquemática de los hilos enrollados corradialmente de la figura 6A colocados dentro de un dispositivo médico ejemplar con filtros LC resonantes próximos a electrodos.

15 La figura 6C es una vista esquemática de los hilos enrollados corradialmente de la figura 6A incrustados en la camisa del dispositivo médico ejemplar con filtros LC resonantes próximos a electrodos.

La figura 7 es un diagrama que ilustra un circuito LC resonante de una sola capa.

20 La figura 8 es un diagrama que ilustra una realización de la invención en la que filtros no resonantes están colocados distales al filtro LC resonante.

### Descripción detallada de la invención

25 Al describir la invención en este documento, se hace referencia a un conjunto de guía ejemplar incluyendo un catéter. Sin embargo, como apreciarán los expertos en la técnica, la presente invención puede ser usada con cualquier dispositivo médico implantable. Por implantable se entiende implantable de forma permanente, como marcapasos cardiacos, desfibriladores y neuroestimuladores; o implantable temporalmente, como en procedimientos de intervención e incluyendo, a modo de ejemplo, dispositivos de ablación cardiaca y análogos. Además, el conjunto de guía ejemplar puede ser usado fuera del cuerpo, pero estando en contacto con tejido corporal como la piel. También en el sentido en que se usa en este documento, un hilo de electrodo es cualquier estructura conductora que esté en contacto eléctrico con un electrodo. Típicamente, un hilo de electrodo es un hilo real; sin embargo, un hilo de electrodo también puede ser una traza de placa de circuitos, un lumen conductor, o cualquier material que conduzca electricidad.

35 La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra el conjunto de guía 100 en su forma más simple según la presente invención. El conjunto de guía 100 incluye en sentido amplio un cuerpo alargado 110 que tiene extremos primero 112 y segundo 114 y que define un lumen 116 en su interior. Un electrodo 118 está situado en el primer extremo 112 del cuerpo alargado 110 y está en comunicación eléctrica con el circuito 120. El lumen 116 aloja el circuito 120. El circuito 120 incluye al menos un hilo de electrodo 122 que forma una pluralidad de componentes de filtro espaciados 124. Cada circuito 120 se puede construir a partir de un solo trozo continuo de hilo. Alternativamente, el circuito 120 se puede construir con componentes de filtro discretos y un solo hilo de electrodo o múltiples trozos de hilo de electrodo no continuo conectando los componentes de filtro discretos. Alternativamente, el circuito 120 se puede construir con un hilo de electrodo que forma componentes de filtro 124 y un hilo de electrodo discreto que forma un componente de filtro 126. Se puede usar cualquier hilo no magnético al construir el circuito según la presente invención, incluyendo cobre, titanio, aleaciones de titanio, tungsteno, oro y combinaciones de los anteriores. Opcionalmente, el hilo de electrodo 120 es un hilo unible, por ejemplo, unible por calor, producto químico o adhesivo para permitir la formación de los filtros durante la fabricación con un hilo. En el caso en que se usan múltiples trozos de hilo como segmentos de conexión, los hilos pueden ser moldeados en silicona y/o tratados por calor a lo largo en ciertos puntos para asegurar que el hilo no se desplace. Alternativamente, se puede usar cualquier hilo que sea suficientemente rígido de modo que conserve su forma cuando se curve. El hilo de electrodo 120 también puede formar el componente de filtro 126 colocado adyacente a la interfaz hilo/electrodo 128 para impedir efectivamente que la corriente inducida RF salga del conjunto de guía a través del electrodo 118. Componentes filtrantes adicionales 124 distribuidos a lo largo del hilo atenúan la corriente inducida en el hilo propiamente dicho antes de que la corriente llegue al componente de filtro 126, evitando por ello el excesivo calentamiento del componente de filtro 126. Se producirá calentamiento excesivo cuando la temperatura del filtro se eleve aproximadamente de 2 a 4 grados por encima de la temperatura normal del tejido con el que el dispositivo entre en contacto.

45 Preferiblemente, el componente de filtro 126 en la interfaz de electrodo/hilo 128 es un filtro LC resonante que resuelve el problema de la insuficiente atenuación bloqueando efectivamente la corriente inducida RF en el hilo 122. Los componentes de filtro 124 incluyen preferiblemente una pluralidad de filtros no resonantes o inductores que evitan el excesivo calentamiento del filtro LC resonante atenuando de forma significativa la corriente inducida en el hilo antes de que la corriente llegue al filtro LC resonante. Los componentes de filtro no resonantes 124 también pueden atenuar la corriente reflejada RF del componente de filtro LC resonante 126 atenuando por ello la fuerte potencia reflejada del filtro LC resonante 126 y reduciendo el calentamiento dieléctrico asociado.

60 La figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra una realización de la invención. El conjunto de guía 200 incluye en sentido amplio un cuerpo alargado 210 que tiene extremos primero 212 y segundo 214 e incluye un lumen 216 en

