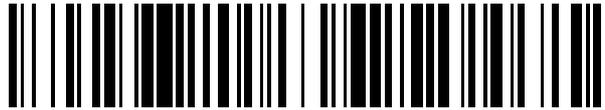


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 734**

51 Int. Cl.:

H05B 6/64

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2011 E 11743326 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2016 EP 2446706**

54 Título: **Análisis modal**

30 Prioridad:

03.05.2010 US 282986 P
03.05.2010 US 282984 P
03.05.2010 US 282983 P
03.05.2010 US 282980 P
03.05.2010 US 282985 P
03.05.2010 US 282981 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.03.2016

73 Titular/es:

GOJI LIMITED (100.0%)
O'Hara House, 3 Bermudiana Road
Hamilton HM08, BM

72 Inventor/es:

EINZIGER, PINCHAS;
BEN-SHMUEL, ERAN;
BILCHINSKY, ALEXANDER;
RAPPEL, AMIT;
DIKAROV, DENIS;
SIGALOV, MICHAEL y
BIBERMAN, YOEL

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 563 734 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

Análisis modal

5 Campo técnico

Esta solicitud se refiere a aparatos y métodos para aplicar energía electromagnética a un objeto.

10 Antecedentes

10

Las ondas electromagnéticas son comúnmente utilizadas para aplicar energía a los objetos. Típicamente, tales objetos se localizan en una cavidad configurada para recibir energía electromagnética. Sin embargo, debido a que la distribución del campo electromagnético puede depender de las propiedades (por ejemplo, el tamaño del objeto), la ubicación, y la orientación del objeto así como de características de la fuente a partir de la cual se aplica la energía, a menudo es difícil aplicar energía electromagnética en una forma controlable. Un ejemplo de un dispositivo para aplicación de energía electromagnética es un horno microondas. En un horno microondas, se usan las microondas para aplicar energía electromagnética desde una de fuente de energía hasta el objeto a través del aire. La energía electromagnética es luego absorbida por el objeto y convierte en energía térmica, lo que hace que se eleve la temperatura del objeto. El documento WO 91/07069A1 se refiere a un método y aparato que proporciona múltiples modos de procesamiento de ondas de radiofrecuencia secuenciales para tratamiento de materiales.

15

20

Resumen

25

En un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato para aplicar energía electromagnética a una frecuencia o frecuencias en un intervalo de frecuencias de 1 MHz a 100 GHz a un objeto en una cavidad a través de al menos un elemento radiante, como se expone en la reivindicación 1. En un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para aplicar energía electromagnética a una frecuencia o frecuencias en un intervalo de frecuencias de 1 MHz a 100 GHz a un objeto en una cavidad usando una fuente de energía electromagnética regulada por un procesador, como se expone en la reivindicación 8. Además, se exponen características opcionales de realizaciones de la invención en las reivindicaciones dependientes.

30

35

Como se utiliza aquí, un valor predeterminado (por ejemplo, cantidad de energía) puede ser un valor determinado (por ejemplo, por el procesador) antes de la aplicación de la energía. En algunas realizaciones, se puede determinar un valor predeterminado antes de comenzar un ciclo de aplicación de energía. Adicional o alternativamente, se puede determinar un valor predeterminado por el procesador durante un ciclo de aplicación de energía, y usado por el procesador posteriormente en el mismo ciclo de aplicación de energía y / o posteriormente. La determinación puede incluir la selección entre una pluralidad de opciones. La determinación puede ser hecha por el procesador, por ejemplo, con base en la información de entrada recibida de un usuario y / o de detectores que se encuentran en, alrededor de, o en la vecindad de la zona de aplicación de la energía.

40

45

Algunas realizaciones se refieren al uso de ondas electromagnéticas que tienen ciertas relaciones con las dimensiones de una cavidad de aplicación de energía, y puede existir una relación entre la longitud de onda de las ondas EM aplicadas a la cavidad y una o más dimensiones de la cavidad. Esta relación, discutida en forma detallada más adelante, se denomina aquí como "condición modal". Un aparato que opera para cumplir con la condición modal se denomina aquí como un "aparato de modal", y la zona o cavidad de aplicación de la energía de un aparato de modal se denomina aquí como una "cavidad modal". Los aparatos modales pueden permitir un mejor control espacial del calor o de la distribución de energía EM que un aparato que no satisface la condición modal.

50

55

Algunas realizaciones pueden incluir el uso y / o construcción de un perfil de pérdida. Un perfil de pérdida puede incluir cualquier representación de la capacidad de una zona de aplicación de energía o de un objeto para absorber energía a través de su volumen. Un perfil de pérdida puede ser representado, por ejemplo, por una matriz, tabla u otra representación bidimensional o tridimensional o mapa de una cavidad, en donde cada parte del mapa puede ser anotada (por ejemplo, usando notaciones, sombreado, colores, etc.) de acuerdo con la capacidad esa parte para absorber energía. En el caso de una zona de aplicación de energía, un perfil de pérdida puede incluir tal representación a través de su volumen con o sin un objeto.

60

65

Algunas formas de realización se describen a continuación, utilizando conceptos de espacio de modulación (MS), y / o elementos del espacio de modulación (MSE). El término "espacio de modulación" o "MS" se usa para referirse colectivamente a todos los parámetros que pueden afectar un patrón de campo en la zona de aplicación de energía y todas las combinaciones de los mismos. Los ejemplos de tales parámetros pueden incluir la frecuencia de una onda electromagnética aplicada a la zona de aplicación de energía, la fase de tal onda con respecto a una cierta pared que define la zona de aplicación de la energía, y donde se usan más de un elementos de radiación, la amplitud relativa en la cual se emite la energía desde cada uno de los elementos radiantes. El término "elemento del espacio de modulación" o "MSE" puede referirse a un conjunto específico de valores de los parámetros variables en el espacio de modulación, por ejemplo, las características combinadas de una onda, que tiene una frecuencia de 900 MHz y una fase de 30°, pueden formar un MSE. Los términos MS y MSE se discuten con más detalle a continuación.

- 5 Como se utiliza aquí, si una máquina (por ejemplo, un procesador) se describe como "configurada para" realizar una tarea (por ejemplo, configurada para provocar la aplicación de un patrón predeterminado de campo), entonces, al menos en algunas realizaciones, la máquina realiza esta tarea durante la operación. En forma similar, cuando se describe que una tarea es hecha "con el fin de" establecer un resultado objetivo (por ejemplo, con el fin de aplicar una pluralidad de patrones de campos electromagnéticos a un objeto), entonces, al menos en algunas realizaciones, la realización de la tarea lograría el resultado objetivo.
- Breve descripción de los dibujos
- 10 Los dibujos acompañantes, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran varias formas de realización y ejemplos de aspectos de la presente divulgación y, junto con la descripción, explican principios de la invención. En los dibujos:
- La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato para aplicar energía electromagnética a un objeto;
- 15 Las Figuras 2A y 2B ilustran una cavidad rectangular en un sistema de coordenadas cartesianas y una cavidad cilíndrica en un sistema de coordenadas cilíndricas, respectivamente;
- Las Figuras 3A-3C ilustran ejemplos de patrones de campos en una cavidad modal;
- Las Figuras 4A-4D ilustran ejemplos de patrones de campos en una cavidad modal;
- La Figura 5 ilustra un ejemplo de un espacio de modulación;
- 20 La Figura 6A es un diagrama esquemático de un aparato configurado para realizar la modulación de la frecuencia en ondas electromagnéticas suministradas a una zona de aplicación de energía;
- La Figura 6B es otro diagrama esquemático de un aparato configurado para realizar la modulación de la frecuencia en ondas electromagnéticas suministradas a la zona de aplicación de energía;
- 25 La Figura 6C es un diagrama esquemático de un aparato configurado para realizar la modulación de fase en ondas electromagnéticas suministradas a una zona de aplicación de energía;
- La Figura 6D es un diagrama esquemático de un aparato configurado para realizar la modulación de la amplitud en ondas electromagnéticas suministradas a una zona de aplicación de la energía;
- La Figura 6E es otro diagrama esquemático de un aparato configurado para realizar una modulación de amplitud en ondas electromagnéticas suministradas a una zona de aplicación de energía;
- 30 La Figura 7 ilustra un ejemplo de un perfil de pérdida;
- Las Figuras 8A-8C ilustran ejemplos de estrategias de discretización de las zonas de aplicación de energía;
- La Figura 9A es un diagrama de flujo de ejemplos de etapas de creación de un perfil de pérdida;
- La Figura 9B es un diagrama de flujo de un ejemplo de un método para aplicar energías especificadas a regiones especificadas de la zona de aplicación de energía;
- 35 La Figura 9C muestra un diagrama de bloques simplificado de un procesador configurado para regular una fuente de energía electromagnética para suministrar energía a una zona de aplicación de energía;
- La Figura 10 es un diagrama de flujo de un ejemplo de un método para aplicar energía electromagnética a la zona de aplicación de la energía;
- Las Figuras 11A-11C ilustran ejemplo de estrategias de colocación/selección de la antena en una cavidad degenerada;
- 40 Las Figuras 12A y 12B muestran ejemplos de curvas normalizadas de magnitud de campo electromagnético;
- La Figura 13 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de un método para aplicar energía electromagnética a una zona de aplicación de energía;
- Las Figuras 14A-14D ilustran cavidades degeneradas;

La Figura 15 muestra otro diagrama de flujo de un ejemplo de un método para aplicar energía electromagnética a una zona de aplicación de energía; y

La Figura 16 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de un método para excitar una distribución de intensidad de campo electromagnético objetivo en una zona de aplicación de energía.

5

Descripción de ejemplos de formas de realización

10 A continuación se hará referencia en forma detallada, a ejemplos de formas de realización de la divulgación, los cuales se ilustran en los dibujos acompañantes. Cuando sea adecuado, se usan los mismos números de referencia a través de todos los dibujos para referirse a las mismas partes o partes similares.

15 En un aspecto, algunas formas de realización de la divulgación pueden involucrar aparatos y métodos para aplicar energía electromagnética a un objeto en una zona de aplicación de energía. Como se utiliza aquí, el término "aparato", en su sentido más amplio, puede incluir cualquier componente o grupo de componentes descritos aquí. Por ejemplo, un "aparato", como se utiliza aquí en términos amplios, puede referirse únicamente a un procesador, tal como un procesador 30, según se ilustra, por ejemplo, en la Figura 1. Alternativa, un "aparato" puede incluir una combinación de un procesador y uno o más elementos radiantes; un procesador, una cavidad y uno o más elementos radiantes; un procesador y una fuente de energía electromagnética; un procesador, una cavidad, uno o más elementos radiantes y una fuente de energía electromagnética; o cualquier otra combinación de componentes descrita aquí.

