

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 808 334**

51 Int. Cl.:

A61B 18/12 (2006.01)

A61B 18/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.07.2017 PCT/EP2017/067448**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.01.2018 WO18011228**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2017 E 17737592 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2020 EP 3481316**

54 Título: **Generador electroquirúrgico**

30 Prioridad:

11.07.2016 GB 201612014

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

26.02.2021

73 Titular/es:

**CREO MEDICAL LIMITED (100.0%)
Creo House Unit 2, Beaufort Park, Beaufort Park
Way
Chepstow, Wales NP16 5UH, GB**

72 Inventor/es:

**HANCOCK, CHRISTOPHER PAUL y
WHITE, MALCOLM**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 808 334 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

Generador electroquirúrgico

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un aparato electroquirúrgico en el que se emplea energía de radiofrecuencia y energía de frecuencia de microondas para tratar tejido biológico. En particular, la invención se refiere a un aparato quirúrgico capaz de generar energía de radiofrecuencia (RF) para cortar tejido y energía de frecuencia de microondas para hemostasia (es decir, selladura de vasos sanguíneos rotos promoviendo la coagulación de la sangre) o ablación de tejido.

Antecedentes de la invención

15 La resección quirúrgica es un medio para extraer secciones de órganos del cuerpo humano o animal. Dichos órganos pueden ser altamente vasculares. Cuando se realiza un corte (división o corte transversal) del tejido, se dañan o se rompen pequeños vasos sanguíneos llamados arteriolas. El sangrado inicial es seguido por una cascada de coagulación donde la sangre se convierte en un coágulo en un intento por taponar el punto de sangrado. Durante una operación, es deseable que un paciente pierda la menor cantidad de sangre posible, por lo que se han desarrollado varios dispositivos en un intento por proporcionar un corte sin sangre. Para procedimientos endoscópicos, tampoco es deseable que se produzca una hemorragia y que no se aborde lo antes posible, o de manera conveniente, dado que el flujo sanguíneo puede oscurecer la visión del operador, lo que puede llevar a que el procedimiento deba suspenderse y haya que utilizar otro método en su lugar, por ejemplo, cirugía abierta.

25 En lugar de una cuchilla afilada, se conoce el uso de energía de radiofrecuencia (RF) para cortar tejido biológico. El método de corte utilizando energía de RF funciona utilizando el principio de que a medida que una corriente eléctrica pasa a través de una matriz de tejido (ayudada por el contenido iónico de las células), la impedancia al flujo de electrones a través del tejido genera calor. Cuando se aplica una onda sinusoidal pura a la matriz de tejido, se genera suficiente calor dentro de las células para vaporizar el contenido acuoso del tejido. De este modo, hay un gran aumento en la presión interna de la célula, que no puede ser controlado por la membrana celular, lo que da como resultado la ruptura celular. Cuando esto ocurre en un área amplia, se puede ver que el tejido ha sido seccionado.

35 Mientras que el principio anterior funciona elegantemente en tejido delgado, es menos eficaz en el tejido graso porque hay menos componentes iónicos para ayudar al paso de los electrones. Esto significa que la energía requerida para vaporizar el contenido de las células es mucho mayor, ya que el calor latente de vaporización de la grasa es mucho mayor que el del agua.

40 La coagulación de RF funciona aplicando una forma de onda menos eficiente al tejido, por lo que en lugar de vaporizarse, el contenido de la célula se calienta a aproximadamente 65 °C. Esto seca el tejido por desecación y también desnaturaliza las proteínas en las paredes de los vasos y el colágeno que forma la pared celular. La desnaturalización de las proteínas actúa como un estímulo para la cascada de coagulación, por lo que se mejora la coagulación. Al mismo tiempo, el colágeno en la pared se desnaturaliza y cambia de una molécula en forma de barra a una bobina, lo que hace que el vaso se contraiga y reduzca su tamaño, dando al coágulo un punto de anclaje y un área más pequeña que taponar.

50 Sin embargo, la coagulación de RF es menos eficaz cuando hay grasa presente, porque el efecto eléctrico disminuye. De este modo, puede ser muy difícil sellar los vasos sangrantes grasos. En lugar de tener márgenes blancos limpios, el tejido tiene una apariencia ennegrecida y quemada.

En la práctica, un dispositivo de RF puede operar usando una forma de onda con un factor de cresta medio que está a medio camino entre una salida de corte y coagulación.

55 El documento GB 2 486 343 divulga un sistema de control para un aparato electroquirúrgico en el que el perfil de suministro de energía tanto de energía de RF como de energía de microondas suministrada a una sonda se configura en función de una tensión muestreada y la información de corriente de la energía de RF transportada a la sonda y muestreada hacia delante y la información de potencia reflejada para la energía de microondas transmitida hacia y desde la sonda.

60 La figura 1 muestra un diagrama esquemático de un aparato electroquirúrgico 400 tal y como se expone en el documento GB 2 486 343. El aparato comprende un canal de RF y un canal de microondas. El canal de RF contiene componentes para generar y controlar una señal electromagnética de frecuencia de RF a un nivel de potencia adecuado para tratar (por ejemplo, cortar o desecar) tejido biológico. El canal de microondas contiene componentes para generar y controlar una señal electromagnética de frecuencia de microondas a un nivel de potencia adecuado para el tratamiento (por ejemplo, coagulación o ablación) de tejido biológico.

El canal de microondas tiene una fuente de frecuencia de microondas 402 seguida de un divisor de potencia 424 (por ejemplo, un divisor de potencia de 3 dB), que divide la señal de la fuente 402 en dos ramas. Una rama del divisor de potencia 424 forma un canal de microondas, que tiene un módulo de control de potencia que comprende un atenuador variable 404 controlado por el controlador 406 a través de la señal de control V_{10} y un modulador de señal 408 controlado por el controlador 406 a través de la señal de control V_{11} , y un módulo amplificador que comprende un amplificador de control 410 y un amplificador de potencia 412 para generar radiación EM de microondas directa para su suministro desde una sonda 420 hasta un nivel de potencia adecuado para el tratamiento. Después del módulo amplificador, el canal de microondas continúa con un módulo de acoplamiento de señal de microondas (que forma parte de un detector de señal de microondas) que comprende un circulador 416 conectado para suministrar energía EM de microondas desde la fuente hasta la sonda a lo largo de una trayectoria entre sus puertos primero y segundo, un acoplador delantero 414 en el primer puerto del circulador 416 y un acoplador reflejado 418 en el tercer puerto del circulador 416. Después de pasar por el acoplador reflejado, la energía EM de microondas del tercer puerto se absorbe en una carga de descarga de potencia 422. El módulo de acoplamiento de señal de microondas también incluye un conmutador 415 operado por el controlador 406 a través de la señal de control V_{12} para conectar la señal acoplada hacia delante o la señal acoplada reflejada a un receptor heterodino para la detección.