su interior. El conjunto de guía o de catéter 200 incluye un primer electrodo 218 situado en el primer extremo 212 del conjunto de guía 200. El primer electrodo 218 puede ser un electrodo de punta. Alternativamente, el primer electrodo puede ser un electrodo de aro u otros electrodos conocidos por los expertos en la técnica. El lumen 216 aloja el circuito 220. El circuito 220 incluye al menos un hilo de electrodo conductor 222 que forma una pluralidad de componentes de filtro espaciados 224. Cada circuito puede construirse a partir de un solo trozo continuo de hilo no magnético tal como cobre, titanio, aleaciones de titanio, tungsteno, oro y combinaciones de los anteriores. Alternativamente, cada circuito puede incluir múltiples trozos de hilos. Como en la realización ilustrada en la figura 1, el hilo de electrodo 222 es un hilo unible, por ejemplo, por calor, producto químico o adhesivo, para permitir la formación de los filtros durante la fabricación con un hilo. Esto elimina la necesidad de puntos de conexión en cada extremo de cada filtro 224 y por ello mejora la durabilidad mecánica del circuito 220 y reduce su costo de fabricación. En la realización ilustrada, el conjunto de guía 200 incluye el filtro LC resonante 226 colocado adyacente y próximo a la interfaz hilo/electrodo 228. El conjunto de filtro LC resonante 226 está adaptado para impedir efectivamente que la corriente inducida RF salga del conjunto de guía 200 a través del electrodo 218. El filtro LC resonante 226 bloquea efectivamente la corriente inducida RF construyéndose de tal manera que las características inductiva y capacitiva del filtro resuenen conjuntamente creando una impedancia alta a la frecuencia IRM RF de interés, por ejemplo, de aproximadamente 64 MHz para una IRM de 1,5 Tesla o de aproximadamente 128 MHz para una IRM de 3,0 Tesla. Los componentes filtrantes 224 distribuidos a lo largo del hilo atenúan la corriente inducida en el hilo propiamente dicho antes de que la corriente llegue al filtro LC resonante 226, evitando por ello el excesivo calentamiento del filtro LC resonante 226. Los componentes filtrantes 224 juntos crean preferentemente al menos 1.000 o más Ohmios de impedancia a lo largo de todo el circuito 220, para una longitud de hilo de aproximadamente 1 metro. Los expertos en la técnica apreciarán que la cantidad de impedancia total cambiará necesariamente a medida que varíe la longitud de hilo. Cada componente filtrante 224 puede incluir un inductor formado por hilo de electrodo 222 con aproximadamente 45 vueltas, creando aproximadamente 150 Ohmios, cuando se dimensiona para encajar en un catéter de 2,67 mm (8 French) suponiendo que el diámetro interior del inductor es de 1,143 mm (0,045 pulgadas). Se necesitan menos vueltas para crear la misma impedancia en inductores de mayor diámetro. Los componentes filtrantes 224 pueden estar espaciados de manera no uniforme, de modo que los segmentos de hilo tengan entre ellos una frecuencia resonante diferente, o de manera sustancialmente uniforme.

Con referencia ahora a la figura 3a, se ilustra una vista en sección detallada de una realización ejemplar de la invención. El conjunto de guía 300 incluye un cuerpo alargado 310 rodeado por una camisa 311. El cuerpo alargado 310 incluye extremos primero 312 y segundo 314 e incluye un lumen 316 en su interior. El segundo extremo 314 está adaptado para conectar con controles electrónicos, internos o externos al cuerpo del paciente, y puede incluir un conector (no representado). El lumen 316 aloja circuitos 320, 321. Cada circuito 320, 321 incluye un hilo de electrodo conductor 322, 323, respectivamente, situado dentro del lumen 316 del conjunto de guía 300. En una realización alternativa, los hilos de electrodo conductores 322, 323 pueden estar incrustados en la camisa 311, como se ve en la figura 4B, disminuyendo por ello el diámetro general del conjunto de guía 300. Cada hilo de electrodo conductor 322, 323 incluye un solo trozo de hilo conductor, cada uno de los cuales forma una pluralidad de componentes de filtro espaciados 324, 325, respectivamente. Los componentes de filtro 324, 325 incluyen filtros no resonantes o inductores que están espaciados a lo largo de hilos de electrodo conductores 322, 323. Los electrodos 319, 318 están situados en el primer extremo 312 del cuerpo alargado 310 y están acoplados eléctricamente a los hilos conductores primero y segundo 322, 323, respectivamente. En la realización ilustrada, el primer electrodo 319 es un electrodo de aro y el segundo electrodo 318 es un electrodo de punta. Sin embargo, los electrodos 318, 319 pueden ser cualquier tipo de electrodos conocido por los expertos en la técnica de conjuntos de guía. Por ejemplo, el electrodo puede ser un solo electrodo de punta. Alternativamente, los electrodos pueden ser uno o una serie de electrodos de aro. Alternativamente, los electrodos pueden ser electrodos colocados a ambos lados del alojamiento. Así, aunque la realización ilustrada se ilustra incluyendo electrodos de punta y aro, cualquiera de los electrodos anteriores cae dentro del alcance de la invención.

Los hilos conductores primero y segundo 322, 323 están aislados eléctricamente uno de otro. Ambos hilos conductores primero y segundo 322, 323 pueden incluir un recubrimiento aislante o no conductor. Preferiblemente, el recubrimiento aislante es un material unible por calor tal como poliuretano, nylon, poliéster, poliéster-amida, poliéster-imida, poliéster-amida-imida y combinaciones de los anteriores. Alternativamente, solamente un hilo puede estar aislado. El aislamiento de hilo incluye el material unible mencionado previamente. Además, los circuitos 320, 321, como se ve mejor en la figura 3B, también están eléctricamente aislados cuando ambos hilos de electrodo 322, 323 están enrollados alrededor de tubo no conductor 330 que define un lumen en su interior. El tubo 330 se puede formar de un material de silicona, Teflon, tetrafluoroetileno expandido (eTFE), politetrafluoroetileno (pTFE), o análogos, como se describe más adelante. El devanado de los filtros no resonantes 324, 325 o inductores alrededor del tubo no conductor 330 facilita la construcción de los inductores y del circuito LC resonante. Además, el tubo no conductor 330 permite ventajosamente que los circuitos conserven la flexibilidad y maniobrabilidad cuando estén colocados dentro de un cuerpo alargado. Ventajosamente, otros elementos necesarios o de uso deseable en el procedimiento quirúrgico o de intervención, como cables de fibra óptica, lúmenes de irrigación, cables coaxiales, también pueden pasarse a través del lumen de tubo 330.