20 El término energía electromagnética, como se utiliza aquí, incluye cualquiera o todas las porciones del espectro electromagnético, incluyendo, pero sin limitarse a, radiofrecuencia (RF), infrarrojo (IR), infrarrojo cercano, luz visible, ultravioleta, etc. En algunos casos, la energía electromagnética aplicada puede incluir energía RF con una longitud de onda de 100 km a 1 mm, que es una frecuencia de 3 kHz a 300 GHz, respectivamente. En algunos casos, se puede aplicar energía de RF dentro de un intervalo de frecuencias más estrecho, por ejemplo, 1 MHz-100 GHz. La energía de microondas y de frecuencia ultra altas (UHF), por ejemplo, están ambas en el intervalo de RF. Aunque los ejemplos de la divulgación se describen aquí en relación con la aplicación de energía de RF, se proporcionan estas descripciones para ilustrar unos pocos principios que sirven como ejemplo y no pretenden limitar la invención a ninguna parte particular del espectro electromagnético.

25 En forma similar, para propósitos de ejemplo, esta divulgación contiene una cantidad de ejemplos de energía electromagnética usada para calentamiento. Nuevamente, se proporcionan estas descripciones para ilustrar principios que sirven como ejemplo de la divulgación. Las realizaciones divulgadas, como se describen y se reivindican, pueden proporcionar un beneficio para diferentes productos y procesos industriales, comerciales y de consumo que involucran la aplicación de energía, independientemente de si la aplicación de energía genera un aumento de temperatura. Las personas ordinariamente capacitadas en la técnica se darán cuenta que los principios básicos de la invención de aplicación de energía, discutidos aquí, pueden ser aplicados para una diversidad de propósitos diferentes al calentamiento o que incluyen calentamiento. Por ejemplo, también se puede aplicar la energía electromagnética a un objeto para calentamiento, combustión, deshielo, descongelación, cocción, secado, reacciones de aceleración, expansión, evaporación, fusión, causando o alterando procesos biológicos, tratamientos médicos, prevención de congelación o enfriamiento, manteniendo el objeto dentro de un intervalo de temperatura deseado o cualquier otra aplicación donde sea deseable aplicar energía.

35 Además, la referencia a un "objeto" (también conocido como una "carga") al cual se le aplica energía electromagnética, no está limitado a una forma particular. Un "objeto" puede incluir un líquido, sólido, o gas, dependiendo del proceso particular con el cual se utiliza la realización y el objeto puede incluir compuestos o mezclas de materia en una o más fases diferentes. Además, aunque el término "objeto" está en singular, puede referirse a múltiples artículos o partes o piezas sueltas o componentes. Por lo tanto, en forma de ejemplo no limitante, el término "objeto" puede abarcar materias tales como alimentos que van a ser descongelados o cocidos; ropa u otros materiales que van a ser secados; un material congelado (ejemplo, órganos) que van a ser descongelados; productos químicos que van a reaccionar; combustible u otros materiales combustibles que van a ser utilizados en combustión, material hidratado que va a ser deshidratado, gases que van a expandirse, líquidos que van a ser descongelados, calentados, hervidos o vaporizados, sangre o componentes de la sangre (por ejemplo, plasma sanguíneo o glóbulos rojos) que van a ser descongelados y/o calentados, materiales que van a ser fabricados, componentes que van a ser conectados o cualquier otro material para el cual existe el deseo de aplicarle, incluso nominalmente, energía electromagnética.

40 De acuerdo con algunas realizaciones, un aparato o método puede involucrar el uso de una "zona de aplicación de energía". Una zona de aplicación de energía puede estar en cualquier sitio, región, hueco o área donde se pueda aplicar energía electromagnética. Puede incluir, una cavidad y/o puede estar relleno total o parcialmente con líquidos, sólidos, gases o combinaciones de los mismos. A manera de ejemplo únicamente, una zona de aplicación de energía puede incluir el interior de un recinto, el interior de un recinto parcial (por ejemplo, horno de cinta transportadora), el interior de un conducto, un espacio abierto, un sólido o un sólido parcial, que permita la existencia, propagación y/o resonancia de las ondas electromagnéticas. La zona puede ser permanente o puede ser constituida en forma temporal para propósitos

60

de aplicación de la energía. Para facilidad de exposición, tales zonas de aplicación de energía pueden ser denominadas alternativamente como cavidades, entendiéndose que el término “cavidad” no implica una estructura física particular diferente a un área en la cual se puede aplicar la energía electromagnética. Las personas ordinariamente capacitadas en la técnica se darán cuenta que los principios básicos de la invención de aplicación de energía, discutidos aquí, pueden ser aplicados a través de diferentes formas de zonas de aplicación de energía.

La zona de aplicación de energía puede estar localizada en una cocina, cámara, tanque, secador, descongelador, deshidratador, horno, cabina, reactor, motor, aparato de procesamiento químico o biológico, incinerador, aparato de formación o conformación de materiales, transportador, zona de combustión o cualquier área donde pueda ser deseable la aplicación de energía. Por lo tanto, en forma consistente con algunas realizaciones, la zona de aplicación de energía electromagnética puede ser un resonador electromagnético (también conocido como resonador de cavidad, cavidad de resonancia o simplemente “cavidad” en forma abreviada). La energía electromagnética también se puede aplicar a un objeto cuando el objeto o una parte del mismo está localizado en la zona de aplicación de energía.

Una zona de aplicación de energía puede tener una forma predeterminada o bien que pueda ser determinada, con tal de que los aspectos físicos de su forma sean conocidos al momento de la aplicar la energía.

La zona de aplicación de energía puede asumir cualquier forma que permita las propagaciones de ondas electromagnéticas dentro de la zona de aplicación de energía. Por ejemplo, todo o parte de la zona de aplicación de energía puede tener un corte transversal que sea esférico, hemisférico, rectangular, toroidal, circular, triangular, ovalado, pentagonal, hexagonal, octogonal, elíptico o cualquier otra forma o combinación de formas. También se contempla que la zona de aplicación de energía pueda ser cerrada, por ejemplo, completamente encerrada por materiales conductores, delimitada al menos parcialmente o abierta, es decir que tenga aberturas no delimitadas. La metodología general de la invención no está limitada a ninguna forma particular de cavidad, configuración o grado de cierre de la zona de aplicación de energía, aunque, en algunas aplicaciones, se puede preferir un alto grado de cerramiento.

A manera de ejemplo, una zona de aplicación de energía, tal como una cavidad 20, es ilustrada esquemática en la Figura 1, donde el objeto 50 esta posicionado en la cavidad 20. Se entiende que el objeto 50 no necesita estar completamente localizado en la zona de aplicación de energía. Es decir, se considera que el objeto 50 está “en” la zona de aplicación de energía si al menos una parte del objeto está localizado en la zona.

De acuerdo con algunas realización, la zona de aplicación de energía puede soportar al menos una longitud de onda resonante (por ejemplo, ondas electromagnéticas de al menos una longitud de onda pueden resonar en la zona de aplicación de la energía). Por ejemplo, la cavidad 20 puede ser diseñada con dimensiones que le permitan ser resonante en un intervalo predeterminado de frecuencias (por ejemplo, el intervalo de frecuencias de UHF o microondas, por ejemplo, entre 300 MHz y 3 GHz o entre 100 MHz y 1 GHz). Dependiendo de la aplicación prevista, las dimensiones de la cavidad 20 también pueden ser diseñadas para permitir resonancias en otros intervalos de frecuencias en el espectro electromagnético. El término “resonante” o “resonancia” se refiere a la tendencia de las ondas electromagnéticas a oscilar en la zona de aplicación de energía a amplitudes más grandes a algunas frecuencias (conocidas como “frecuencias de resonancia”) que a otras. Las ondas electromagnéticas que resuenan a una frecuencia de resonancia particular pueden tener una “longitud de onda de resonancia” correspondiente que sea inversamente proporcional a la frecuencia de resonancia, determinada a través de $\lambda=c/f$, en donde λ es la longitud de onda de resonancia, f es la frecuencia de resonancia y c es la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en la zona de aplicación de energía. La velocidad de propagación puede cambiar dependiendo del medio a través del cual se propaga la onda. Por lo tanto, cuando la zona de aplicación de la energía comprende más de un material, c puede no estar definida en forma única. Sin embargo, la longitud de onda de resonancia puede ser determinada, en forma única, utilizando una relación ligeramente diferente, que incluye, por ejemplo, el uso de una estimación basada en c del componente principal o promedio de la c de componentes misceláneos o cualquier otra técnica conocida en el arte.

Entre las longitudes de onda resonantes que están soportadas por la zona de aplicación de energía, puede existir una mayor longitud de onda resonante. La longitud de onda resonante más larga puede ser determinada únicamente por la geometría de la zona de aplicación de energía. En algunas realizaciones, la longitud de onda resonante más larga de cualquier zona dada de aplicación de energía puede ser determinada o estimada experimentalmente, como se conoce en la técnica, en forma matemáticos y/o por simulación. A manera de ejemplo, la Figura 2A ilustra una cavidad 20 rectangular de dimensiones longitud a , ancho b y alto c . La cavidad 20 puede soportar una pluralidad de longitudes de onda resonantes la longitud de onda resonante más larga de las cuales puede ser denominada λ_0 . Si $a>b>c$, entonces

la longitud de onda resonante más larga λ_0 está dada por $\frac{2ab}{\sqrt{a^2+b^2}}$. A manera de otro ejemplo, si la zona de aplicación de energía es un cubo de dimensiones $a \times a \times a$, entonces la longitud de onda resonante más larga está dada por $\sqrt{2}a$. En aún otro ejemplo, como se muestra en la Figura 2B, la zona de aplicación de energía puede ser un cilindro de radio a y

longitud d . En este caso, la longitud de onda resonante más larga está dada por $\frac{2\pi a}{2.405}$ si $2a>d$ y $\frac{2\pi a}{\sqrt{1.841^2+(\frac{\pi a}{d})^2}}$ si $2a<d$. En otro ejemplo, si la zona de aplicación de energía es una esfera de radio a , entonces la longitud de onda resonante más larga está dada por $\frac{2\pi a}{2.744}$.

De acuerdo con algunas realizaciones, un aparato o método puede involucrar el uso de una fuente de energía electromagnética, también denominada aquí en forma corta como una “fuente”, configurada para suministrar energía electromagnética a una zona de aplicación de energía. Una “fuente” puede incluir cualquier componente(s) que sean adecuados para generar y suministrar energía electromagnética, por ejemplo, una fuente(s) de poder, una guía(s) de ondas y/o elemento(s) radiantes. En forma consistente con algunas realizaciones, la energía electromagnética puede ser suministrada a la zona de aplicación de energía en la forma de ondas de propagación electromagnéticas a longitudes de onda o frecuencias predeterminadas (también conocida como radiación electromagnética). Como se utiliza aquí, las “ondas de propagación electromagnéticas” pueden incluir ondas resonantes, ondas evanescentes y ondas que viajan a través de un medio en cualquier otra forma. La radiación electromagnética transporta energía que puede ser impartida a (o disipada en) la materia con la cual interactúa.