La otra rama del divisor de potencia 424 forma un canal de medición. El canal de medición sorteja la línea de amplificación en el canal de microondas y, por tanto, está dispuesto para suministrar una señal de baja potencia desde la sonda. En esta realización, un conmutador de selección de canal primario 426 controlado por el controlador 406 a través de la señal de control V_{13} puede operarse para seleccionar una señal del canal de microondas o del canal de medición para el suministro a la sonda. Un filtro de paso de banda alta 427 está conectado entre el conmutador de selección de canal primario 426 y la sonda 420 para proteger el generador de señal de microondas de las señales de RF de baja frecuencia.

El canal de medición incluye componentes dispuestos para detectar la fase y la magnitud de la potencia reflejada por la sonda, lo que puede proporcionar información sobre el material, por ejemplo, tejido biológico presente en el extremo distal de la sonda. El canal de medición comprende un circulador 428 conectado para suministrar energía EM de microondas desde la fuente 402 hasta la sonda a lo largo de una trayectoria entre sus puertos primero y segundo. Una señal reflejada devuelta desde la sonda se dirige al tercer puerto del circulador 428. El circulador 428 se usa para proporcionar aislamiento entre la señal directa y la señal reflejada para facilitar una medición precisa. Sin embargo, como el circulador no proporciona un aislamiento completo entre sus puertos primero y tercero, es decir, parte de la señal directa puede atravesar el tercer puerto e interferir con la señal reflejada, se usa un circuito de cancelación de corrientes portadoras que inyecta una parte de la señal directa (desde el acoplador directo 430) de nuevo en la señal que sale del tercer puerto (a través del acoplador de inyección 432). El circuito de cancelación de corrientes portadoras incluye un ajustador de fase 434 para garantizar que la porción inyectada esté desfasada 180° con cualquier señal que entre en el tercer puerto desde el primer puerto para cancelarla. El circuito de cancelación de corrientes portadoras también incluye un atenuador de señal 436 para garantizar que la magnitud de la porción inyectada sea la misma que cualquier señal entrante.

Para compensar cualquier deriva en la señal de avance, se proporciona un acoplador directo 438 en el canal de medición. La salida acoplada del acoplador directo 438 y la señal reflejada desde el tercer puerto del circulador 428 están conectadas al terminal de entrada respectivo de un conmutador 440, que puede operarse mediante el controlador 406 a través de la señal de control V_{14} para conectar la señal directa acoplada o la señal reflejada a un receptor heterodino para la detección.

La salida del conmutador 440 (es decir, la salida del canal de medición) y la salida del conmutador 415 (es decir, la salida del canal de microondas) se conectan a un terminal de entrada respectivo de un conmutador de selección de canal secundario 442, que puede operarse mediante el controlador 406 a través de la señal de control V_{15} junto con el conmutador de selección del canal primario para garantizar que la salida del canal de medición esté conectada al receptor heterodino cuando el canal de medición esté suministrando energía a la sonda y que la salida del canal de microondas esté conectada al receptor heterodino cuando el canal de microondas está suministrando energía a la sonda.

El receptor heterodino se usa para extraer la información de fase y magnitud de la salida de señal mediante el conmutador de selección de canal secundario 442. Se muestra un único receptor heterodino en este sistema, pero en caso de ser necesario puede usarse un receptor doble heterodino (que contiene dos osciladores locales y mezcladores) para mezclar la frecuencia de la fuente hacia abajo dos veces antes de que la señal entre en el controlador. El receptor heterodino comprende un oscilador local 444 y un mezclador 448 para mezclar la salida de señal mediante el conmutador de selección de canal secundario 442. La frecuencia de la señal del oscilador local se selecciona de modo que la salida del mezclador 448 esté en una frecuencia intermedia adecuada para ser recibida en el controlador 406. Se proporcionan filtros de paso de banda 446, 450 para proteger el oscilador local 444 y el controlador 406 de las señales de microondas de alta frecuencia.

El controlador 406 recibe la salida del receptor heterodino y determina (por ejemplo, extrae) de él información indicativa de fase y magnitud de las señales directas y/o reflejadas en el canal de medición o de microondas. Esta

información se puede utilizar para controlar el suministro de radiación EM de microondas de alta potencia en el canal de microondas o radiación EM de RF de alta potencia en el canal de RF. Un usuario puede interactuar con el controlador 406 a través de una interfaz de usuario 452, tal y como se ha descrito anteriormente.

5 El canal de RF que se muestra en la figura 1 comprende una fuente de frecuencia de RF 454 conectada a un controlador de puerta 456 que es controlado por el controlador 406 a través de la señal de control V_{16} . El controlador de puerta 456 suministra una señal de operación para un amplificador de RF 458, que es una disposición de medio puente. La tensión de consumo de la disposición de medio puente puede controlarse a través de un suministro de CC variable 460. Un transformador de salida 462 transfiere la señal de RF generada a una línea el suministro a la sonda 420. Un filtro 464 de paso bajo, de paso de banda de parada de banda o de muesca está conectado en esa línea para proteger el generador de señal de RF de las señales de microondas de alta frecuencia.

15 Un transformador de corriente 466 está conectado en el canal de RF para medir la corriente suministrada a la carga de tejido. Se utiliza un divisor de potencial 468 (que puede extraerse del transformador de salida) para medir la tensión. Las señales de salida del divisor de potencial 468 y el transformador de corriente 466 (es decir, salidas de tensión indicativas de la tensión y corriente) se conectan directamente al controlador 406 después del acondicionamiento mediante los respectivos amplificadores de amortiguación 470, 472 y diodos Zener para tensión constante 474, 476, 478, 480 (mostrados como señales B y C en la figura 1).

20 Para suministrar información de fase, las señales de tensión y corriente (B y C) también están conectadas a un comparador de fase 482 (por ejemplo, una puerta EXOR) cuya tensión de salida está integrada por el circuito RC 484 para producir una salida de tensión (que se muestra como A en la figura 1) que es proporcional a la diferencia de fase entre las formas de onda de tensión y corriente. Esta salida de tensión (señal A) está conectada directamente al controlador 406.

25 El canal de microondas/medición y el canal de RF están conectados a un combinador de señales 114, que transporta ambos tipos de señal por separado o simultáneamente a lo largo del conjunto de cables 116 hasta la sonda 420, desde la cual se suministra (por ejemplo, se irradia) al tejido biológico de un paciente. Un combinador de señales adecuado aparece descrito en el documento WO 2014/049332.

30 **Sumario de la invención**

En su forma más general, la presente invención propone un generador electroquirúrgico en el que las señales de microondas y RF se derivan de una fuente de frecuencia de señal. Dicho generador puede ser capaz de suministrar energía de RF en formas de onda adecuadas para el corte (por ejemplo, resección o disección) o coagulación, así como para suministrar energía de microondas adecuada para la coagulación, ablación o medición. La invención puede permitir una reducción en el número de componentes requeridos en un sistema electroquirúrgico multifrecuencia. Esto puede reducir los costes de fabricación y también puede facilitar la fabricación de dispositivos de menor escala, por ejemplo, generadores electroquirúrgicos portátiles o de mano.