Con referencia a la figura 3A, el electrodo de aro 319 está acoplado al primer hilo conductor 322 con el electrodo de punta 318 situado distal al electrodo de aro 319 y acoplado al segundo hilo conductor 323 en el primer extremo 312 del conjunto de guía 300. El lumen 316 aloja circuitos 320, 321 incluyendo hilos de electrodo 322, 323,

respectivamente. Alternativamente, y como se ilustra mejor en la figura 4B, los hilos de electrodo 322, 323 pueden estar incrustados completa o parcialmente en la camisa 311. Como se ha explicado previamente, cada hilo de electrodo 322, 323 forma una pluralidad de componentes de filtro espaciados 324, 325 incluyendo filtros no resonantes. Como en las realizaciones anteriores, cada circuito se forma opcionalmente de un solo trozo continuo de hilo no magnético tal como cobre, titanio, aleaciones de titanio, tungsteno, oro y combinaciones de los anteriores; sin embargo, cada circuito puede formarse alternativamente de múltiples longitudes de electrodo o incluir componentes de filtro discretos conectados por trozos separados de hilos de electrodo. Si todos los filtros se forman de un trozo de hilo, es importante que el hilo sea un hilo unible, por ejemplo, por calor, producto químico o adhesivo, para permitir la formación de los filtros durante la fabricación con un hilo, como se describirá más adelante.

Con referencia ahora a la figura 3B, cada circuito 320, 321 se forma de manera sustancialmente similar. Los hilos de electrodo 322, 323 están enrollados sobre el tubo flexible 330 que se hace preferiblemente de poliimida, poliolefina, pTFE, eTFE, poliétercetona (PEEK) y otros materiales flexibles similares. Durante la fabricación, se coloca una varilla rígida (no representada) dentro del tubo flexible 330 para proporcionar soporte adicional para el proceso de montaje. Después de la fabricación, se quita la varilla, y los tubos flexibles 330 con construcciones de circuito se colocan en el cuerpo alargado 310.

Cada circuito 320, 321 se forma por separado, construyéndose el primer circuito 320 desde el extremo distal al extremo próximo comenzando con el filtro LC resonante más próximo 326. Así, suponiendo una pluralidad de circuitos, el hilo de electrodo asociado con el filtro LC resonante más distal siguiente 327 pasa sobre el filtro LC resonante que es el más próximo. El paso de un hilo de electrodo por debajo de un filtro LC resonante afectará negativamente a su resonancia. Por otra parte, el paso de un hilo por debajo de un inductor no resonante no afectará negativamente a su rendimiento. Así, el filtro LC resonante ejemplar 326 se forma tendiendo capas del hilo de electrodo 322 para formar tres capas 335, 336, 337. La relación de vueltas de la capa interior a la capa exterior puede ser de aproximadamente 3:2:1, dando lugar a una geometría física constante del filtro LC resonante. La formación de un filtro LC resonante es evidente a los expertos en la técnica, y muchas realizaciones satisfarían los requisitos de esta invención. Por ejemplo, puede colocarse un condensador en paralelo con un inductor. Otros tipos de filtros LC resonantes también caerán dentro del alcance de la invención.

En la realización ejemplar, se forman múltiples capas de hilo enrollado en espiral de tal manera que la capacitancia entre las capas y las vueltas individuales cumplan la relación de inductancia a capacitancia requerida para satisfacer la condición resonante y proporcionar la impedancia máxima a la frecuencia resonante. Como se ha descrito previamente, pueden usarse tres capas, siendo la relación de vueltas de la capa interior a la capa exterior de aproximadamente 3:2:1. Esta relación da lugar a alta integridad estructural, manufacturabilidad y repetibilidad. En la realización ejemplar, donde la frecuencia resonante del filtro LC resonante es de aproximadamente 64 MHz para bloquear la RF de una IRM de 1,5 Tesla, la capa interior puede incluir 30 vueltas, la capa media puede incluir 20 vueltas, y la capa exterior puede incluir 10 vueltas. En general, el número exacto de vueltas se determina por el espacio disponible y la frecuencia resonante deseada. La impedancia, la anchura de banda y el factor de calidad del filtro LC resonante pueden ajustarse modificando la relación de la capacitancia a la inductancia del filtro. Esto se puede realizar cambiando el número de vueltas, el número de capas, la relación de vueltas entre capas, o todos ellos. Por ejemplo, la relación puede variar en cada caso en una, dos o tres vueltas para obtener las características deseadas del filtro.

Después de formar el filtro LC resonante más próximo 326, se enrolla helicoidalmente el primer hilo de electrodo 322 alrededor del tubo 330. Los expertos en la técnica apreciarán que los segmentos de conexión 332 no tienen que incluir necesariamente números específicos de vueltas alrededor del tubo 330. Más bien, es importante enrollar los hilos de electrodo de tal manera que incluyan cierta holgura o "juego", permitiendo por ello que el conjunto de guía conserve su flexibilidad durante el uso. A continuación se forman los inductores 324 enrollando hilo de electrodo 322 sobre el tubo flexible 330. Cada inductor 324 se puede formar devanando o enrollando helicoidalmente hilo de electrodo 322 alrededor de cuarenta y cinco vueltas, creando aproximadamente 150 ohmios, cuando se dimensiona para encajar en un catéter de 2,67 mm (8 French), suponiendo que el diámetro interior del inductor sea de 1,143 mm (0,045 pulgadas). Los expertos en la técnica apreciarán, sin embargo, que pueden ser necesarias menos vueltas para crear la misma impedancia para inductores de mayor diámetro. Los inductores 324 pueden estar espaciados de manera no uniforme, de modo que los segmentos de hilo entre ellos tengan una frecuencia resonante diferente, o pueden estar colocados de manera sustancialmente uniforme.