A manera de ejemplo, en la realización ilustrada en la Figura 1, la fuente puede incluir una o más de una fuente 12 de alimentación y elementos 18 radiantes. Por simplicidad de los dibujos, la fuente no aparece explícitamente en la Figura. La fuente 12 de alimentación puede estar configurada para generar ondas electromagnéticas que transportan energía electromagnética. Por ejemplo, la fuente 12 de alimentación puede incluir componentes de generación de energía electromagnética, por ejemplo, un magnetrón configurado para generar ondas de microonda de alta potencia a una longitud de onda o frecuencia predeterminada. Alternativa o adicionalmente, una fuente 12 de alimentación puede incluir un oscilador semiconductor, tal como un oscilador controlado por voltaje, configurada para generar formas de onda AC (por ejemplo, voltaje o corriente AC) con una frecuencia controlable. Las formas de onda AC pueden incluir ondas sinusoidales, ondas cuadradas, ondas pulsadas, ondas triangulares, u otro tipo de formas de onda, posiblemente con polaridades alternantes. Alternativa o adicionalmente, una fuente de energía electromagnética puede incluir cualquier otra fuente de alimentación, tal como un generador de campo electromagnético, generador de flujo electromagnético o cualquier mecanismo para generación de electrones en vibración.

En algunas realizaciones, el aparato puede incluir al menos un modulador 14 configurado para modificar uno o más parámetros característicos de las ondas electromagnéticas generadas por una fuente 12 de alimentación, en una manera controlada. El modulador puede o no ser parte de la fuente. Por ejemplo, un modulador 14 puede ser configurado para modificar uno o más parámetros de una forma de onda periódica, incluyendo amplitud (por ejemplo, una diferencia de amplitud entre diferentes ondas que son suministradas simultáneamente por diferentes elementos radiantes), fase, y frecuencia.

En algunas realizaciones, el modulador 14 puede incluir al menos uno entre un modulador de fase, un modulador de frecuencia y un modulador de amplitud configurado para modificar la fase, frecuencia, y amplitud de la forma de onda AC, respectivamente. En algunas realizaciones, el modulador 14 puede estar integrado como parte de la fuente 12 de alimentación o la fuente, de tal manera que las formas de onda AC generadas por la fuente 12 de alimentación puedan tener al menos una entre una frecuencia variable, una fase variable, y una amplitud variable en el transcurso del tiempo.

El aparato también puede incluir un amplificador 16 para amplificar, por ejemplo, la forma de onda AC antes o después de ser modificadas por el modulador 14. El amplificador puede ser o no ser parte de la fuente. El amplificador 16 puede ser, por ejemplo, un amplificador de potencia que incluye uno o más transistores de potencia. Como otro ejemplo, un amplificador 16 puede ser un transformador elevador que tiene más vueltas en el devanado secundario que en el devanado primario. En otras realizaciones, un amplificador 16 puede ser también un dispositivo electrónico de potencia, tal como un convertidor de AC en DC en AC. Alternativa o adicionalmente, un amplificador 16 puede incluir cualesquier otros dispositivo(s) o circuito(s) configurado(s) para escalar una señal de entrada hasta un nivel deseado.

El aparato también puede incluir al menos un elemento 18 radiante configurado para transmitir la energía electromagnética al objeto 50. El elemento radiante puede o no ser parte de la fuente. El elemento 18 radiante puede incluir una o más guías de onda y/o una o más antenas (también conocidas como alimentadores de potencia) para suministrar energía electromagnética al objeto 50. Por ejemplo, el elemento 18 radiante puede incluir antenas de ranura. Adicional o alternativamente, el elemento 18 radiante también puede incluir guías de onda o antenas de cualquier otra clase o forma, o cualquier otra estructura adecuada a partir de la que se pueda emitir la energía electromagnética.

La fuente 12 de alimentación, el modulador 14, el amplificador 16 y los elementos 18 radiantes (o porciones de los mismos) pueden ser componentes separados. Alternativamente, cualquier combinación de uno o más de estos elementos puede ser integrada como un componente individual. La fuente 12 de alimentación, el modulador 14, el amplificador 16 y el elemento 18 radiante (o porciones de los mismos) pueden ser partes de la fuente. Por ejemplo, un magnetrón puede ser utilizado como fuente 12 de alimentación para generar energía electromagnética y una guía de ondas puede estar unida físicamente al magnetrón para transmitir la energía al objeto 50. Alternativa o adicionalmente, el elemento radiante puede estar separado del magnetrón. En forma similar, otros tipos de generadores electromagnéticos pueden ser usados en los que el elemento radiante puede estar, por ejemplo, ya sea separado físicamente de o ser parte del generador o bien estar conectado al generador.

En algunas realizaciones, se puede proporcionar más de un elemento radiante. Los elementos radiantes pueden estar localizados en una o más superficies que definen la zona de aplicación de energía. Alternativamente, los elementos radiantes pueden estar localizados dentro y/o fuera de la zona de aplicación de energía. Cuando los elementos radiantes estén localizados fuera de la zona, pueden estar acoplados a elementos que permitirían que la energía

radiada alcance la zona de aplicación de energía. Los elementos para permitir que la energía radiada alcancen la zona de aplicación de energía pueden incluir, por ejemplo, guías y/o antenas de onda. La orientación y configuración de cada elemento radiante pueden ser distintas o pueden ser iguales, según se requiera para obtener una distribución de deseada de energía (que también puede denominarse como un objetivo de aplicación de energía) en la zona de aplicación de la energía. Como se utiliza aquí, un objetivo para aplicación de energía puede incluir cualquier distribución espacial deseada de energía, y/o cualquier acumulación espacial deseada de energía en el tiempo. El objetivo de aplicación de la energía se puede definir con respecto a un objeto o más generalmente con respecto a un espacio asociado con una zona de aplicación de energía. Además, la localización, orientación y configuración de cada elemento radiante puede determinarse antes de la aplicación de energía al objeto 50, o ajustada dinámicamente, usando un procesador mientras se aplica la energía. Las realizaciones de la presente divulgación no se limitan a elementos radiantes que tienen estructuras particulares o que están localizadas necesariamente en áreas o regiones particulares. En algunas realizaciones, sin embargo, los elementos radiantes pueden ser colocados en ciertos lugares y/o las amplitudes de las ondas emitidas a partir de diferentes elementos radiantes se pueden seleccionar de acuerdo a su localización, orientación y/o configuración. Se observa que los términos “región” y “área” se usan aquí de forma intercambiable, para referirse a cualquier extensión particular de espacio o área superficial.

Además de la energía electromagnética radiante, uno o más elementos 18 radiantes también pueden estar configurados para recibir energía electromagnética. N otras palabras, como se utiliza aquí el término “elemento radiante” se refiere en forma amplios, a cualquier estructura a partir de la cual puede ser radiada la energía electromagnética y/o por medio del cual se puede recibir energía electromagnética, independientemente de si la estructura fue diseñada originalmente con el propósito de radiar o recibir energía e independientemente de si la estructura cumple con cualquier función adicional. De este modo, un aparato o método de acuerdo con algunas realizaciones, pueden involucrar el uso de uno o más detectores configurados para detectar señales asociadas con ondas electromagnéticas recibidas por los uno o más elementos radiantes. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 1, un detector 40 puede estar acoplado a los elementos 18 radiantes que, cuando funcionan como receptores, reciben ondas electromagnéticas desde la cavidad 20.

Como se utiliza aquí, el término “detector” puede incluir un circuito eléctrico que mide o detecta uno o más parámetros asociados con ondas electromagnéticas. Por ejemplo, tal detector puede incluir un medidor de potencia configurado para detectar un nivel de la potencia asociada con la onda electromagnética incidente, reflejada y/o transmitida (también conocida como “potencia incidente”, “potencia reflejada” y “potencia transmitida”, respectivamente), un detector de amplitud configurado para detectar la amplitud de la onda, un detector de fase configurado para detectar la fase de la onda (por ejemplo, diferencia de fase entre ondas simultáneamente emitidas por dos elementos radiantes u otras diferencias de fase), un detector de frecuencia configurado para detectar la frecuencia de la onda y/o cualquier otro circuito adecuado para detectar una característica de una onda electromagnética.

Una potencia incidente puede ser suministrada a un elemento radiante que actúa como un transmisor para la fuente y luego, emitida en o aplicada a la zona 20 de aplicación de energía por el transmisor. De la potencia incidente, una parte puede ser disipada o absorbida por el objeto (denominada aquí como “potencia disipada”). Otra parte puede ser reflejada en el elemento radiante (denominada aquí como “potencia reflejada”). La potencia reflejada puede incluir, por ejemplo, la potencia reflejada nuevamente hacia el elemento radiante a través del objeto y/o la zona de aplicación de energía. La potencia reflejada también puede incluir la potencia retenida por el puerto del elemento radiante (es decir, la potencia que es emitida por la antena, pero que no fluye dentro de la zona). El resto de la potencia incidente, diferente de la potencia reflejada y de la potencia disipada, puede ser transmitida a uno o más elementos radiantes que actúan como receptores (denominada aquí como “potencia transmitida”). La energía también puede escaparse hacia otros lugares, tal como dentro de las paredes de la cavidad, a través de la puerta, etc. Por simplicidad, estas porciones de la energía no son discutidas aquí. En algunas realizaciones, se estima que estas porciones de energía son sustancialmente bajas y pueden ser despreciables.

En algunas realizaciones, el detector puede incluir un acoplador direccional, configurado para permitir que las señales fluyan desde el amplificador hasta los elementos radiantes en donde los elementos radiantes actúan como transmisores (por ejemplo, cuando los elementos radiantes irradian energía), y para permitir que las señales fluyan desde los elementos radiantes hasta el detector cuando los elementos radiantes actúan como receptores (por ejemplo, cuando el elemento radiante recibe energía). Adicional o alternativamente, el acoplador direccional puede estar configurado adicionalmente, para medir la potencia de una señal circulante. En algunas realizaciones, el detector puede incluir también otros tipos de circuitos que miden el voltaje y/o la corriente en los puertos, por ejemplo, un circulador.

De acuerdo con algunas realizaciones, la fuente puede estar configurada para entregar (suministrar) energía electromagnética a una longitud de onda predeterminada (denotada como λ_1) al objeto en la zona de aplicación de energía, en donde la longitud de onda predeterminada es mayor que aproximadamente un cuarto de la longitud de onda resonante más larga soportada por la zona de aplicación de energía (denotada como λ_0). Esta relación entre la longitud de onda resonante más larga y la longitud de onda de la energía electromagnética suministrada puede denominarse como la “condición modal”. En algunas realizaciones, la fuente puede estar configurada para suministrar energía electromagnética a la cavidad 20 a un conjunto de longitudes de onda predeterminadas, entre las cuales λ_0 es la longitud de onda más larga. La condición modal se puede caracterizar como $\lambda_1 \geq \lambda_0/4$. En otras realizaciones, se puede aplicar una relación diferente entre la longitud de onda de la energía electromagnética aplicada, suministrada por la fuente, y la longitud de onda resonante más larga soportada por la zona de aplicación de energía, con el fin de

satisfacer la condición modal. En algunas realizaciones, por ejemplo, la condición modal puede ser satisfecha cuando los modos de orden bajo se excitan, por ejemplo, $m \times n$ está por debajo de 30, 40 o 50 (en donde m y n son números enteros que representan el número de modo en diferentes ejes, por ejemplo, x y y). La fuente no está necesariamente limitada a configuraciones que suministran energía electromagnética a una longitud de onda única predeterminada. Opcionalmente, la fuente puede estar configurada para suministrar energía electromagnética a la cavidad 20 a un conjunto de longitudes de onda que pueden, por ejemplo, estar determinadas antes de iniciar la aplicación de energía. Cuando la fuente suministra energía a la cavidad a diferentes frecuencias, la longitud de onda más larga entre las diferentes frecuencias puede ser denominada como λ_1 , y la condición modal puede caracterizarse como $\lambda_1 \geq \lambda_0/4$. En algunas realizaciones, λ_1 puede tener también un límite superior, por ejemplo, puede ser más pequeño o igual a λ_0 .