40 De acuerdo con la invención, se proporciona un generador electroquirúrgico para generar energía electromagnética (EM) de radiofrecuencia (RF) y energía EM de microondas, comprendiendo el generador: una fuente de microondas para generar una señal de microondas; un canal de microondas para transportar la señal de microondas desde la fuente de microondas hasta la salida del generador; un canal de RF para transportar una señal de RF que se emitirá desde el generador; un convertidor de microondas a RF que puede conectarse para recibir la señal de microondas, estando dispuesto el convertidor de microondas a RF para: generar la señal de RF a partir de la señal de microondas y suministrar la señal de RF al canal de RF. En esta disposición, se utiliza la misma fuente de energía (la fuente de microondas) para crear la señal de RF y la señal de microondas. Esto significa que solo se necesita una sola fuente de alimentación en la línea del generador, lo que puede reducir el número de componentes en comparación con los sistemas conocidos.

La fuente de microondas puede comprender un amplificador de potencia, por ejemplo, capaz de emitir energía de microondas a una potencia de 100 W o más a una sola frecuencia de microondas estable.

55 El convertidor de microondas a RF puede incluir: una unidad de conmutación de RF dispuesta para introducir una característica de RF en la señal de microondas; y una unidad de rectificación para rectificar la señal de microondas mientras se preserva la característica de RF, en donde la señal de RF se obtiene a partir de una salida de la unidad de rectificación. La característica de RF se puede introducir de una manera que garantice que no se pierda o que se pierda una cantidad insignificante de energía en la señal de microondas. Por ejemplo, la unidad de conmutación de RF puede ser un modulador capaz o de conmutación rápida, por ejemplo, implementado utilizando diodos PIN de conmutación rápida o similares, o un conmutador SPDT que alterna la señal de microondas entre diferentes destinos.

65 La unidad de rectificación está dispuesta para convertir la señal de microondas (es decir, frecuencia de orden de GHz) en una señal de CC. Al introducir la característica de RF como una transición ENCENDIDO-APAGADO sustancialmente instantánea dentro de la señal de microondas, la rectificación de la señal de microondas puede

tener poco o ningún impacto en la característica de RF. Preservar la característica de RF en esta etapa permite que se use para extraer una forma de onda deseada para la señal de RF. En los ejemplos dados en el presente documento, la señal de RF de salida puede tener una forma sinusoidal, es decir, puede ser sustancialmente una frecuencia estable única.

5 La unidad de rectificación puede funcionar como rectificador de onda completa para la señal de microondas, para que se pueda utilizar toda la forma de onda de microondas.

10 La característica de RF puede comprender un componente de RF principal que tiene una frecuencia única entre 100 kHz y 300 MHz, preferentemente 400 kHz. La unidad de conmutación de RF puede funcionar a la frecuencia de componente de RF principal.

15 En un ejemplo, la unidad de conmutación de RF puede comprender un modulador para pulsar la señal de microondas a una frecuencia inferior a 300 MHz. El modulador puede estar dispuesto para funcionar en un ciclo de trabajo del 50 %. Esta configuración puede maximizar la amplitud de la frecuencia fundamental (que puede corresponder al componente de RF principal) en la onda cuadrada resultante.

20 En otro ejemplo, la unidad de rectificación puede comprender un primer rectificador y un segundo rectificador, y la unidad de conmutación de RF puede estar dispuesta para alternar la señal de microondas entre el primer rectificador y el segundo rectificador a una frecuencia inferior a 300 MHz. El convertidor de microondas a RF puede estar dispuesto para formar una señal rectificadora compuesta a partir de las señales rectificadas emitidas desde el primer rectificador y el segundo rectificador. En un ejemplo, las polaridades del primer rectificador y el segundo rectificador pueden ser opuestas, de modo que la señal compuesta sea una onda cuadrada que tiene una amplitud doble que la del primer rectificador o el segundo rectificador solo.

25 El convertidor de microondas a RF puede comprender una unidad de filtrado dispuesta para eliminar componentes de frecuencia no deseados de la salida de la unidad de rectificación. Dicho de otra forma, la unidad de filtrado puede estar dispuesta para seleccionar una frecuencia deseada o una banda estrecha de frecuencias desde la salida de la unidad de rectificación. Cuando la salida es una onda cuadrada, la unidad de filtrado puede estar dispuesta para eliminar los armónicos más altos de la señal. De este modo, la señal de RF puede basarse principalmente en la fundamental de la onda cuadrada.

30 Para lograr un nivel de tensión deseado para la señal de RF, el convertidor de microondas a RF puede comprender un transformador elevador.

35 El generador puede estar configurado para suministrar la energía de microondas y la señal de RF por separado, por ejemplo, de manera mutuamente excluyente. De este modo, el generador puede comprender un conmutador para dirigir selectivamente la señal de microondas al canal de microondas o al convertidor de microondas a RF.

40 El generador puede comprender un canal de salida común para transportar la señal de microondas y la señal de RF hacia la sonda de suministro. Se puede proporcionar un combinador de señales que conecte el canal de microondas y el canal de RF al canal de salida común. El combinador de señales puede ser un conmutador o un diplexor.

45 El funcionamiento del generador puede gestionarlo un controlador, por ejemplo, un microprocesador o similar. El controlador puede estar dispuesto para operar el convertidor de microondas a RF, por ejemplo, enviando señales de control apropiadas a la unidad de conmutación de RF y/o unidad de rectificación.

50 En otro aspecto, la invención proporciona un sistema electroquirúrgico para suministrar energía electromagnética (EM) de radiofrecuencia (RF) y energía EM de microondas al tejido biológico, comprendiendo el sistema: un generador electroquirúrgico tal y como se ha definido anteriormente; y una sonda de suministro conectada para recibir la señal de microondas y la señal de RF del generador electroquirúrgico. La sonda de suministro puede ser un instrumento electroquirúrgico capaz de suministrar energía de RF para cortar tejido biológico y energía de microondas para coagular o extirpar tejido biológico.

55 En esta memoria descriptiva, "microondas" puede usarse ampliamente para indicar un intervalo de frecuencia de 400 MHz a 100 GHz, pero preferentemente el intervalo de 1 GHz a 60 GHz. Las frecuencias específicas que se han contemplado son las siguientes: 915 MHz, 2,45 GHz, 3,3 GHz, 5,8 GHz, 10 GHz, 14,5 GHz y 24 GHz. En cambio, esta memoria descriptiva utiliza "radiofrecuencia" o "RF" para indicar un intervalo de frecuencia que es, al menos, tres órdenes de magnitud menor, por ejemplo, hasta 300 MHz, preferentemente 10 kHz a 1 MHz, y aún más preferentemente 400 kHz.