El segundo circuito 321 se forma a continuación y de manera sustancialmente similar al circuito 320. Los expertos en la técnica apreciarán que el conjunto de guía ejemplar ilustrado en las figuras 3A y 3B incluye dos circuitos 320, 321 y dos electrodos 319 y 318. Sin embargo, se puede construir cualquier número de circuitos y electrodos correspondientes. Por ejemplo, en una construcción ejemplar, cuatro circuitos, incluyendo cada uno una pluralidad de filtros no resonantes y un filtro LC resonante, están acoplados eléctricamente a cuatro electrodos (tres electrodos de aro y un electrodo de punta o alternativamente cuatro electrodos de aro). En otra construcción ejemplar, diez circuitos, incluyendo cada uno una pluralidad de filtros no resonantes y un filtro LC resonante, están acoplados eléctricamente a diez electrodos. Se puede formar cualquier número de circuitos. En cada caso, sin embargo, el circuito que incluye el filtro LC resonante más próximo se construye primero y el circuito que incluye el filtro LC resonante más distal se construye el último de modo que la pluralidad de hilos de electrodo resultantes alojados

dentro de un catéter tengan los segmentos de hilo de electrodo de conexión pasando sobre todos los filtros LC resonantes próximos. Por ejemplo, la construcción de circuitos 320, 321 se puede hacer comenzando por el extremo próximo primero (más bien que el extremo distal) a condición de que el circuito que incluye el filtro LC resonante más próximo se forme primero. De esta forma, los segmentos de hilo de electrodo de conexión de los circuitos  
5 construidos posteriormente siempre pasarán sobre todos los filtros LC resonantes próximos adyacentes, de modo que no se perturbe la resonancia. Otras técnicas de montaje serán evidentes a los expertos en la técnica.

Los expertos en la técnica apreciarán, sin embargo, que, en otro aspecto de la invención, el filtro LC resonante está configurado de modo que sea resonante a una frecuencia que sea más alta o más baja que la frecuencia operativa  
10 de la RM, pero proporcionando todavía una alta impedancia a la frecuencia operativa de RM. El filtro LC resonante puede tener forma de un circuito/bobina de una sola capa, como se ve mejor en la figura 7. El circuito de una sola capa ejemplar puede incluir dimensiones diferentes de los componentes no resonantes del circuito.

En otro aspecto de la invención, un filtro LC resonante puede estar colocado próximo al extremo de los filtros no resonantes.  
15

En otro aspecto de la invención, pueden colocarse filtros no resonantes distales al filtro LC resonante.

Como se representa en las figuras 4A y 4B, los circuitos se pueden construir de modo que los filtros resonantes y/o  
20 no resonantes puedan estar incrustados, parcial o completamente, en la camisa de catéter.

Con referencia ahora a la figura 5, se representa una realización ejemplar de la invención. En este circuito ejemplar 520, múltiples pequeños filtros no resonantes 524 están agrupados juntos formando una pluralidad de inductores 540 colocados en relación espaciada a lo largo de hilo de electrodo conductor 522. Este agrupamiento de filtros  
25 incrementa colectivamente la impedancia de cada filtro no resonante y reduce la corriente a lo largo del hilo de electrodo conductor 522. Como en otras realizaciones, el componente de filtro en la interfaz de electrodo/hilo 528 incluye un filtro LC resonante 526 que está adaptado para impedir efectivamente que la corriente inducida RF salga del conjunto de guía 500 a través del electrodo 518. Grupos 540 de filtros no resonantes 524 distribuidos a lo largo de hilo de electrodo 522 atenúan la corriente inducida en el hilo propiamente dicho antes de que la corriente llegue al  
30 filtro LC resonante 526, evitando por ello el excesivo calentamiento del filtro LC resonante 526. Los grupos 540 de filtros no resonantes 524 también pueden atenuar la corriente RF reflejada del filtro LC resonante 526, atenuando por ello la fuerte potencia reflejada del filtro LC resonante 526. La realización ilustrada en la figura 5 se forma en gran parte de la misma forma que la descrita previamente con respecto a la figura 3B.

Con referencia ahora a las figuras 6A-6C, se representa una realización alternativa 600 de la invención. Como se puede ver en la figura 6A, dos hilos de electrodo 640, 650 están dispuestos y enrollados en forma corradial. Los hilos de electrodo enrollados corradialmente 640, 650 comparten un canal de flujo magnético común en el centro de los devanados, de tal manera que RF de modo común presente en ambos hilos tenderá a cancelarse y por ello atenuarse. Este acercamiento corradial puede expandirse a más de dos hilos de electrodo y puede incluir cualquier  
40 número de hilos enrollados corradialmente. Los expertos en la técnica apreciarán que los hilos de electrodo enrollados corradialmente se comportan como filtros no resonantes.