Alternativamente, la condición modal puede ser expresada en términos de frecuencia ya que existe una relación entre las longitudes de onda λ_1 y λ_0 y sus correspondientes frecuencias f_1 y f_0 , de tal manera que $f_1 = c/\lambda_1$ y $f_0 = c/\lambda_0$. Ya que λ_0 es la longitud de onda resonante más larga que puede excitar un modo en la zona de aplicación de energía, su correspondiente frecuencia f_0 es la frecuencia de resonancia más baja. En algunas realizaciones, la longitud de onda resonante más larga puede ser conocida por anticipado (por ejemplo, programada en el procesador). Por lo tanto, la condición modal puede ser expresada como $f_1 \leq 4f_0$, es decir, la energía electromagnética puede ser aplicada a una frecuencia predeterminada que es menor a aproximadamente cuatro veces la frecuencia de resonancia más baja en la zona de aplicación de la energía.

Además, ya que la longitud de onda resonante más larga λ_0 tiene una relación única con las dimensiones de la zona de aplicación de energía, la condición modal también puede ser expresada como una relación entre la(s) dimensión(es) de la zona de aplicación de energía y la longitud de onda aplicada λ_1 . Por ejemplo, para la cavidad 20 rectangular que tiene longitud, ancho y alto, a , b y c respectivamente, y en donde $a > b > c$ (mostrada, por ejemplo, en la Figura 2), la condición

modal puede ser expresada como $\lambda_1 \geq \frac{ab}{2\sqrt{a^2+b^2}}$. Como otro ejemplo, para una cavidad cúbica que tiene dimensiones a

$x \times x \times a$, la condición modal puede ser expresada como $\lambda_1 \geq \frac{\sqrt{2}a}{4}$. Como otro ejemplo, para la cavidad esférica que tiene

radio a , la condición modal puede ser expresada como $\lambda_1 \geq \frac{\pi a}{3.733}$. Un aparato que opera a longitudes de onda que, junto con las dimensiones de la cavidad, satisface una "condición modal" se denomina aquí como un "aparato modal" y su cavidad se denomina aquí como una "cavidad modal". En algunas realizaciones, un aparato modal se configura para operar únicamente en un intervalo de longitudes de onda que satisface la condición modal de su cavidad. En algunas realizaciones el aparato puede estar configurado para operar tanto en longitudes de onda que satisfacen la condición modal, como en longitudes de onda que no satisfacen esta condición. La referencia a dicho aparato como un aparato modal o no modal depende de la longitud de onda a la cual se opera.

En algunas realizaciones, la cavidad 20 puede ser degenerada. La zona 20 de aplicación de la energía puede ser configurada en una forma degenerada, tal como aquellas formas ilustradas en las Figuras 14A-14D. La forma degenerada, como se describe más adelante con más detalle, puede ser usada para permitir excitar múltiples modos resonantes usando una frecuencia única. Es decir, una frecuencia de radiación electromagnética emitida por la fuente puede ser mantenida constante, e incluso pueden ser excitados dos o más modos resonancia distintos. En algunas realizaciones, se puede controlar la aplicación de energía, por ejemplo, mediante un procesador 30, para excitar únicamente uno de los dos o más modos que pueden ser excitados a la misma frecuencia. Esto puede ser hecho, por ejemplo, posicionando los elementos radiantes para excitar y/o rechazar ciertos modos, como se describe con mayor detalle más adelante.

Conceptualmente, el resultado de dicho control se ejemplifica en las Figuras 3A y 3B. La Figura 3A conceptualiza un modo resonante (TE_{104}) logrado utilizando una frecuencia predeterminada, mientras que la Figura 3B conceptualiza un segundo modo de resonancia distinto (TE_{401}) logrado utilizando la misma frecuencia predeterminada. Las Figuras 3A y 3B ilustran las intensidades de campos de TE_{104} y TE_{401} , respectivamente. En el ejemplo de las Figuras 3A y 3B, mientras la frecuencia se mantenía constante, se varió otra variable (por ejemplo, la fase, la amplitud relativa o la posición del elemento radiante que emite la energía) con el fin de lograr el segundo modo.

Debido a que los modos exhiben áreas predecibles de intensidad de energía, la capacidad para generar y controlar los modos permite el control de la energía aplicada en la zona de aplicación de energía.

En algunas realizaciones, los modos de las Figuras 3A y 3B pueden ser aplicados simultáneamente, en cuyo caso las áreas punteadas (que ilustran regiones de energía mayores, que también se pueden denominar como "puntos calientes") pueden ser obtenidos en un ángulo diferente con respecto al eje x . Por ejemplo, cuando se aplican los dos modos a amplitudes iguales, se puede obtener un patrón de campo "diagonal", como se ilustra en la Figura 3C. El patrón de campo "diagonal" es una combinación lineal de los dos modos TE_{104} y TE_{401} . Por lo tanto, si el patrón de campo eléctrico mostrado en la Figura 3A se denomina como E_{3A} y el patrón de campo eléctrico mostrado en la Figura 3B se denomina como E_{3B} , y el patrón de campo eléctrico ilustrado en la Figura 3C se denomina como E_{3C} , entonces $E_{3C} = 1/2 E_{3A} + 1/2 E_{3B}$. Es decir, E_{3C} puede ser obtenido mediante la suma de E_{3A} y E_{3B} con ponderación iguales. La Figura 3C ilustra las intensidades de campo de E_{3C} . Si las ponderaciones son diferentes, el ángulo también puede ser diferente. Si las ponderaciones varían con el tiempo en una forma apropiada, el patrón de campo puede rotar en la zona

de aplicación de energía. Por ejemplo, si E_{3C} cambia en el tiempo, de acuerdo con la ecuación $E_{3C} = \sin(\omega t) E_{3A} + \cos(\omega t) E_{3B}$, el campo rota con una frecuencia angular constante de ω vueltas por segundo. Tal rotación del patrón de campo puede ser útil para lograr un calentamiento promedio en el tiempo más uniforme en la zona de aplicación de energía que aquella que puede ser lograda usando una combinación que es constante en el tiempo. El reemplazo de las ponderaciones de $\sin(\omega t)$ y $\cos(\omega t)$ con constantes, que no varían en el tiempo, puede congelar el patrón de campo para lograr una falta de uniformidad deseada, por ejemplo, de la clase ilustrada en la Figura 3C.

Por su propia naturaleza, un campo electromagnético tiende a distribuirse en un patrón de campo no uniforme en la zona de aplicación de la energía. Es decir, una distribución espacial de la intensidad del campo eléctrico en la zona de aplicación de la energía, puede ser no uniforme. Un patrón de campo puede ser sustancialmente estable en el espacio con el transcurso del tiempo, o variar espacialmente en una forma conocida a través del tiempo. Un patrón de campo puede dar lugar a zonas con una amplitud relativamente alta de intensidad de campo eléctrico (correspondiente a máximos o mínimos en la amplitud de campo) que se denominan aquí como "puntos calientes". Ejemplos de puntos calientes se ilustran mediante las regiones sombreadas en las Figuras 4A-4B. Un patrón de campo puede dar lugar también a zonas con una amplitud relativamente baja de intensidad de campo eléctrico (por ejemplo, valores de cero o próximos a cero), denominados aquí como "puntos fríos". Ejemplos de puntos fríos se ilustran mediante las zonas no sombreadas en las Figuras 4A-4B. Debe observarse también que aunque las Figuras 4A-4B ilustran de forma diagramática puntos calientes, que tienen un contorno claro y definido, en realidad la intensidad cambia en una forma más gradual entre puntos calientes y puntos fríos. El patrón de campo mismo puede ser una función de muchos factores (como se discute más adelante), incluyendo las características y dimensiones físicas de la zona de aplicación de la energía. La amplitud relativamente alta de la intensidad de campo eléctrico puede ser más alta que un primer umbral y la amplitud relativamente baja de la intensidad de campo eléctrico puede ser más baja que un segundo umbral. El segundo umbral puede ser igual o diferente del primer umbral. En algunas realizaciones, los umbrales se pueden predeterminar de modo que la intensidad de campo más baja que el umbral no pueda transferir efectivamente energía al objeto. Conviene señalar, sin embargo, que la transferencia de energía al objeto puede producirse en todas las regiones del objeto que coinciden con las regiones del patrón de campo, en donde el patrón de campo tiene una intensidad de campo diferente de cero y no está necesariamente limitada a zonas que coinciden con los puntos calientes. La medida en la que el objeto puede calentarse puede depender, entre otras cosas, de la intensidad del campo al que se expone el objeto y la duración de la exposición. Por ejemplo, el segundo umbral se puede seleccionar como próximo al valor mínimo de la intensidad del campo. Tal como aquí se utiliza, el término "amplitud" es intercambiable con "magnitud".

En la zona de aplicación de la energía, una región particular puede ser cubierta por la amplitud relativamente alta de la intensidad del campo eléctrico (puntos calientes) de algunos patrones de campo y la amplitud relativamente baja de la intensidad del campo eléctrico (puntos fríos) de algunos otros patrones de campo. Los patrones de campo se pueden escoger selectivamente, para dirigir la aplicación o el suministro de energía a regiones seleccionadas de la zona de aplicación de la energía. Las aplicaciones de energía a cualquiera de las dos regiones en un volumen de trabajo pueden diferenciarse entre sí debido a las distribuciones no uniformes de las intensidades de campo, alta y baja, en cada patrón de campo. Por lo tanto, de acuerdo con algunas formas de realización, la fuente puede configurarse para aplicar energía electromagnética de una forma que cause puntos fríos en áreas predeterminadas de la zona de aplicación de la energía, tal como se ilustra, por ejemplo, mediante las zonas no sombreadas en las Figuras 4A-4B.

En la cavidad 60 modal, como se ilustra en las Figuras 4A y 4B, pueden excitarse los patrones de campo de modo que cada uno tenga una pluralidad de áreas con grandes amplitudes de intensidad (puntos calientes) 62 y 64 (zonas sombreadas) y áreas con bajas amplitudes de intensidad (puntos fríos; zonas no sombreadas). Se pueden excitar una variedad de "modos" en una cavidad modal dada. Los modos son un conjunto de patrones de campo espaciales que son linealmente independientes entre sí y ortogonales entre sí. Tal como se menciona aquí, dos patrones de campo son ortogonales entre sí, si la integral del producto escalar de los dos campos asociados con los dos modos, a través de la zona de aplicación de la energía, es cero. Un modo o una combinación de modos (es decir, un patrón de campo general), puede ser de cualquier tipo conocido, incluyendo de propagación, evanescente y resonante. En algunas realizaciones, el patrón de campo excitado incluye una combinación de modos principalmente resonantes.