60

Breve descripción de los dibujos

65 A continuación, se tratan en detalle ejemplos de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es un diagrama de sistema esquemático de una configuración de generador electroquirúrgico conocida para proporcionar señales de microondas y RF, y aparece descrita anteriormente;

la figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de un generador electroquirúrgico que tiene un convertidor de microondas a RF que es una realización de la invención;

5 la figura 3 es un diagrama de bloques esquemático de los componentes en un convertidor de microondas a RF que puede usarse en una realización de la invención;

la figura 4 es un diagrama esquemático que muestra las etapas de transición de señal en un primer ejemplo de un convertidor de microondas a RF que puede usarse en la invención; y

10 la figura 5 es un diagrama esquemático que muestra las etapas de transición de señal en un segundo ejemplo de un convertidor de microondas a RF que puede usarse en la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA; OTRAS OPCIONES Y PREFERENCIAS

15 La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de un aparato electroquirúrgico 100 para generar energía de microondas y energía de RF para tratar tejido biológico que es una realización de la invención. El aparato 100 comprende un generador de microondas 102 para generar una señal de microondas que tiene una frecuencia estable única. Una frecuencia preferida es 5,8 GHz. El generador de microondas 102 puede comprender los componentes en el canal de microondas tratado anteriormente con referencia a la figura 1. En particular, el generador de microondas 102 puede comprender un amplificador de potencia capaz de lanzar la señal de microondas a una potencia de 100 W en una carga que tiene una impedancia de 50 Q.

20 La salida de señal de microondas del generador de microondas 102 es recibida por un conmutador de modos 104 que es controlado por un controlador (no mostrado) para seleccionar una trayectoria para la señal de microondas. El controlador puede operar el conmutador de modos 104 para seleccionar entre un modo de suministro de microondas, en el que la señal de microondas se dirige a lo largo de una primera trayectoria 107 hacia una sonda de suministro (no mostrada) y un modo de suministro de RF, en el que la señal de microondas se dirige a lo largo de una segunda trayectoria 109 hacia un convertidor de microondas a RF 106 que convierte la señal de microondas en una señal de RF que se transporta a lo largo de una tercera trayectoria 111 hacia la sonda de suministro. El convertidor de microondas a RF 106 se trata con más detalle a continuación.

25 La primera trayectoria 107 y la segunda trayectoria 109 pueden formarse a partir de líneas de transmisión (por ejemplo, cables coaxiales o similares) que pueden transmitir energía de microondas de alta potencia con baja pérdida. De manera similar, el conmutador de modos 104 puede ser un conmutador coaxial (por ejemplo, un conmutador de doble caída y de polo único coaxial) o similar. La tercera trayectoria 111 puede formarse a partir de una línea de transmisión que sea adecuada para transportar una señal de RF con baja pérdida. De nuevo, un cable coaxial puede resultar adecuado.

30 Se puede usar un combinador de señales 108 para transmitir la señal de RF desde la tercera trayectoria 111 o la señal de microondas desde la segunda trayectoria 109 en una trayectoria de salida común 113 hacia la sonda de suministro. El combinador de señales 108 puede ser un conmutador o una disposición de diplexor que proteja el convertidor de microondas a RF 106 y el generador de microondas 102 de la energía que se refleja desde la sonda. Si se usa un conmutador en el combinador de señales 108, puede operarse mediante el controlador en sincronización con el conmutador de modos 104.

35 La sonda de suministro puede ser cualquier instrumento electroquirúrgico adecuado para usar energía de RF y energía de microondas en tejido biológico, por ejemplo, para corte, coagulación, medición, ablación o similares. Las sondas posibles se pueden encontrar en los documentos WO 2014/006369, WO 2014/184544 y WO 2015/097446, por ejemplo. La sonda de suministro puede usarse en cualquier cirugía abierta, procedimientos laparoscópicos y procedimientos endoscópicos. En algunos ejemplos, el combinador de señales 108 puede estar dispuesto para transferir la señal de RF y la señal de microondas a un cable de alimentación flexible (por ejemplo, un cable coaxial) que pasa a través del canal del instrumento de un dispositivo exploratorio quirúrgico.

40 La figura 3 es un diagrama de bloques esquemático de los elementos funcionales del convertidor de microondas a RF 106 utilizado en las realizaciones de la invención. Se puede entender que se puede seleccionar varias combinaciones de componentes para realizar las funciones de los bloques en la figura 3, y la invención no necesita limitarse a ninguna combinación particular de componentes.

45 El convertidor de microondas a RF 106 comprende una unidad de conmutación de RF 110, que puede ser un modulador para pulsar la señal de microondas o un conmutador para dirigir la señal de microondas entre una pluralidad de trayectorias. Estas dos alternativas se analizan con más detalle a continuación con referencia a las figuras 4 y 5. La unidad de conmutación de RF 110 funciona para introducir una característica de RF en la señal de microondas. La característica de RF incluye un componente de frecuencia que corresponde a la frecuencia principal deseada de la señal de RF que se emitirá desde el convertidor 106. Por ejemplo, la señal de microondas se puede introducir en el convertidor 106 como una señal de onda continua (CW, por sus siglas en inglés). La unidad de conmutación de RF 110 puede estar dispuesta para transformar la señal de microondas de CW en una o más señales de microondas pulsadas, donde la frecuencia del pulso posee la característica de RF. La unidad de

conmutación de RF 110 puede funcionar bajo el control del controlador (no mostrado). La unidad de conmutación de RF 110 puede formarse usando diodos PIN, que son capaces de conmutar rápidamente a señales de alta potencia.

5 La salida de la unidad de conmutación de RF 110 es recibida por una unidad de rectificación 112, que está dispuesta para rectificar la señal de microondas, es decir, convertir el componente de CA de frecuencia de microondas de cada pulso de la señal de microondas pulsada en una señal de CC. Se puede utilizar cualquier circuito rectificador adecuado para este propósito, aunque, tal y como se trata a continuación, es deseable que la eficiencia de conversión sea alta. El rectificador puede comprender una disposición de amplificador inverso, por ejemplo, que utilice un diodo Schottky o similar. El rectificador es preferentemente un rectificador de onda completa, por ejemplo, 10 que tiene una configuración de puente completo. Esta disposición hace uso completo de la señal de microondas, lo que puede ayudar a obtener una señal de RF que tenga una tensión deseada. La unidad de rectificación 112 puede incluir una disposición de condensador de aplanamiento, por ejemplo, proporcionado por un diodo varactor o similar conectado en derivación a la salida del rectificador.

15 La salida de la unidad de rectificación 112 es recibida por una unidad de filtrado 114 que está dispuesta para extraer una señal de RF deseada de la señal rectificada. La señal rectificada puede parecerse a una onda cuadrada, es decir, una secuencia de pulsos de ENCENDIDO y APAGADO a una frecuencia de RF introducida por la unidad de conmutación de RF 110. La unidad de filtrado 114 puede estar dispuesta para eliminar el contenido armónico más alto de la señal rectificada para producir una señal de RF de salida cuyo constituyente dominante es una onda 20 sinusoidal a la frecuencia fundamental.