Con referencia a la figura 6B, el conjunto de guía 600 incluye un cuerpo alargado 610 rodeado por la camisa 611. El cuerpo alargado 610 incluye extremos primero 612 y segundo 614 e incluye un lumen 616 en su interior. El segundo extremo 614 está adaptado para conectar con electrónica, interna o externa al cuerpo del paciente, y puede incluir un conector (no representado). El lumen 616 aloja hilos de electrodo conductores enrollados corradialmente 640, 650. En una realización alternativa, mejor representada en la figura 6C, los hilos enrollados corradialmente 640, 650 pueden estar incrustados en la camisa 611. Cada hilo de electrodo enrollado corradialmente 640, 650 incluye una sola longitud de hilo conductor, eliminando por ello la necesidad de puntos de unión y reduciendo la posibilidad de fallo mecánico del hilo. Los hilos de electrodo conductores 640, 650 están enrollados en la misma dirección y las bobinas tienen el mismo diámetro. Cuando el conjunto de guía está expuesto a un campo de RF, por ejemplo, durante una exploración IRM, los hilos de electrodo enrollados corradialmente 640, 650 tienden a impedir que la corriente RF de modo común de frecuencia más alta sea transmitida a lo largo de un hilo conductor individual. Cada hilo de electrodo conductor enrollado corradialmente 640, 650 puede tener un número igual o desigual de vueltas.  
55 Preferiblemente, sin embargo, los hilos de electrodo conductores 640, 650 incluyen un número igual de vueltas para minimizar la cantidad de escape RF de la bobina, dando lugar dicho escape a un bloqueo menos efectivo de corriente RF. En la realización representada en las figuras 6B y 6C, los hilos enrollados corradialmente 640, 650 se extienden sustancialmente a lo largo de toda la longitud del conjunto de guía, próximo al conjunto de filtro LC resonante. En otras realizaciones (no representadas) los hilos de electrodo conductores corradiales pueden extenderse solamente a lo largo de una porción del cuerpo conductor.  
60

En la configuración ejemplar enrollada en espiral, los hilos conductores primero y segundo están aislados eléctricamente uno de otro. Ambos hilos conductores primero y segundo 640, 650 pueden incluir un recubrimiento aislante o no conductor. El recubrimiento aislante se puede formar de un material de poliuretano, nylon, poliéster, poliéster-amida, poliéster-imida, poliéster-amida-imida, material de silicona, Teflon, tetrafluoroetileno expandido  
65

(eTFE), politetrafluoroetileno (PTFE), y análogos. Alternativamente, solamente un hilo puede estar aislado. En cualquier caso, los hilos de electrodo deberán estar aislados eléctricamente uno de otro.

5 Como en las realizaciones anteriores, cada hilo de electrodo enrollado corradialmente 640, 650 está formado de un solo trozo continuo de hilo no magnético tal como cobre, titanio, aleaciones de titanio, tungsteno, oro y combinaciones de los anteriores. Si cada electrodo de hilo se forma de un trozo de hilo, puede ser un hilo unible, por ejemplo, por calor, producto químico o adhesivo, para permitir formación de los filtros durante la fabricación con un hilo. Alternativamente, se puede usar varios trozos de hilo no continuo, pero dentro del alcance previsto de la invención. En tal caso, los hilos pueden moldearse en silicona y tratarse por calor en cierta posición para asegurar que el hilo no se desplace. Alternativamente, se puede usar cola o un hilo que tenga suficiente rigidez de modo que conserve su forma cuando se curve para evitar que el hilo incluyendo el circuito se desplace.

15 Como se ve mejor en la figura 6B, los conjuntos de filtro LC resonante primero y segundo 626, 627 se forman como se ha descrito anteriormente. Los filtros LC resonantes 626, 627 pueden colocarse adyacentes y próximos a la interfaz de hilo/electrodo para impedir efectivamente que la corriente inducida RF salga del conjunto de guía a través del electrodo. Los hilos enrollados corradialmente 640, 650 actúan a modo de filtros no resonantes y atenúan la corriente inducida en el hilo propiamente dicho antes de que la corriente llegue al filtro LC resonante, evitando por ello el calentamiento excesivo.

20 Como en otras realizaciones, los hilos de electrodo 640, 650 están enrollados corradialmente sobre una longitud de tubos flexibles 340 hechos de poliiimida, poliolefina, PTFE, eTFE, poliétercetona (PEK) y otros materiales similares flexibles. La opción entre utilizar hilos de electrodo enrollados corradialmente en función de inductores discretos en cada hilo de electrodo depende de varios factores. Los hilos enrollados corradialmente pueden implementarse en un conductor de diámetro más pequeño, dado que un hilo de electrodo nunca tiene que pasar por encima o por debajo de otro, excepto en los filtros LC resonantes. Sin embargo, la impedancia del método de inductor discreto puede ser más predecible y no depende tanto de la longitud o curva del dispositivo.

30 Con referencia ahora a la figura 8 se ilustra otro aspecto de un circuito de electrodo compatible RM 800. Como se puede ver, un filtro LC resonante 826 puede estar colocado próximo al extremo de los filtros no resonantes 824 o, indicado de forma diferente, uno o varios filtros no resonantes 824 pueden estar colocados adyacentes al electrodo 818 y distales al filtro LC resonante 826.

35 En las varias realizaciones presentadas en este documento, el conductor incluye un área en sección transversal suficiente de tal manera que la resistividad del conductor a la frecuencia operativa de RM de 64 MHz para una IRM de 1,5 Tesla sea suficientemente baja para asegurar que el calentamiento Joule del hilo sea mínimo. En una realización ejemplar, el hilo puede ser un hilo de cobre magneto de diámetro de 0,127 mm (36 AWG) para un circuito que tenga aproximadamente un metro de longitud. Puede usarse modelado numérico, por ejemplo, Diferencia Finita en el Dominio de Tiempo (FDTD) o el Método de Momentos para aproximación de la corriente esperada para un dispositivo concreto. La longitud del hilo usado y la trayectoria esperada en el paciente determinan la impedancia total deseada a través del circuito. Así, se puede seleccionar el calibre apropiado para cualquier longitud concreta del hilo.