Cualquier patrón de campo que pueda excitarse en una zona de aplicación de energía, se puede representar matemáticamente como una combinación lineal de modos. Los modos pueden incluir un número infinito de modos evanescentes y un número finito de modos de propagación (algunos de los cuales pueden ser modos resonantes). En general, menos modos de propagación pueden excitarse en una cavidad modal que en una cavidad no modal. Dicho de otro modo, una cavidad modal puede soportar, en general, menos modos de propagación que una cavidad no modal. Nuevamente, algunos de los modos de propagación soportados pueden ser modos resonantes. Por su propia naturaleza, los modos evanescentes tienen un porcentaje muy pequeño de potencia (o energía) con respecto a la potencia total (o energía) utilizada para excitar el patrón de campo y la mayor parte de la potencia total (y energía) se transmite por modos de propagación.

En las Figuras 4A y 4B, si los objetos 66 y 68 se colocan en la zona 60 de aplicación de energía como se ilustra en los dibujos, con el deseo de aplicar energía solamente al objeto 66 y evitar la aplicación de energía al objeto 68, se puede escoger el patrón de campo de la Figura 4A. Alternativamente, si existe el deseo de aplicar energía al objeto 68 y evitar la aplicación de energía al objeto 66, se puede escoger el patrón de campo de la Figura 4B.

De este modo, en un sentido, algunos aspectos pueden implicar la elección intencional del patrón de campo (por ejemplo, la escogencia de MSE) con el fin de regular intencionadamente la amplitud de la intensidad del campo eléctrico aplicado a un área específica dentro de una zona de aplicación de la energía. Estas áreas pueden permitir la aplicación controlada de la energía porque, cuando se desea evitar la aplicación de energía a una parte de un objeto, esa parte se puede alinear con un área que tenga una amplitud relativamente baja de intensidad del campo eléctrico (puntos fríos). Alternativamente, el dispositivo puede ser operado para conseguir puntos fríos en la parte que sea menos calentada (por ejemplo, se puede excitar un campo electromagnético que tenga una amplitud relativamente baja de intensidad del campo eléctrico en la zona alineada con la parte). Por ejemplo, si se elige excitar el patrón de campo como se ilustra en la Figura 4A, se puede evitar calentar el objeto 68, mientras que se puede calentar el objeto 68 eligiendo excitar el patrón de campo como se ilustra en la Figura 4B. De este modo, cuando se desea aplicar energía a una parte de un objeto, dicha parte puede ser alineada con un área con una amplitud relativamente alta de intensidad del campo eléctrico.

Si un usuario desea aplicar doble cantidad de energía al objeto 66 que al objeto 68, se pueden usar los patrones de campos tanto de la Figura 4A como de la Figura 4B, aplicando los dos patrones con duraciones y potencias, de tal forma que el producto de la duración y de la potencia es dos veces mayor para el patrón ilustrado en la Figura 4A que para el patrón ilustrado en la Figura 4B. Por ejemplo, la duración para la cual se aplica el patrón ilustrado en la Figura 4A, puede ser el doble que aquel de la Figura 4B y los niveles de potencia pueden ser los mismos. En otro ejemplo, el modelo ilustrado en la Figura 4A se puede aplicar con el doble nivel de potencia para la misma cantidad de tiempo (suponiendo que los campos tienen intensidades similares en las dos áreas sombreadas que se superponen con los objetos 66 y 68). Si las intensidades de campo son diferentes en las áreas sombreadas, la diferencia en las intensidades se puede factorizar. La intensidad relativa y la duración para las que se aplican los campos electromagnéticos de los diferentes patrones se pueden controlar mediante la excitación simultánea o secuencial de los patrones de campo representados en la Figuras 4A y 4B.

Haciendo de nuevo referencia a la Figura 1, es un diagrama esquemático de un aparato para aplicar energía electromagnética a un objeto, de acuerdo con algunas formas de realización. El aparato representado en la Figura 1 puede configurarse para controlar la distribución e intensidad de la intensidad del campo electromagnético de gran amplitud (correspondiente a máximos y mínimos en el campo electromagnético - puntos calientes) y la intensidad del campo electromagnético de baja amplitud (puntos fríos) en la zona de aplicación de la energía; aplicando de este modo diferentes cantidades especificadas de energía a cualesquiera de las dos (o más) regiones dadas en una zona de aplicación de la energía. Tal control puede ser obtenido mediante la selección de "MSE" (como se describe más adelante). Las elecciones de la selección de MSE pueden impactar sobre cuanta energía se distribuye (por ejemplo, espacialmente distribuida) en regiones de la zona de aplicación de la energía. Cuando no se cumple la condición modal, puede ser más difícil conseguir una distribución de aplicación de la energía deseada mediante el control de MSE. Aunque la condición modal se puede utilizar en combinación con el control de MSE, la condición modal también puede proporcionar un beneficio aún cuando no se utilice con el control de MSE. Por el contrario, el control de MSE se puede aplicar incluso si no se cumple con la condición modal.

Según se indicó anteriormente, el término "espacio de modulación" o "MS" se utiliza para referirse colectivamente a todos los parámetros que puedan afectar a un patrón de campo en la zona de aplicación de la energía y todas sus combinaciones. En algunas realizaciones, el MS puede incluir todos los componentes posibles que puedan utilizarse y sus ajustes potenciales (ya sea absolutos o relativos con respecto a otros) y parámetros ajustables asociados con los componentes. Por ejemplo, el MS puede incluir una pluralidad de parámetros variables, el número de antenas, su posicionamiento y/o su orientación (si es modificable), el ancho de banda utilizable, un conjunto de todas las frecuencias utilizables y cualquiera de sus combinaciones, los ajustes de potencia, fases, etc. El MS puede tener cualquier número de posibles parámetros variables, que varían desde un parámetro (por ejemplo, un MS dimensional limitado a frecuencia únicamente o a fase únicamente, u otro parámetro único), a dos parámetros (por ejemplo, variando la tanto la frecuencia como la amplitud dentro del mismo MS), o más.

Ejemplos de MS relacionados con la zona de aplicación de la energía pueden incluir las dimensiones y la forma de la zona de aplicación de la energía y los materiales a partir de los que esta construida la zona de aplicación de la energía. Ejemplos de MSE relacionados con la fuente de energía pueden incluir amplitud, frecuencia y fase de la energía aplicada. Ejemplos de MSE relacionados con el elemento radiante pueden incluir el tipo, número, tamaño, forma, configuración, orientación y colocación de los elementos radiantes.

Cada parámetro variable asociado con el MS se denomina como una dimensión del MS. A modo de ejemplo, la Figura 5 ilustra un espacio 100 de modulación tridimensional, con tres dimensiones denominadas como frecuencia (F), fase (ϕ) y amplitud (A). Es decir, en MS 100, la frecuencia, la fase y la amplitud de las ondas electromagnéticas pueden ser moduladas durante la aplicación de la energía, mientras que todos los demás parámetros pueden determinarse y fijarse durante la aplicación de la energía. Un MS puede ser también de una sola dimensión en donde solamente se varía un parámetro durante la aplicación de la energía o cualquier otro espacio de más dimensiones en donde se varía más de un parámetro.

Como se indicó anteriormente, el término "elemento del espacio de modulación" o "MSE", puede referirse a un conjunto específico de valores de los parámetros variables en MS. Por lo tanto, el MS puede considerarse también como un

conjunto de todos los MSE posibles. Por ejemplo, dos MSE pueden diferir entre si en las amplitudes relativas de la energía que se suministra a una pluralidad de elementos radiantes. Por ejemplo, la Figura 5 ilustra un MSE 101 en el MS 100 tridimensional. MSE 101 tiene una frecuencia específica $F(i)$, una fase específica $\phi(i)$ y una amplitud específica $A(i)$. Si tan solo una de estas variables de MSE cambia, entonces el nuevo conjunto define otro MSE. Por ejemplo, (3 GHz, 30°, 12 V) y (3 GHz, 60°, 12 V) son dos MSE diferentes, aunque solamente cambie el componente de fase.

Diferentes combinaciones de estos parámetros de MS pueden dar lugar a diferentes patrones de campo a través de la zona de aplicación de la energía y diferentes patrones de distribución de la energía con respecto al objeto. Una pluralidad de MSE que pueden ejecutarse secuencialmente simultáneamente para excitar un patrón de campo particular, en la zona de aplicación de la energía, pueden denominarse colectivamente como un “esquema de suministro de energía”. Por ejemplo, un esquema de suministro de energía puede consistir en tres MSE ($F(1), \phi(1), A(1)$), ($F(2), \phi(2), A(2)$), ($F(3), \phi(3), A(3)$). Puesto que existe un número prácticamente infinito de MSE, existe un número prácticamente infinito de diferentes esquemas de suministro de la energía, que dan lugar a un número prácticamente infinito de diferentes patrones de campo en cualquier zona dada de aplicación de la energía (aunque diferentes MSE pueden causar a veces, patrones de campo muy similares o incluso idénticos). Por supuesto, el número de diferentes esquemas de suministro de energía puede ser, en parte, una función del número de MSE que estén disponibles. La presente divulgación en su sentido más amplio, no está limitada a ningún número particular de MSE o combinaciones de MSE. En cambio, el número de opciones que pueden emplearse podrían ser tan pocas como dos hasta tantas como desee el diseñador, dependiendo de factores tales como uso previsto, el nivel de control deseado, la resolución y el costo del equipo y del programa informático. Por ejemplo, la excitación de un mayor número de patrones de campo diferentes, que pueden permitir un diseño más sutil de un patrón de campo en la zona de aplicación de la energía, puede requerir de un mayor número de MSE. En tales casos, se pueden requerir al menos 3 MSE, por ejemplo, 3, 4 o 5 MSE. En algunas realizaciones, el número de MSE puede ser muy grande, pero solamente unos pocos se pueden utilizar para la función de excitación. Por ejemplo, 400 frecuencias diferentes pueden estar disponibles, de las que solamente cinco pueden utilizarse en un ciclo de aplicación de energía dado. Estas cinco frecuencias pueden, por ejemplo, ser MSE que causan la excitación de diferentes modos resonantes en la zona de aplicación de la energía.

Tal como se utiliza aquí, el término “ciclo de aplicación de energía” puede tener cualquier duración de tiempo que pueda ocurrir repetidamente durante un proceso de aplicación de energía, que puede ser el tiempo que transcurre desde el momento en que se inicia la aplicación de la energía hasta el momento en que finaliza, por ejemplo, desde la activación de la fuente de energía electromagnética hasta su desactivación. Por ejemplo, un ciclo de aplicación de la energía puede ser el tiempo durante el cual se aplica un MSE particular. En otro ejemplo, un ciclo de aplicación de la energía puede ser el tiempo cuando se aplica un grupo de MSE. En algunas realizaciones, un ciclo de aplicación de la energía puede iniciarse con el comienzo de un barrido de MSE y finalizar con la terminación del mismo barrido. En algunas realizaciones, un ciclo de aplicación de la energía puede ser la duración entre dos lecturas de retroalimentación desde la zona de aplicación de la energía, durante el cual se aplica la energía, de forma continua o no. En algunas realizaciones, el ciclo de aplicación de la energía puede tener una duración de menos de aproximadamente un minuto. En algunas realizaciones, el ciclo de aplicación de la energía puede tener una duración de menos de aproximadamente un segundo. Una duración del ciclo de aplicación de la energía puede seleccionarse dependiendo del esquema de suministro de energía deseado. Durante un ciclo de aplicación de la energía, el procesador puede modificar la potencia, el tiempo de aplicación o una combinación de los mismos con el fin de modificar la cantidad de energía aplicada a una región en la zona de aplicación de la energía. En otro ejemplo, el procesador puede modificar un conjunto de MSE con el fin de alterar la cantidad de energía aplicada a una región. En algunas realizaciones, al menos un procesador puede configurarse para aplicar energía a la zona de aplicación de la energía, una pluralidad de veces durante un ciclo de aplicación de energía. Por ejemplo, se pueden seleccionar múltiples MSE para aplicar energía a un grupo de regiones para lograr una cantidad predeterminada de suministro de energía durante un ciclo de aplicación de la energía. Los patrones de campo correspondientes a estos MSE se pueden superponer entre sí. En este caso, la región de superposición puede recibir múltiples aplicaciones de energía cuando se aplican múltiples MSE.