La salida de la unidad de filtrado es recibida por una unidad transformadora 116 cuya función es aumentar la tensión de la señal de RF a un nivel deseado para su uso. Se puede utilizar cualquier configuración convencional de transformador elevador para este propósito. En un ejemplo, el transformador elevador puede incorporarse al 25 transformador 462 tratado anteriormente con referencia a la figura 1. Dicho de otra forma, el convertidor 106 puede implementarse en un sistema similar al mostrado en la figura 1, donde reemplaza los componentes que generan la señal de RF.

30 La configuración del convertidor de microondas a RF 106 y la potencia de salida del generador de microondas 102 cuando se conmuta para generar energía de RF se puede seleccionar para permitir que se produzca una señal de RF que tenga propiedades adecuadas para tratar el tejido biológico. Por ejemplo, puede ser deseable que la señal de RF generada se use en un proceso para cortar tejido biológico.

35 En un ejemplo, la tensión de salida deseada de la señal de RF es de aproximadamente 300 Vrms. Es probable que la señal de RF "vea" una impedancia relativamente alta, por ejemplo, de aproximadamente 1 k Ω o más. En esta situación, la señal de RF daría como resultado 300 mA rms de corriente, que, por lo tanto, corresponde a aproximadamente 90 W de potencia de RF. Por lo tanto, la potencia de la señal de entrada de microondas y la eficiencia del convertidor de microondas a RF 106 se seleccionan preferentemente para permitir que se genere este nivel de potencia. Por ejemplo, si la señal de microondas tiene una potencia de 100 W en 50 Ω , la eficiencia de 40 conversión debería ser del 90 %.

Si no se puede lograr una eficiencia del 90 %, puede ser necesario operar con una impedancia superior a 1 k Ω (es decir, con una corriente inferior a 300 mA rms), o con una tensión de RF inferior a 300 Vrms.

45 Para ilustrar de forma más simple el funcionamiento del convertidor de microondas a RF 106, el siguiente análisis se basa en lo que se podría lograr con una eficiencia del 100 %.

50 Si una señal de microondas de CW que tiene 100 W en 50 Ω se rectifica con un 100 % de eficiencia utilizando un rectificador de onda completa, la tensión rectificada es de 100 V. La señal de RF puede producirse encendiendo y apagando el microondas a la frecuencia de RF (frecuencia de ciclo de 400 kHz). Esto producirá una señal de 400 kHz alternando entre 100 V y 0 V, es decir, 100 V entre crestas. Esta es una onda cuadrada, que tiene un alto contenido armónico (3°, 5°, 7°, etc.). Si se filtra para seleccionar solo la fundamental (a 400 kHz), la amplitud de la onda sinusoidal fundamental será del 127,4 % de la amplitud de la onda cuadrada, es decir, 127,4 V entre crestas. La onda cuadrada, es decir, el ciclo de trabajo del 50 %, maximiza la amplitud de los ciclos fundamentales en 55 comparación con otros ciclos de trabajo. Este método de operación se trata a continuación con respecto a la figura 4.

60 Sin embargo, la tensión entre crestas se puede duplicar si la salida del rectificador se invierte en lugar de apagarse, para generar \pm 100 V. Esto daría una tensión entre crestas de 200 V antes del filtrado, y aproximadamente 254,8 V entre crestas a 400 kHz. Para hacer esto, la polaridad del rectificador se puede cambiar a una frecuencia de ciclo de 400 kHz. Una forma de hacerlo es usar un par de conmutadores de microondas y dos rectificadores de onda completa de polaridad opuesta. Este método de operación se trata a continuación con respecto a la figura 5.

65 La tensión entre crestas para una señal de 300 Vrms es de 848,5 V entre crestas. Por lo tanto, el transformador elevador puede disponerse como un transformador de tensión 3:10 para transformar el valor de 254 V entre crestas al nivel deseado. Un transformador de tensión de 3:10 transformará la impedancia en 9:100, es decir, de 50 Ω a 555,5 Ω , para que el aparato pueda configurarse para garantizar que la impedancia de salida esté en un nivel que

soporte la unidad de rectificación para suministrar la salida de cresta tal y como se calculó anteriormente.

La figura 4 es una ilustración esquemática de cómo se transforma la señal de microondas mediante un convertidor de microondas a RF en una realización.

5 La señal de microondas se introduce en el convertidor como una señal de microondas de CW 130, que es recibido por una unidad de conmutación de RF 110, que en este ejemplo es un modulador, por ejemplo, un dispositivo basado en diodos PIN operado por un controlador (no se muestra). La salida de la unidad de conmutación de RF 110 es una señal de microondas pulsada 132 que comprende una pluralidad de ráfagas de energía de microondas.

10 La señal de microondas pulsada 132 es recibida por una unidad de rectificación de onda completa 112 que rectifica cada ráfaga de energía de microondas para formar una señal rectificada 134 que se asemeja a una onda cuadrada formada por una secuencia de porciones de ENCENDIDO y APAGADO. El ciclo de trabajo de la onda cuadrada correspondiente al ciclo de trabajo de conmutación de la unidad de conmutación de RF. En este ejemplo, el ciclo de trabajo es del 50 %. La frecuencia de la señal de microondas puede ser de 5,8 GHz, mientras que la frecuencia de conmutación de la unidad de conmutación de RF puede ser de 400 kHz. Las formas de onda representadas en la figura 4 no están a escala, pero generalmente son indicativas del hecho de que la frecuencia de la onda cuadrada es de muchos órdenes de magnitud (por ejemplo, al menos tres órdenes de magnitud) menor que la frecuencia de la señal de microondas.

20 La señal rectificada 134 es recibida por una unidad de filtrado 114, que filtra los armónicos más altos en la señal de onda cuadrada y emite una señal de RF 136 que tiene una frecuencia que corresponde a la frecuencia fundamental de la onda cuadrada. La señal de RF 136 puede luego ser transportada a un transformador elevador como se trató anteriormente para el suministro a la sonda.

25 La figura 5 es una ilustración esquemática de cómo se transforma la señal de microondas mediante un convertidor de microondas a RF en otra realización.

30 En este ejemplo, la señal de microondas también se introduce en el convertidor como una señal de microondas de CW 130. La señal de microondas CW 130 es recibida por una unidad de conmutación de RF 110, que en este ejemplo es un conmutador, por ejemplo, un conmutador de alta potencia fabricado por Teledyne Technologies Incorporated. La unidad de conmutación de RF 110 alterna la señal de microondas de CW 130 entre dos unidades rectificadoras 117, 118. Por lo tanto, una primera unidad de rectificación 117 recibe una primera señal de microondas pulsada 140 que comprende una pluralidad de ráfagas de energía de microondas, mientras que una segunda unidad de rectificación 118 recibe una segunda señal de microondas pulsada 142 que está desfasada con la primera señal de microondas pulsada 140 de manera que las ráfagas de energía de microondas se reciben alternativamente en la primera unidad de rectificación 117 y la segunda unidad de rectificación 118.