45 Una corriente de 100mA DC dará lugar a un aumento de temperatura de aproximadamente 10° en una sección corta de hilo enrollado en espiral de 0,0799 mm de diámetro (40 AWG). Para un hilo de 0,127 mm de diámetro (36 AWG), el aumento de temperatura se reduce a un aumento de temperatura de 2°. Para CA, la resistencia del conductor aumenta con la frecuencia. Un aumento de cinco veces o más es posible al comparar la resistencia CC con la resistencia de 60 MHz, lo que se traduce directamente en un mayor aumento de temperatura del conductor para la misma entrada de potencia. El nuevo hilo de electrodo según la presente invención está configurado para integrarse en un conjunto de guía o catéter de 3,33 mm (10 French) o menos.

50 Se puede hacer varias modificaciones y adiciones en las realizaciones ejemplares explicadas sin apartarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, aunque las realizaciones descritas anteriormente se refieren a elementos particulares, el alcance de esta invención también incluye realizaciones que tienen combinaciones diferentes de elementos y realizaciones que no incluyen todos los elementos descritos. Consiguientemente, se ha previsto que el alcance de la presente invención abarque todas las alternativas, modificaciones y variaciones que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones, conjuntamente con todos sus equivalentes.

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto de guía (100) incluyendo:

5 un cuerpo alargado (110) que tiene un extremo próximo y un extremo distal, definiendo dicho cuerpo alargado un lumen (116) en su interior, estando el extremo distal dispuesto y configurado para contactar tejido y estando el extremo próximo acoplado operativamente a un control electrónico;

10 al menos un electrodo (118, 818) situado en el cuerpo alargado (110); y

al menos un circuito eléctrico (120) en comunicación con dicho al menos un electrodo (118, 818),

15 estando alojado dicho circuito dentro de dicho cuerpo alargado (110), **caracterizado porque** el al menos único circuito eléctrico (120) incluye un trozo de hilo de electrodo (122) que forma al menos un filtro no resonante (124, 824) y que forma al menos un filtro LC resonante (126, 826) colocado próximo a un filtro no resonante distal final, estando colocado dicho filtro no resonante distal final adyacente a dicho al menos un electrodo (118, 818).

20 2. El conjunto de guía de la reivindicación 1, donde dicho al menos un filtro no resonante incluye una pluralidad de filtros no resonantes (124, 824) y dicho al menos un filtro LC resonante (126, 826) está colocado entre una primera serie de filtros no resonantes en un extremo próximo del circuito de electrodo y una segunda serie de filtros no resonantes colocados en un extremo distal de dicho circuito de electrodo.

3. El conjunto de guía de la reivindicación 1, donde:

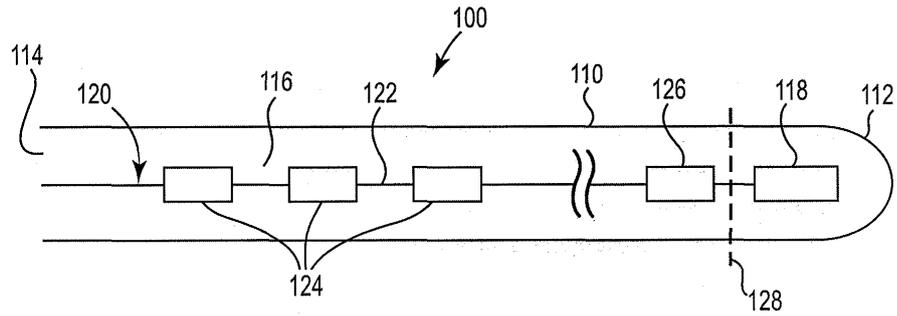
25 dicho circuito alojado dentro de dicho cuerpo alargado (110) incluye un trozo de hilo de electrodo (122) que forma al menos un filtro no resonante (124, 824) y al menos un filtro LC resonante (126, 826) construido a partir de una sola capa de dicho hilo de electrodo.

30 4. El conjunto de guía de la reivindicación 3, donde dicho filtro LC resonante (126, 826) construido de una sola capa de hilo de electrodo tiene una longitud que es más larga que un componente no resonante.

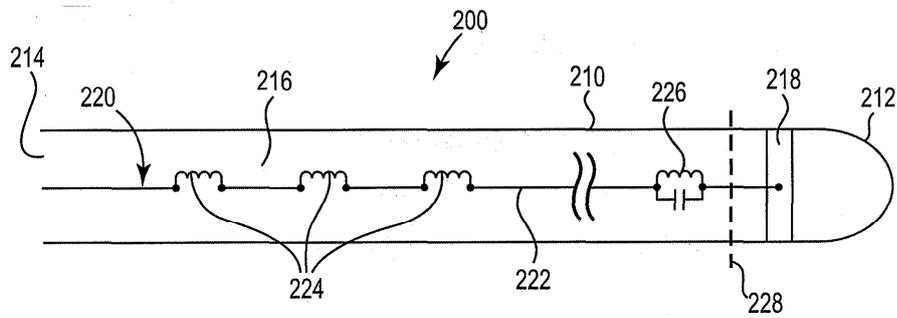
5. El conjunto de guía de la reivindicación 2, donde dicho hilo de electrodo incluye un solo trozo continuo de hilo de electrodo que forma una pluralidad de filtros no resonantes y una pluralidad de filtros LC resonantes.