Un aparato o método de la invención puede implicar el uso de un procesador. Tal como se utiliza aquí, el término “procesador” puede incluir un circuito eléctrico que ejecuta una o más instrucciones. Por ejemplo, dicho procesador puede incluir uno o más circuitos integrados, microchips, microcontroladores, microprocesadores, todo o parte de una unidad central de procesamiento (CPU), una unidad de procesamiento de gráficos (GPU), procesadores de señales digitales (DSP), arreglo de compuertas lógicas programables (FPGA) u otro circuito adecuado para ejecutar instrucciones o para realizar operaciones lógicas.

Las instrucciones ejecutadas por el procesador pueden, por ejemplo, ser cargadas previamente en el procesador o pueden almacenarse en una unidad separada de memoria tal como una memoria RAM, una memoria ROM, un disco duro, un disco óptico, un medio magnético, una memoria instantánea, otra memoria permanente, fija o volátil o cualquier otro mecanismo capaz de proporcionar instrucciones al procesador. El(los) procesadores pueden personalizarse para un uso particular, o pueden configurarse para uso general y realizar diferentes funciones ejecutando diferentes instrucciones de programas informáticos.

Si se utiliza más de un procesador, todos pueden ser de construcción similar o pueden ser de diferentes construcciones eléctricamente conectadas o desconectadas entre si. Pueden ser circuitos separados o integrados en un circuito único. Cuando se utiliza más de un procesador, pueden configurarse para funcionar de forma independiente o colaborativa. Se

pueden acoplar por medios eléctricos, magnéticos, ópticos, acústicos, mecánicos, inalámbricos o en cualquier otra forma que permita al menos la comunicación de una señal entre ellos.

- 5 Puede proporcionarse un procesador único o múltiple con el único fin de regular la fuente de alimentación. Alternativamente, se puede suministrar un procesador único o múltiple con la función de regular la fuente de alimentación además de cumplir otras funciones. Por ejemplo, el(los) mismo(s) procesador(es) utilizado(s) para regular la fuente pueden integrarse también en un circuito de control que proporcione funciones de control adicionales a otros componentes diferentes a la fuente de alimentación.
- 10 De forma coherente con las formas de realización actualmente divulgadas, se puede configurar un procesador para aplicar una pluralidad de patrones de campos electromagnéticos al objeto en la zona de aplicación de la energía. El término "patrón de campo" puede referirse a la distribución espacial de la intensidad del campo eléctrico en la zona de aplicación de la energía. Un patrón de campo puede ser sustancialmente estable en el espacio a través del tiempo, o variar espacialmente en una forma conocida (o desconocida) en el curso del tiempo. El patrón en el que se distribuye la energía puede ser una función de las características físicas de la zona de aplicación de la energía, aspectos controlables de la fuente de energía y/o el tipo, configuración, orientación y colocación de los elementos radiantes. Además, el patrón en el que se distribuye la energía puede ser afectado por otras variables, tales como la presencia de estructuras que alteren el campo (por ejemplo, elementos de ajuste del campo, lentes dieléctricos y/o cargas). Un elemento de ajuste del campo puede ser cualquier elemento elaborado con un material que se sabe que perturba los campos electromagnéticos. Por ejemplo, un metal, otro conductor, un dieléctrico, una carga dieléctrica con metales, etc. En algunas realizaciones, el objeto puede funcionar como un elemento de ajuste del campo. Un elemento de ajuste del campo puede referirse también a cualquier elemento que pueda controlarse para afectar al campo excitado en la zona de aplicación de la energía (por ejemplo, en una forma que dirija de forma selectiva la energía electromagnética desde uno o más de los elementos radiantes hacia el objeto).
- 15 Para cualquier zona dada de aplicación de la energía, se puede lograr un conjunto de patrones de campo conocidos, por ejemplo, variando la frecuencia, la fase y/o la amplitud o una o más fuentes de energía; variando el tipo, la configuración, el número y/o la colocación de uno o más elementos radiantes; el ajuste de los FAE (elementos de ajuste del campo); ajuste de lentes dieléctricas; u otros medios.
- 20 De acuerdo con algunas formas de realización, se puede configurar al menos un procesador para regular la fuente de alimentación con el fin de aplicar una primera cantidad predeterminada de energía a una primera región y una segunda cantidad predeterminada de energía a una segunda región en la zona de aplicación de la energía. Las primera y segunda cantidades predeterminadas de energía pueden ser cualquier cantidad de energía diferente de cero. En algunas realizaciones, las primera y segunda cantidades predeterminadas de energía son mutuamente diferentes.
- 25 Aquí, y en cualquier otro lugar en la presente divulgación y reivindicaciones, cuando se configura un procesador para tomar una acción con el fin de conseguir una finalidad, la operación del procesador consigue dicha finalidad, al menos en algunas formas de realización o al menos durante parte del tiempo de operación. De este modo, en algunas realizaciones, se puede configurar al menos un procesador para regular la fuente de alimentación de modo que se suministre una primera cantidad de energía diferente de cero a una primera región y se suministre una segunda cantidad de energía diferente de cero a una segunda región en la zona de aplicación de la energía, en donde la primera y segunda cantidades son diferentes.
- 30 La diferencia entre la primera cantidad de energía y la segunda cantidad de energía puede ser significativa, por ejemplo, una de las cantidades de energía puede ser mayor que la segunda en al menos un 20%. En algunas realizaciones, la diferencia es de al menos un 30%, al menos un 50% o al menos un 100%. En algunas realizaciones, la diferencia es mayor o intermedia a las diferencias anteriormente mencionadas.
- 35 A modo de ejemplo, y como se describe aquí más adelante con más detalle, se pueden seleccionar patrones de campo que tengan áreas conocidas de intensidad de energía, denominadas como puntos calientes. De este modo, mediante la alineación de un punto caliente con una región en una zona de aplicación de la energía y aplicando una cantidad específica de energía sobre una onda EM que tiene un punto caliente en esa región, se puede aplicar una primera cantidad de energía especificada diferente de cero a la primera región. Cuando se selecciona otro patrón de campo que tenga una distinta localización de los puntos calientes, ese segundo patrón de campo puede dar lugar a la aplicación de una segunda cantidad especificada de energía diferente de cero a la segunda región. Y también como se describe aquí, se pueden seleccionar diferentes MSE y/o combinaciones de MSE con el fin de aplicar diferentes cantidades especificadas de energía a diferentes regiones. En cualquier caso, se puede lograr el control de la cantidad de energía aplicada mediante la selección de patrones de campo particulares o MSE y/o el control, por ejemplo, del nivel de potencia, la duración de tiempo en que se aplica la potencia durante una condición particular, o combinaciones de las anteriores. El procesador puede realizar dichas selecciones con el fin de conseguir un esquema deseado de suministro de energía.
- 40 El término "región" puede incluir cualquier parte de una zona de aplicación de la energía, tal como una celda, subvolumen, subdivisión, subespacio discreto, o cualquier subconjunto de la zona de aplicación de la energía, independientemente de cómo se discretiza ese subconjunto. En un ejemplo particular, la zona de aplicación de la
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

energía puede incluir dos regiones. En otro ejemplo, la zona de aplicación de la energía puede incluir más de dos regiones. Las regiones pueden o no superponerse entre sí y el tamaño de cada región puede ser igual o no.

5 Alternativa o adicionalmente, se puede configurar al menos un procesador para predeterminar las ubicaciones de la primera región y de la segunda región. Esto puede ocurrir, por ejemplo, mediante la retroalimentación reflectora desde la zona de aplicación de la energía, proporcionando información sobre la ubicación de un objeto en la zona. En otras formas de realización, esto podría conseguirse mediante la formación de imágenes. En algunas realizaciones, esto puede lograrse por una o más entradas proporcionadas por un usuario que opera el aparato. En algunas realizaciones, las regiones pueden corresponder a diferentes porciones del objeto y pueden aplicarse diferentes cantidades previstas de energía electromagnética a estas diferentes porciones del objeto. La cantidad de energía realmente disipada en cada región puede depender de la intensidad del campo en esa región y/o las características de absorción de la correspondiente parte del objeto en esa región particular. Los términos “disipada” y “absorbida” se utilizan aquí de forma intercambiable. Alternativa o adicionalmente, las ubicaciones predeterminadas pueden ser una función de geometría conocida de un patrón de campo sin referencia a un objeto en la zona de aplicación de la energía. En algunas realizaciones, las ubicaciones de la primera región y de la segunda región pueden ser predeterminadas también por un usuario o un dispositivo distinto a al menos un procesador.

20 Dos regiones pueden estar localizadas adyacentes entre sí en la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, la zona de aplicación de la energía puede incluir una región ocupada por un objeto o una parte de un objeto y otra región que define un área distinta de la de ese objeto o parte. En algunas realizaciones, estas dos regiones pueden ser adyacentes entre sí y estar separadas por una zona limitante. Por ejemplo, la primera región puede estar dentro de una rosquilla de jalea que se calienta y la segunda región puede estar fuera de la rosquilla de jalea. En otro ejemplo, la zona de aplicación de energía puede incluir dos regiones que tienen diferentes características de absorción de energía dentro del objeto. Por ejemplo, la primera región puede contener principalmente jamón en el interior de una rosquilla de jalea y la segunda región puede contener principalmente elementos de repostería. Debido a sus diferentes características de absorción de energía, puede ser ventajoso excitar los patrones de campo con diferentes intensidades de campo eléctrico en estas dos regiones. Con base en la diferencia en las intensidades de campo locales y las características de absorción de energía de las dos regiones, la energía disipada en cada una de las regiones puede ser predeterminada. En consecuencia, la energía disipada puede ser sustancialmente igual o diferente, según se desee, a través de diferentes regiones en el objeto, seleccionando y controlando los MSE para construir un esquema adecuado de suministro de energía para aplicar la energía.