40 Cada unidad de rectificación 117, 118 rectifica las ráfagas de energía de microondas para formar una señal rectificada respectiva 144, 146 que se asemeja a una onda cuadrada formada por una secuencia de porciones de ENCENDIDO y APAGADO. El ciclo de trabajo de la onda cuadrada correspondiente al ciclo de trabajo de conmutación de la unidad de conmutación de RF 110. En este ejemplo, el ciclo de trabajo es del 50 %, entonces las señales rectificadas resultantes 144, 146 tienen la misma frecuencia. La frecuencia de la señal de microondas puede ser de 5,8 GHz, mientras que la frecuencia de conmutación de la unidad de conmutación de RF puede ser de 400 kHz. Las formas de onda representadas en la figura 5 no están a escala, pero generalmente son indicativas del hecho de que la frecuencia de la onda cuadrada es de muchos órdenes de magnitud (por ejemplo, al menos tres órdenes de magnitud) menor que la frecuencia de la señal de microondas.

50 La polaridad de la segunda unidad de rectificación 118 está dispuesta para ser opuesta a la de la primera unidad de rectificación 117. La salida de las unidades rectificadoras 117, 118 comprende así una primera señal rectificada 144 y una segunda señal rectificada 146 con polaridades opuestas y un desplazamiento de fase.

55 La primera señal rectificada 144 y la segunda señal rectificada 146 se combinan en una señal compuesta 148 por una unidad de conmutación 120, cuya frecuencia de conmutación es la misma que la unidad de conmutación 110 y cuya operación puede ser sincronizada con la unidad de conmutación 110 por el controlador (no mostrado). La señal compuesta 148 es una onda cuadrada que tiene el doble de amplitud de cada señal rectificada 144, 146.

60 La señal compuesta 148 es recibida por una unidad de filtrado 114, que filtra los armónicos más altos en la señal de onda cuadrada y emite una señal de RF 150 que tiene una frecuencia que corresponde a la frecuencia fundamental de la onda cuadrada. La señal de RF 150 puede luego ser transportada a un transformador elevador como se trató anteriormente para el suministro a la sonda.

REIVINDICACIONES

1. Un generador electroquirúrgico para generar energía electromagnética (EM) de radiofrecuencia (RF) y energía EM de microondas, comprendiendo el generador:
- 5 una fuente de microondas para generar una señal de microondas;
un canal de microondas para transportar la señal de microondas de la fuente de microondas para emitir desde el generador;
un canal de RF para transportar una señal de RF para emitir desde el generador;
- 10 un convertidor de microondas a RF que puede conectarse para recibir la señal de microondas, estando dispuesto el convertidor de microondas a RF para:
- generar la señal de RF a partir de la señal de microondas, y
suministrar la señal de RF al canal de RF.
- 15 2. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el convertidor de microondas a RF incluye:
- una unidad de conmutación de RF dispuesta para introducir una característica de RF en la señal de microondas;
y
20 una unidad de rectificación para rectificar la señal de microondas mientras se preserva la característica de RF, en donde la señal de RF se obtiene a partir de una salida de la unidad de rectificación.
3. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la unidad de rectificación opera como
25 rectificador de onda completa para la señal de microondas.
4. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en donde la característica de RF comprende un componente de RF principal que tiene una frecuencia de 400 kHz.
- 30 5. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde la unidad de conmutación de RF comprende un modulador para pulsar la señal de microondas a una frecuencia inferior a 300 MHz.
6. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el modulador está dispuesto para
35 operar en un ciclo de trabajo del 50 %.
7. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la unidad de rectificación está dispuesta para emitir una onda cuadrada.
- 40 8. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde la unidad de rectificación comprende un primer rectificador y un segundo rectificador, y en donde la unidad de conmutación de RF está dispuesta para alternar la señal de microondas entre el primer rectificador y el segundo rectificador a una frecuencia inferior a 300 MHz.
- 45 9. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el convertidor de microondas a RF está dispuesto para formar una señal rectificadora compuesta a partir de las señales rectificadas emitidas desde el primer rectificador y el segundo rectificador, y en donde la señal compuesta rectificadora es una onda cuadrada.
- 50 10. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 9, en donde el convertidor de microondas a RF comprende una unidad de filtrado dispuesta para eliminar componentes de frecuencia no deseados de la salida de la unidad de rectificación.
11. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10, en donde el
55 convertidor de microondas a RF comprende un transformador elevador.
12. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que incluye un conmutador para dirigir selectivamente la señal de microondas al canal de microondas o al convertidor de microondas a RF.
- 60 13. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que incluye un combinador de señales para conectar el canal de microondas y el canal de RF a un canal de salida común.
14. Un generador electroquirúrgico de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que incluye un controlador
dispuesto para operar el convertidor de microondas a RF.
- 65 15. Un sistema electroquirúrgico para suministrar energía electromagnética (EM) de radiofrecuencia (RF) y energía

EM de microondas a un tejido biológico, comprendiendo el sistema:

un generador electroquirúrgico de acuerdo con cualquier reivindicación anterior;

5 una sonda de suministro conectada para recibir la señal de microondas y la señal de RF del generador electroquirúrgico.