35 6. El conjunto de guía de la reivindicación 1 donde:

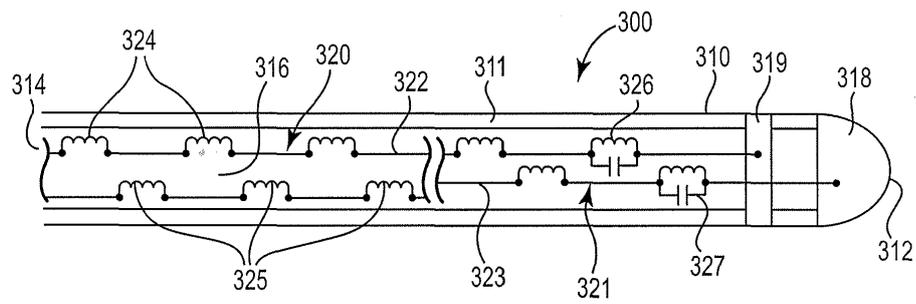
40 dicho al menos único filtro LC resonante (126, 826) está configurado de modo que sea resonante a una frecuencia que es más alta o más baja que la frecuencia operativa de una RM y está configurado además para proporcionar una alta impedancia a una frecuencia operativa de RM, estando colocado dicho filtro LC resonante próximo a dicho al menos único electrodo (118, 818).



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3A**

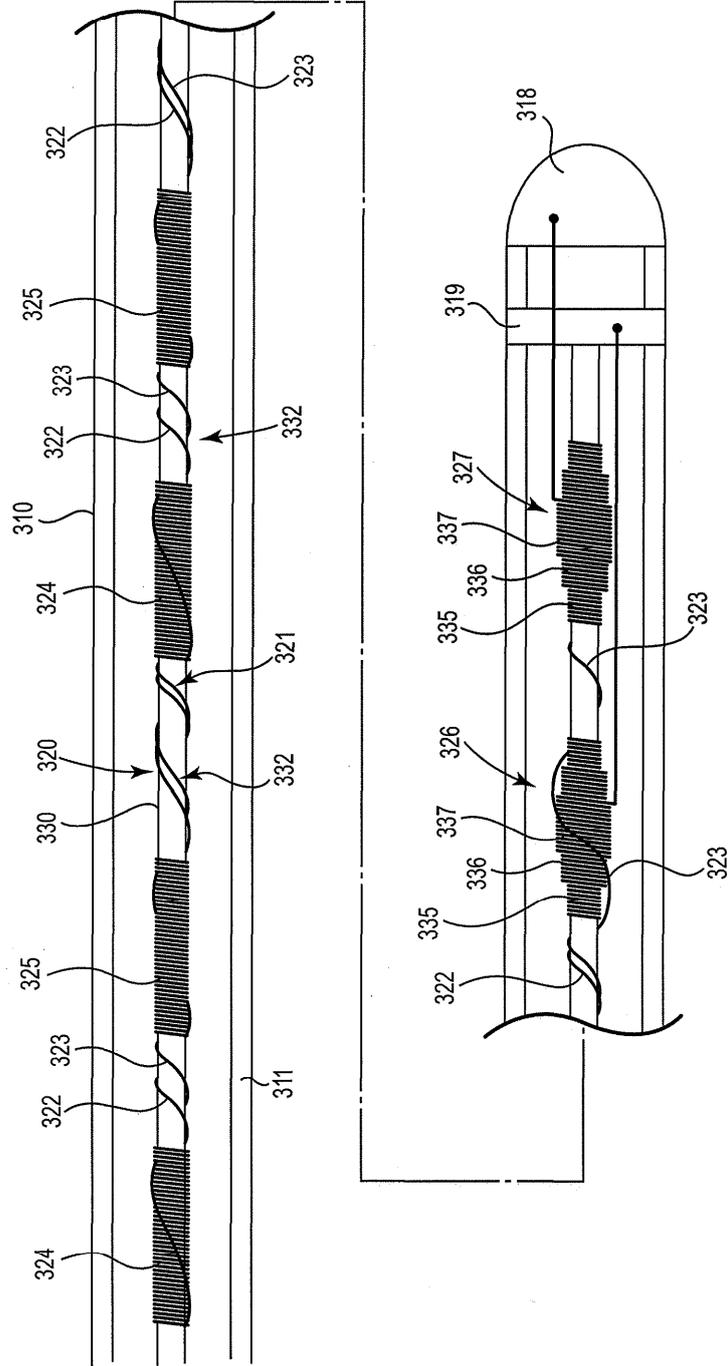
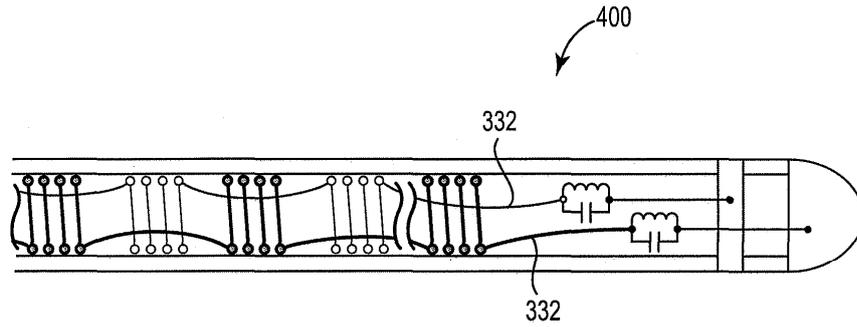
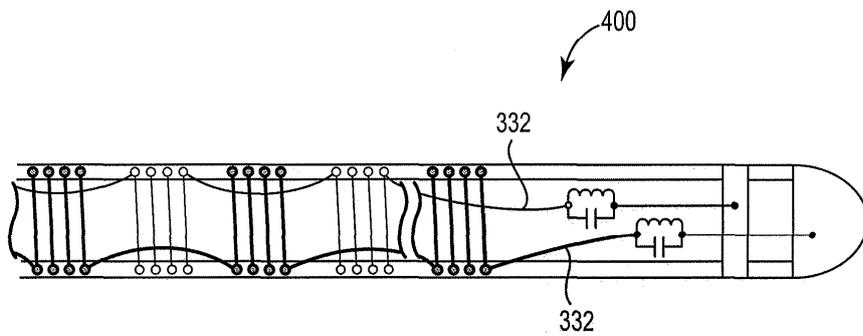