35 La selección de MSE puede impactar sobre la forma en que se distribuye la energía en regiones de la zona de aplicación de la energía. Con el fin de aplicar diferentes cantidades específicas de energía electromagnética a diferentes regiones predeterminadas en la zona de aplicación de la energía, el procesador puede controlar una o más MSE con el fin de conseguir un patrón de campo que dirija la energía a una región específica predeterminada en la zona de aplicación de la energía. La selección de MSE que da lugar a ondas estacionarias puede proporcionar una medida adicional de control, puesto que las ondas estacionarias tienden a presentar “regiones de alta intensidad” (puntos calientes) y “regiones de baja intensidad” (puntos fríos) predecibles y bien definidas, como se describió anteriormente, en donde una región de alta intensidad puede presentar una concentración de energía que sea fácilmente distinguible de una región de baja intensidad. Ejemplos de puntos calientes se ilustran mediante las zonas sombreadas en las Figuras 4A-4D. Ejemplos de puntos fríos se ilustran mediante las áreas no sombreadas en las Figuras 4A-4D. Debe entenderse que el término “punto frío” no requiere necesariamente una ausencia completa de energía aplicada. Por el contrario, puede referirse también a áreas de intensidad disminuida en relación con los puntos calientes. Es decir, en las regiones de alta intensidad, la amplitud de la intensidad del campo es mayor que la amplitud de la intensidad de campo en las regiones de baja intensidad. Por lo tanto, la densidad de potencia en la región de alta intensidad es mayor que la densidad de potencia en la región de baja intensidad. La densidad de potencia y la intensidad del campo de una localización espacial están relacionadas con la capacidad de suministro o aplicación de energía electromagnética a un objeto situado en esa localización. Y, por lo tanto, la velocidad de suministro o transferencia de energía es más alta en una región de alta intensidad que en una región de baja intensidad. Dicho de otro modo, el suministro o transferencia de energía es más efectivo en una región de alta intensidad. Por consiguiente, mediante el control de las regiones de alta intensidad y/o de las regiones de baja intensidad en la zona de aplicación de la energía, el procesador puede controlar el suministro o aplicación de energía a una localización espacial específica. Dicho control de regiones de alta intensidad y de baja intensidad puede conseguirse mediante el control de los MSE.

55 Además, en algunas realizaciones, se puede elegir un MSE de acuerdo con la localización de los puntos calientes y fríos que caracterizan la excitación de energía en la zona de aplicación de la energía causada por el MSE. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se proporciona un aparato para aplicar energía electromagnética a un objeto en una zona de aplicación de la energía mediante una fuente de energía electromagnética y utilizando una pluralidad de patrones de campo que tienen cada uno al menos una región de alta intensidad y al menos una región de baja intensidad. Como se explicó anteriormente, las intensidades de campo asociadas con regiones de alta intensidad son más altas que las intensidades de campo asociadas con regiones de baja intensidad.

65 El aparato puede incluir al menos un procesador, configurado para identificar dos patrones de campo. El primer patrón de campo puede tener una primera región de alta intensidad correspondiente a una primera área de la localización espacial del objeto y/o a una primera área de la zona de aplicación de la energía. El segundo patrón de campo puede

tener una segunda región de alta intensidad correspondiente a una segunda área de la localización espacial del objeto y/o a una segunda área de la zona de aplicación de la energía. Las primera o segunda áreas pueden ser mutuamente exclusivas.

5 La identificación del primero y segundo patrones de campo puede ser, por ejemplo, mediante comparación de las distribuciones espaciales de energía asociadas con cada patrón de campo excitable por uno de los MSE disponibles, con la localización espacial de las dos áreas, con el fin de determinar qué patrones de campo tienen el punto caliente situado en una de las áreas. Adicional o alternativamente, la identificación puede comprender la selección, a partir de patrones de campo dados, de uno que tenga los puntos calientes situados en la forma deseada. En otras formas de realización, la identificación puede comprender la selección de un patrón de campo determinado mediante una instrucción o instrucciones de un programa informático.

10 La localización espacial del objeto puede determinarse mediante el procesador. Por ejemplo, el procesador puede configurarse para determinar la información que indica una localización espacial del objeto en la zona de aplicación de la energía.

15 El procesador puede configurarse además, para controlar la fuente de alimentación para aplicar el primer patrón de campo y el segundo patrón de campo a la zona de aplicación de la energía con el fin de aplicar energía a la primera área y a la segunda área.

20 En algunas realizaciones, se proporciona un aparato para aplicar energía electromagnética a un objeto en una zona de aplicación de la energía mediante una fuente de alimentación de energía electromagnética y utilizando una pluralidad de patrones de campo que tienen cada uno al menos una región de alta intensidad y al menos una región de baja intensidad, en donde las intensidades de campo asociadas con las regiones de alta intensidad son más altas que las intensidades de campo asociadas con las regiones de baja intensidad. El aparato puede incluir al menos un procesador configurado para identificar un primer patrón de campo que tiene una primera región de alta intensidad correspondiente a una primera área de la zona de aplicación de la energía; para identificar un segundo patrón de campo que tiene una segunda región de alta intensidad correspondiente a una segunda área de la zona de aplicación de la energía, diferente de la primera, en donde la primera área y la segunda área se superponen al menos parcialmente en al menos una parte del objeto; y para controlar la fuente de alimentación para aplicar el primer patrón de campo y el segundo patrón de campo con el fin de aplicar energía a la primera área y la segunda área.

25 El procesador puede estar configurado para controlar la fuente de alimentación de modo que una cantidad de energía aplicada a la primera área difiera de una cantidad de energía aplicada a la segunda área. Alternativa o adicionalmente, el procesador puede configurarse para controlar la fuente de alimentación, de modo que la energía absorbida o disipada en la primera área sea sustancialmente la misma que una energía absorbida o disipada en la segunda área (de modo que la energía absorbida o disipada en la primera y segunda áreas difieran en menos del 20%, por ejemplo, en menos del 10%).

30 Las variables de MSE controlables pueden incluir una o más de entre las variables de amplitud, fase y frecuencia de la onda electromagnética transmitida; una localización, orientación y configuración de cada elemento radiante; o la combinación de cualquiera de estos parámetros, u otros parámetros que puedan afectar a un patrón de campo. Como se ilustra en la Figura 1, por ejemplo, un ejemplo de un procesador 30 puede estar eléctricamente acoplado a varios componentes, tales como una fuente de alimentación 12, un modulador 14, un amplificador 16, y elementos radiantes 18. Uno o más de entre una fuente de alimentación 12, un modulador 14, un amplificador 16, y elementos radiantes 18 pueden ser un componente de la fuente de alimentación. El procesador 30 puede configurarse para ejecutar instrucciones que regulen uno o más de estos componentes. Por ejemplo, el procesador 30 puede regular el nivel de potencia suministrado por la fuente de alimentación 12. El procesador 30 puede regular también la tasa de amplificación del amplificador 16, por ejemplo, conmutando uno o más transistores en el amplificador. Alternativa o adicionalmente, el procesador 30 puede realizar el control de la modulación del ancho del pulso del amplificador 16, de modo que el amplificador produce una forma de onda deseada. El procesador 30 puede regular las modulaciones realizadas por el modulador 14 y puede, alternativa o adicionalmente, regular al menos una de entre las características de localización, orientación y configuración de cada elemento radiante 18, tal como a través de un dispositivo electromecánico. Dicho dispositivo electromecánico puede incluir un motor u otra estructura móvil para girar, pivotar, desplazar, deslizar o bien cambiar la orientación o localización de uno o más de los elementos radiantes 18. El procesador 30 puede configurarse, además, para regular cualquier elemento de ajuste del campo situado en la zona de aplicación de la energía, con el fin de cambiar el patrón de campo en la zona. Por ejemplo, los elementos de ajuste del campo pueden configurarse para dirigir, de forma selectiva, la energía electromagnética desde el elemento radiante, o hacer coincidir simultáneamente un elemento radiante que actúa como un transmisor para reducir el acoplamiento con uno o más de otros elementos radiantes que actúan como un receptor.

35 En algunas realizaciones, un modulador de fase puede ser controlado para realizar una secuencia predeterminada de retardos temporales sobre una forma de onda AC emitida por un elemento radiante, de modo que la fase de la forma de onda AC se incremente en varios grados (por ejemplo, 10 grados) para cada uno de una serie de periodos de tiempo. Alternativa o adicionalmente, el procesador puede modular, de forma dinámica y/o adaptativa, la forma de onda basada en la retroalimentación desde la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, el procesador 30 puede ser configurado

para recibir una señal de retroalimentación analógica o digital desde el detector 40, que indica una cantidad de energía electromagnética recibida desde la cavidad 20 y el procesador 30 puede determinar, de forma dinámica, un retardo de tiempo en el modulador de fase para el siguiente periodo de tiempo con base en la señal de retroalimentación recibida.

5 El procesador puede ser configurado también para regular un modulador de frecuencia con el fin de alterar una frecuencia de al menos una onda electromagnética suministrada a la zona de aplicación de la energía. Dicho modulador de frecuencia puede ser configurado para ajustar la frecuencia de una forma de onda AC. A modo de ejemplo, el modulador de frecuencia puede ser un oscilador de semiconductores, tal como un oscilador 22 ilustrado de forma esquemática en la Figura 6A, y configurado para generar una forma de onda AC que oscila a una frecuencia predeterminada. La frecuencia predeterminada puede estar asociada con un voltaje, corriente de entrada u otra señal o señales analógicas o digitales. Por ejemplo, se puede configurar un oscilador controlado por voltaje para generar formas de onda a frecuencias proporcionales al voltaje de entrada.

15 En forma consistente con algunas formas de realización, el procesador 30 puede configurarse para regular el oscilador 22 para generar formas de onda de AC de frecuencias variables con el tiempo. Por ejemplo, el oscilador 22 puede generar una señal sinusoidal $\cos[\omega(t) \cdot t]$. La señal AC puede amplificarse mediante el amplificador 24 y puede provocar que elementos radiantes, por ejemplo, antenas 32 y 34, exciten ondas electromagnéticas moduladas en frecuencia en la cavidad 20.

20 En algunas realizaciones, el procesador 30 puede configurarse para regular el oscilador 22 para generar formas de onda AC que oscilan a varias frecuencias dentro de una banda de frecuencias predeterminada. Opcionalmente, el oscilador 22 puede regularse para generar secuencialmente las formas de onda.

25 En algunas realizaciones, una banda de frecuencia predeterminada puede incluir una banda de frecuencias de trabajo, y el procesador puede configurarse para provocar la aplicación de energía a frecuencias dentro de una parte de la banda de frecuencia de trabajo, que comprende un subconjunto de frecuencias. La parte de la banda de frecuencia de trabajo puede ser un conjunto de frecuencias seleccionadas porque, en forma agregada, consiguen un objetivo deseado y se disminuye la necesidad de utilizar otras frecuencias en la banda si ese subconjunto consigue el objetivo. Una vez que se identifica una banda de frecuencias de trabajo (o parte de la misma), el procesador puede aplicar secuencialmente potencia a cada frecuencia en esa banda de frecuencias de trabajo o parte de la misma. Este proceso secuencial puede denominarse como "barrido de frecuencias". En dichas formas de realización, cada frecuencia puede estar asociada con un esquema de alimentación (por ejemplo, una selección particular de los MSE). En algunas realizaciones, con base en la señal de retroalimentación proporcionada por el detector 40, el procesador 30 puede estar configurado para seleccionar un esquema de suministro de energía que comprende, por ejemplo, una o más frecuencias de una banda de frecuencia, y para regular el oscilador 22 para generar, de forma secuencial y/o simultánea, formas de onda AC a estas frecuencias seleccionadas de acuerdo con el esquema de suministro de energía seleccionado.