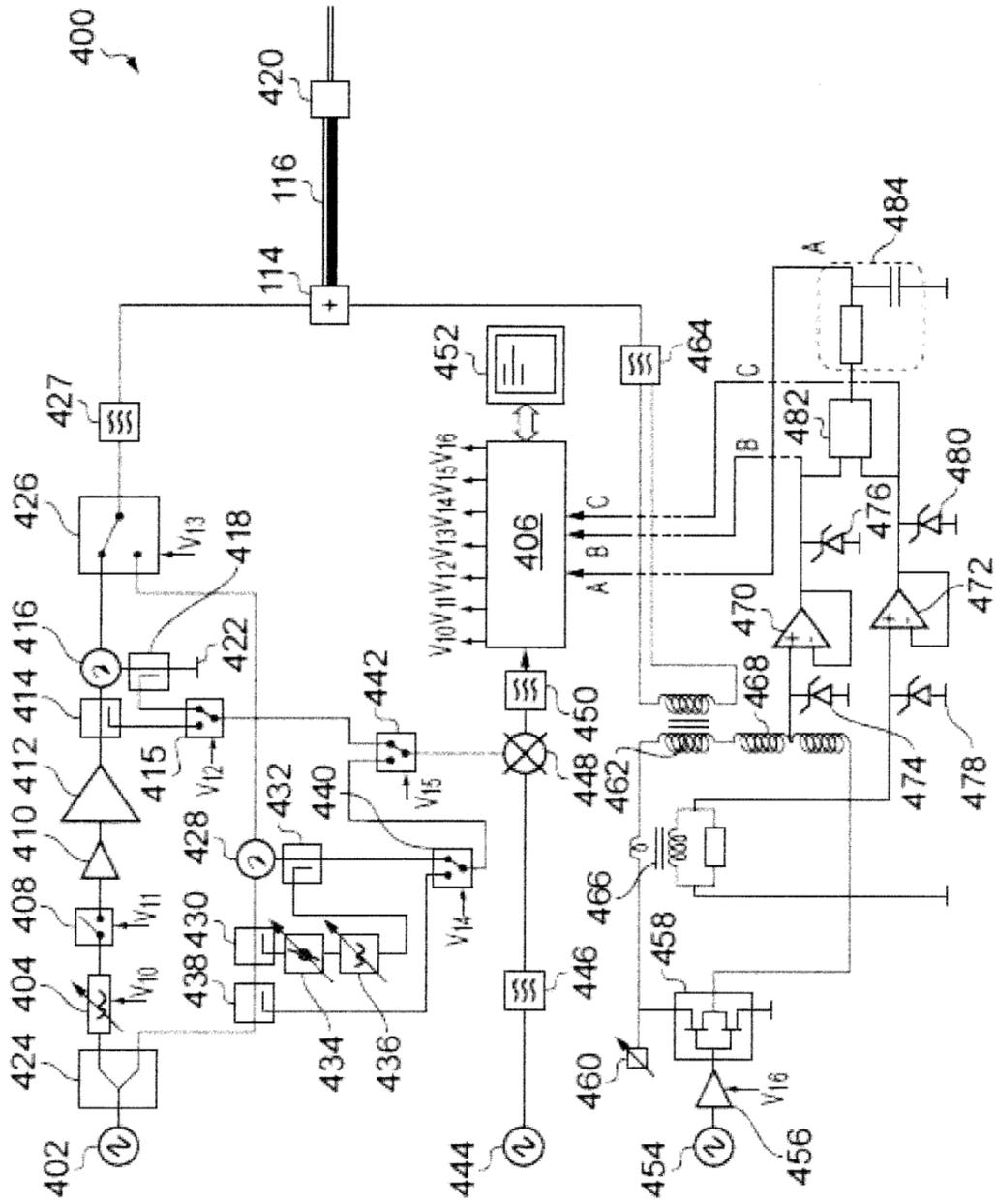


FIG. 1 (Técnica anterior)