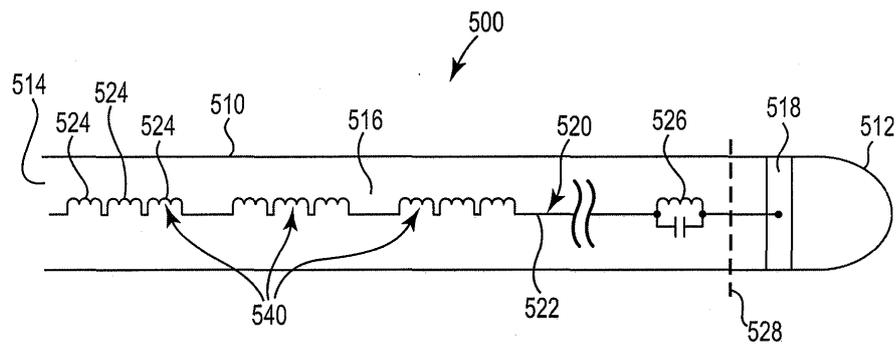
Fig. 3B



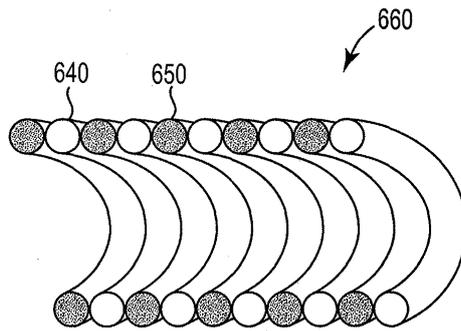
**Fig. 4A**



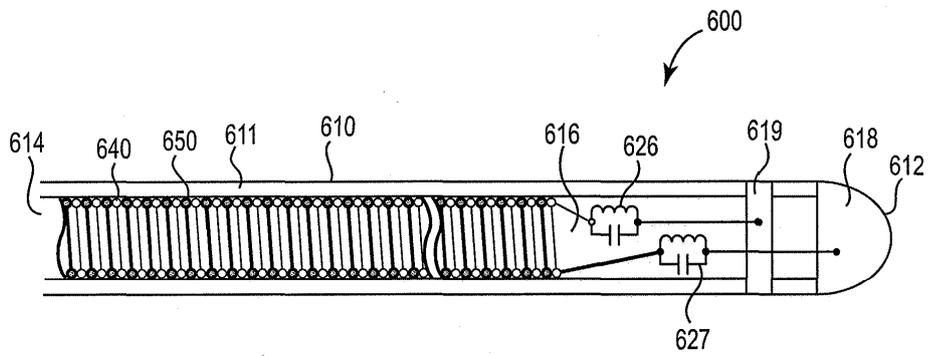
**Fig. 4B**



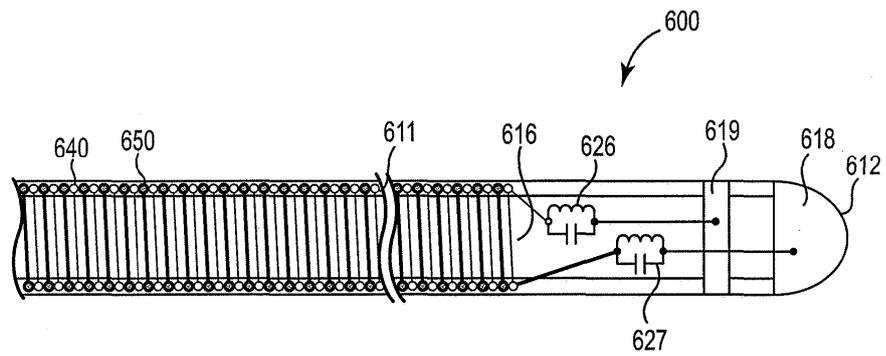
**Fig. 5**



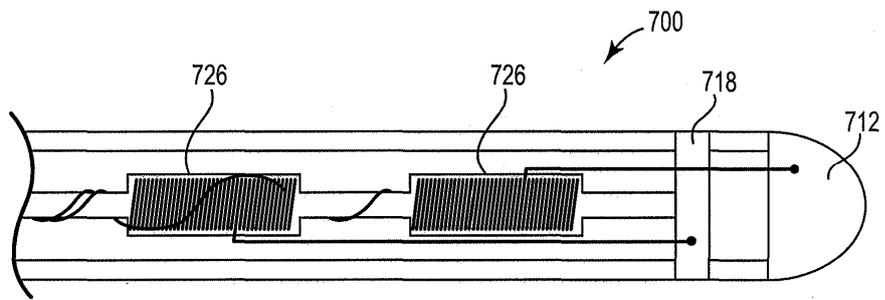
**Fig. 6A**



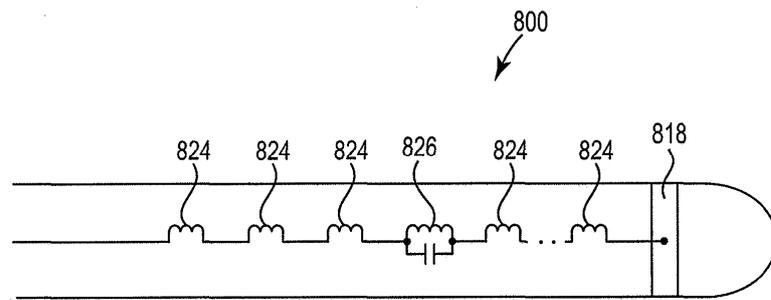
**Fig. 6B**



**Fig. 6C**



**Fig. 7**



**Fig. 8**