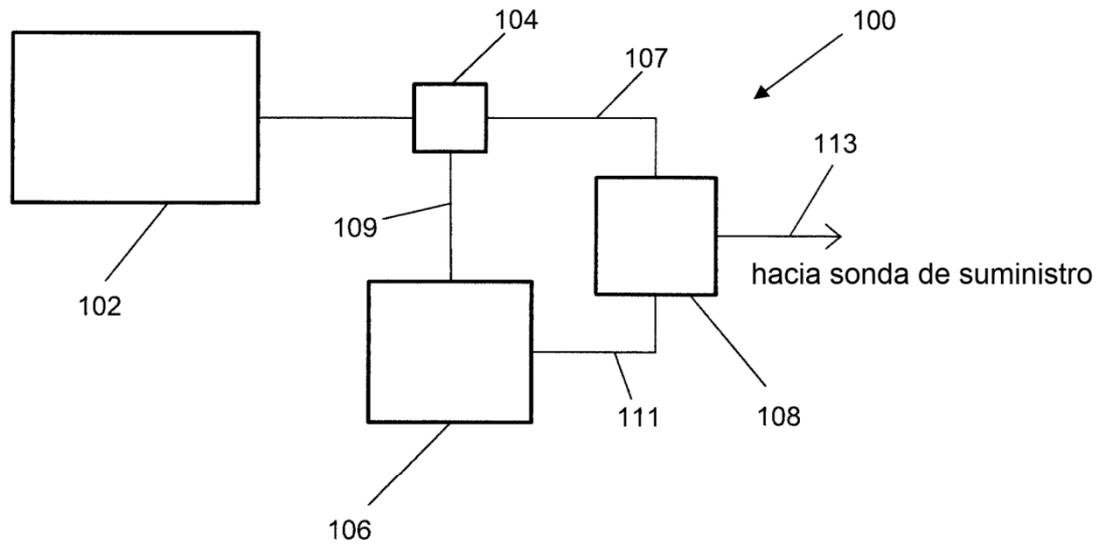


FIG. 2

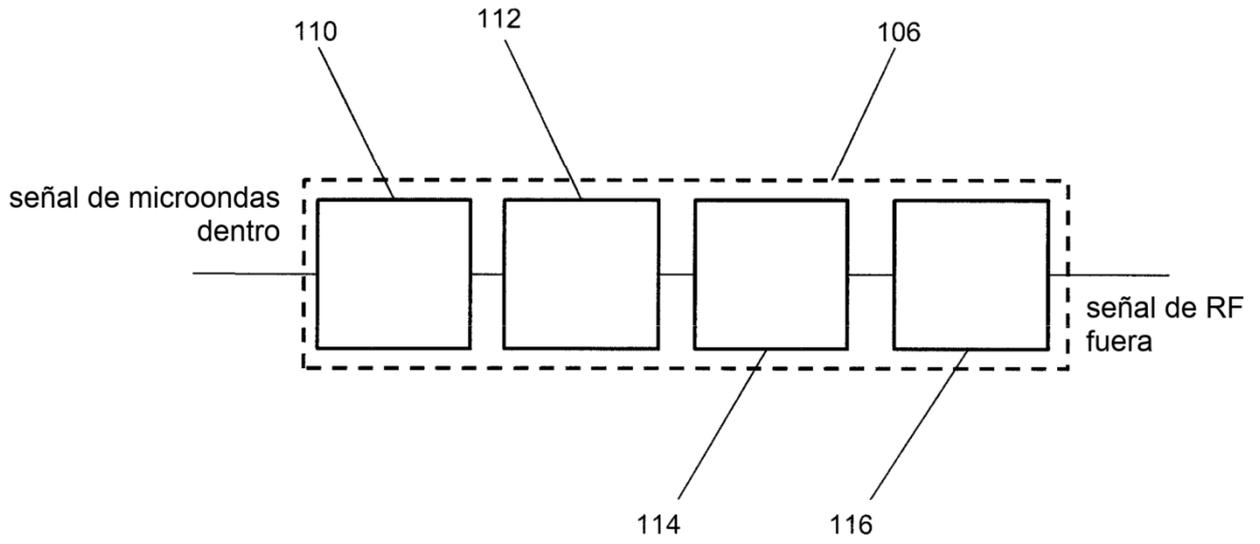


FIG. 3

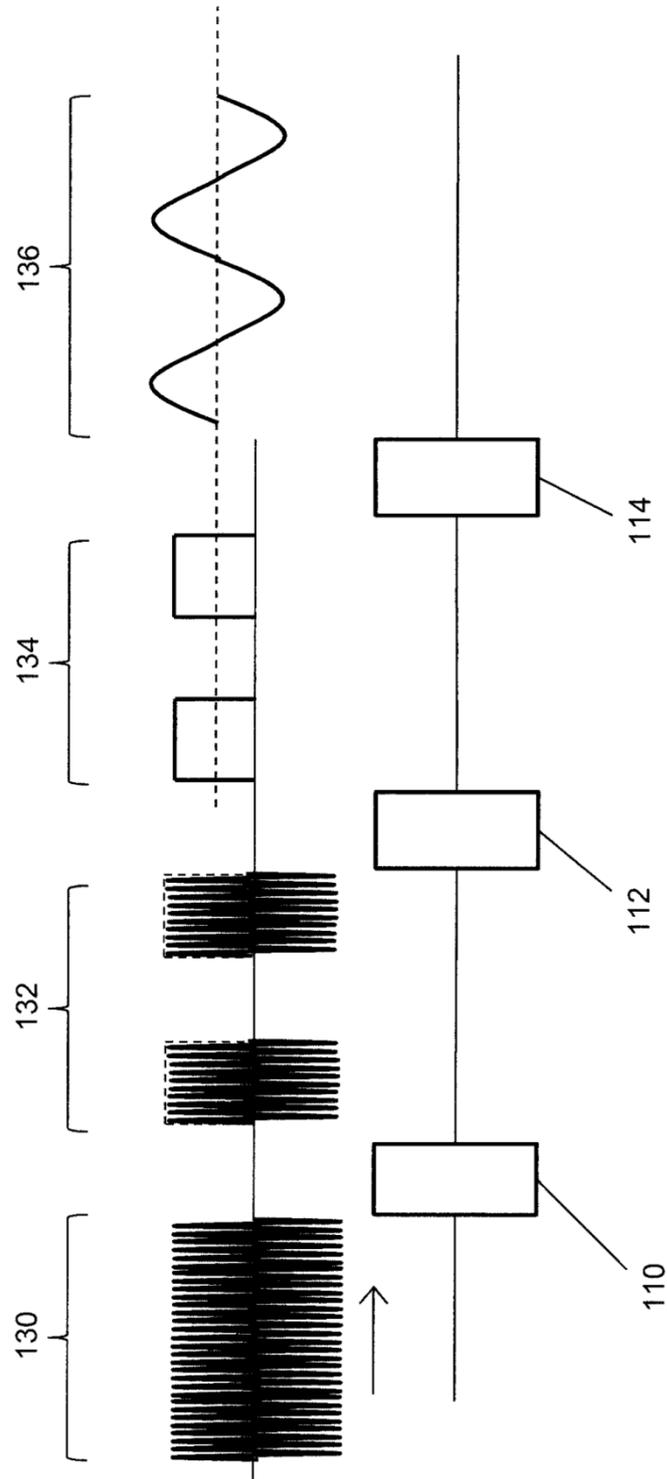


FIG. 4

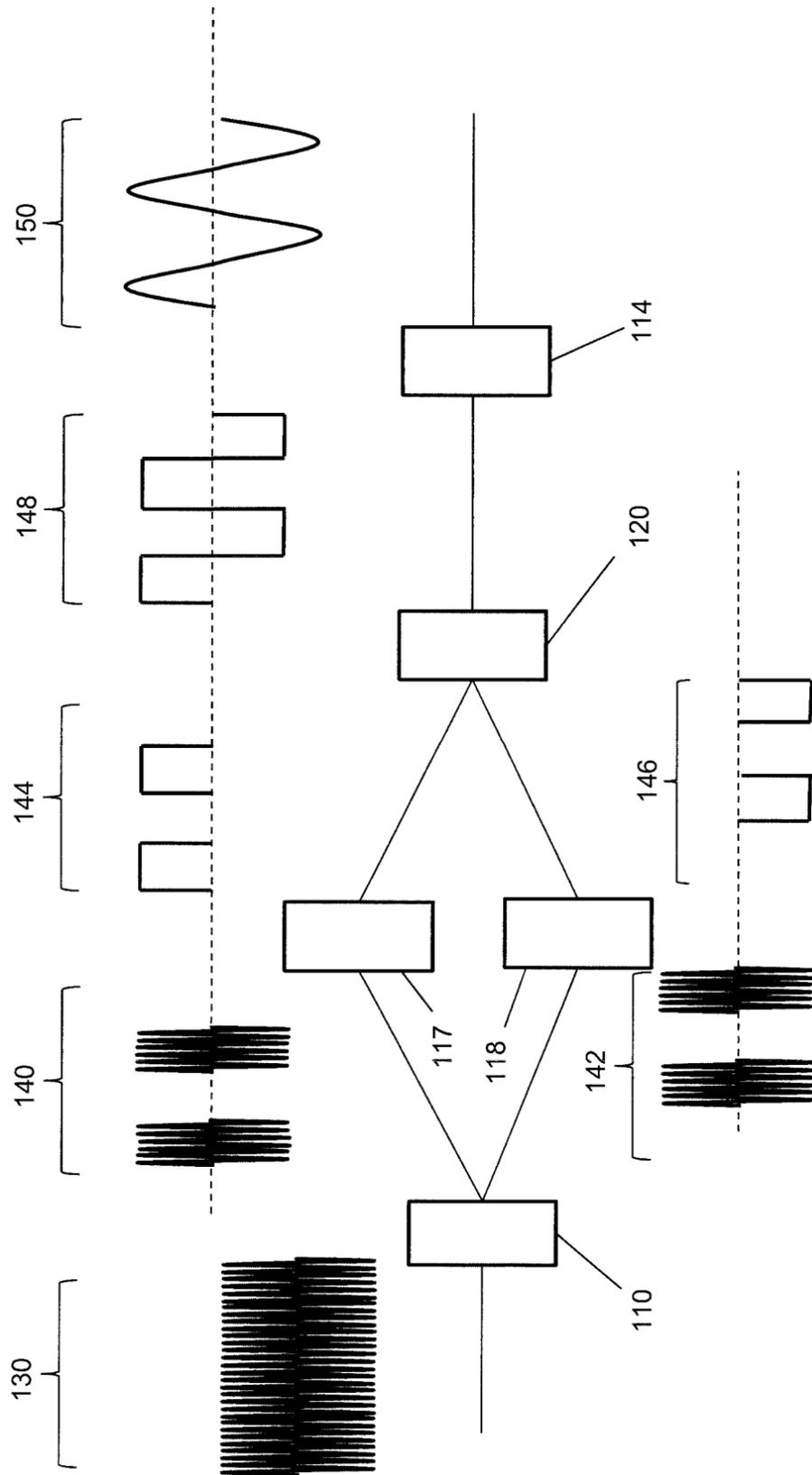


FIG. 5