40 Alternativa o adicionalmente, el procesador 30 puede configurarse para regular el amplificador 24 para ajustar las cantidades de energía aplicadas a través de las antenas 32 y 34, con base en la señal de retroalimentación. En forma consistente con algunas formas de realización, el detector 40 puede detectar una cantidad de energía reflejada desde la zona de aplicación de la energía a una frecuencia particular y un procesador 30 puede estar configurado para provocar que la cantidad de energía aplicada a esa frecuencia sea alta cuando la energía reflejada sea alta. Es decir, el procesador 30 puede estar configurado para provocar que una o más antenas apliquen energía a una frecuencia particular durante un tiempo más largo cuando la energía reflejada es alta a esa frecuencia. Alternativamente, el procesador 30 puede configurarse para provocar que una o más antenas apliquen energía a una frecuencia particular durante un período de tiempo más largo cuando la energía reflejada es baja a esa frecuencia.

50 Como se ilustra en la Figura 6B, algunas formas de realización pueden incluir una fuente de alimentación con más de una componente de generación de energía EM, tal como los osciladores 22 y 26 para generar formas de onda AC de diferentes frecuencias. Las formas de onda AC generadas por separado pueden amplificarse mediante los amplificadores 24 y 28, respectivamente. En consecuencia, en cualquier momento dado, puede hacerse que las antenas 32 y 34 apliquen simultáneamente ondas electromagnéticas a dos frecuencias diferentes a la cavidad 20. Cada una de estas dos frecuencias puede ser variable en el tiempo. La Figura 6B ilustra dos osciladores para fines de ejemplo solamente, y se considera que se puede utilizar más de dos osciladores (y/o más de dos amplificadores y/o más de dos antenas).

60 En algunas realizaciones, se puede configurar el procesador para regular un modulador de fase con el fin de alterar una diferencia de fase entre dos ondas electromagnéticas suministradas a la zona de aplicación de la energía. En algunas realizaciones, la fuente de energía electromagnética puede configurarse para suministrar energía electromagnética a una pluralidad de fases y el procesador puede configurarse para causar la aplicación de energía a un subconjunto de la pluralidad de fases. A modo de ejemplo, el modulador de fase puede incluir un desfasador, tal como un desfasador 54 ilustrado en la Figura 6C. El desfasador 54 puede configurarse para causar un retardo temporal en la forma de onda AC en una forma controlable dentro de la cavidad 20, retardando la fase de una forma de onda AC, por ejemplo, entre 0 - 360 grados. El desfasador 54 puede incluir un desfasador analógico configurado para proporcionar un desplazamiento de fase o retardo de tiempo continuamente variable, o el desfasador 54 puede incluir un desfasador digital configurado para proporcionar un conjunto discreto de desplazamiento de fase o retardos temporales.

En forma consistente con algunas formas de realización tal como se ilustra en la Figura 6C, se puede proporcionar un divisor 52 para dividir la señal AC generada por el oscilador 22 en dos señales AC (por ejemplo, señales divididas). El procesador 30 puede configurarse para regular el desfasador 54 para provocar secuencialmente varios retardos temporales de modo que la diferencia de fase entre las dos señales divididas pueda variar con el tiempo. Este proceso secuencial puede denominarse como "barrido de fase". De forma similar al barrido de frecuencia anteriormente descrito, el barrido de fase puede implicar un subconjunto de fases de trabajo seleccionadas para conseguir un objetivo deseado de aplicación de energía.

Del mismo modo que los subconjuntos de frecuencias y fases pueden ser seleccionados y ser objeto de barrido, así también muchos subconjuntos de MSE serán seleccionados y barridos con el fin, por ejemplo, de conseguir un objetivo deseado de aplicación de energía. De manera más general, el procesador 30 puede configurarse para regular la fuente de alimentación para generar, de forma secuencial, formas de onda a varios MSE, por ejemplo, a varias frecuencias, fases, amplitudes y/o selecciones de elementos radiantes. Dicho proceso secuencial se denomina aquí como "barrido de MSE". Los MSE barridos secuencialmente pueden no estar necesariamente relacionadas entre sí. Por el contrario, sus variables de MSE pueden diferir significativamente de MSE a MSE (o pueden estar lógicamente relacionadas). En algunas realizaciones, las variables de MSE pueden diferir significativamente de MSE a MSE, posiblemente sin ninguna relación entre ellos. En la forma agregada, sin embargo, un grupo de MSE de trabajo consigue un objetivo deseado de aplicación de energía.

El procesador puede configurarse para regular un modulador de amplitud con el fin de alterar una amplitud de al menos una onda electromagnética suministrada a la zona de aplicación de la energía. En algunas realizaciones, la fuente de energía electromagnética puede configurarse para suministrar energía electromagnética a una pluralidad de amplitudes y el procesador puede configurarse para provocar la aplicación de energía en un subconjunto de la pluralidad de amplitudes. A modo de ejemplo, el modulador de amplitud puede incluir un circuito mezclador, tal como un mezclador 42 ilustrado en la Figura 6D, configurado para regular una amplitud de una onda portadora con otra señal moduladora. Por ejemplo, el oscilador 22 puede configurarse para generar una señal AC de más alta frecuencia y el oscilador 26 puede configurarse para generar una señal AC de más baja frecuencia. Las dos señales AC pueden mezclarse mediante el mezclador 42 en una señal AC que oscila a la frecuencia más alta y la amplitud de la señal AC mezclada puede variar de acuerdo con la señal AC de más baja frecuencia. Por ejemplo, si la señal de frecuencia más alta es una señal sinusoidal $\cos[\omega_1 \cdot t]$ y la señal de más baja frecuencia es otra señal sinusoidal $\cos[\omega_2 \cdot t]$. Entonces la señal mezclada puede convertirse en $\cos[\omega_1 \cdot t] \cos[\omega_2 \cdot t]$. La señal mezclada puede amplificarse luego mediante el amplificador 44, de modo que las antenas 32 y 34 puedan aplicar ondas electromagnéticas en la forma de onda amplificada.

En forma consecuente con algunas formas de realización, el modulador de amplitud puede incluir uno o más desfasadores, tal como los desfasadores 54 y 56, por ejemplo, como se ilustra en la Figura 6E. De acuerdo con algunas formas de realización, la modulación de la amplitud puede realizarse combinando dos o más ondas electromagnéticas de fase desplazada. Por ejemplo el divisor 52 puede dividir la señal AC generada por el oscilador 22 en dos señales AC, tales como ondas sinusoidales $\cos[\omega t]$. Puesto que estén divididas a partir de una señal única, las dos señales AC divididas pueden compartir sustancialmente las mismas frecuencias. Una señal AC dividida puede ser desfasada por un desfasador 54 para la fase α , de modo que la señal AC se convierte en $\cos[\omega t + \alpha]$. La otra señal AC dividida puede ser desplazada por el desfasador 56 para la fase $-\alpha$ (o en forma equivalente $360^\circ - \alpha$), de modo que la señal AC se convierte en $\cos[\omega t - \alpha]$.

Como se ilustra en la Figura 6E, las señales AC de fase desplazada pueden amplificarse mediante los amplificadores 24 y 28 respectivamente y de este modo, puede hacerse que las antenas 32 y 34 exciten ondas electromagnéticas que tengan una forma de onda AC compartida. Las antenas 32 y 34 pueden situarse a una distancia predeterminada entre sí, de modo que las dos ondas electromagnéticas excitadas por las antenas puedan formar una onda de amplitud modulada, de acuerdo con la identidad trigonométrica $\cos[\omega t - \alpha] + \cos[\omega t + \alpha] = 2\cos(\alpha) \cos(\omega t)$. Como con los otros ejemplos suministrados, la Figura 6E es un ejemplo. Debe entenderse que uno, dos o más desfasadores pueden utilizarse para aplicar principios similares a otras formas de realización.

En algunas realizaciones, la fuente de alimentación puede configurarse para suministrar energía electromagnética a través de una pluralidad de elementos radiantes y el procesador puede configurarse para regular la fuente para suministrar energía con diferentes amplitudes simultáneamente a al menos dos elementos radiantes. Por ejemplo, la Figura 6E muestra que dos antenas 32 y 34 pueden utilizarse para aplicar energía electromagnética a la cavidad 20. El oscilador 22 puede proporcionar una señal que es dividida por el divisor 52, desplazada en fase por los desfasadores 54 y 56, y amplificada en forma separada por los dos amplificadores 24 y 28. El procesador 30 puede controlar los amplificadores 24 y 28 individualmente, por ejemplo, para amplificar la señal dividida con diferentes factores de amplificación, proporcionando, de este modo, señales amplificadas con diferentes amplitudes, y para suministrar las señales simultáneamente a dos antenas 32 y 34. Las dos señales amplificadas, suministradas a las dos antenas, respectivamente, pueden ser representadas por $A_1 \cos(\omega t)$ y $A_2 \sin(\omega t)$, en donde A_1 y A_2 son las amplitudes de las dos señales y pueden ser controladas por el procesador 30 para variar de tal manera que: $A_1 = \cos(\alpha)$ y $A_2 = \sin(\alpha)$. De acuerdo con la identidad trigonométrica, la combinación de las dos señales amplificadas son $A_1 \cos(\omega t) + A_2 \sin(\omega t) = \cos(\alpha)\cos(\omega t) + \sin(\alpha)\sin(\omega t) = \cos(\omega t - \alpha)$. Por lo tanto, el procesador puede controlar la fase de la señal combinada suministrada a la cavidad mediante el control de la amplitud de las señales individuales suministradas a cada una de las

antenas. La Figura 6E es un ejemplo, y se entiende que se pueden utilizar otras configuraciones en otras realizaciones. Por ejemplo, en algunas realizaciones, únicamente se puede usar un desfaseador para desplazar únicamente una de las señales divididas. En algunas otras realizaciones, en lugar de utilizar el divisor 52, se pueden utilizar múltiples generadores de señal para proporcionar señales simultáneamente. En algunas otras realizaciones, se pueden utilizar antenas y amplificadores adicionales para proporcionar control adicional de las señales.

Aunque las Figuras 6A-6E ilustran circuitos para alterar la frecuencia, la fase y modulaciones de amplitud individualmente, de acuerdo con algunas realizaciones, los componentes de estos circuitos se pueden combinar con el fin de proporcionar el control de múltiples variables de MSE. Además, se pueden emplear muchos elementos radiantes (por ejemplo, 3-50 elementos radiantes) y el circuito puede seleccionar combinaciones de los MSE a través del uso selectivo de elementos radiantes. A manera de ejemplo únicamente, en un aparato que tiene tres elementos radiantes A, B y C, se puede realizar la modulación de la amplitud con los elementos radiantes A y B, se puede realizar la modulación de la fase con los elementos radiantes B y C y se puede realizar la modulación de la frecuencia con elementos radiantes A y C. Opcionalmente, se puede mantener constante la amplitud y se pueden provocar cambios en el campo conmutando uno o más de los elementos radiantes entre sus estados activo e inactivo. Además, las antenas 32 y 34 pueden incluir un dispositivo que causa que su localización u orientación cambien, causando por lo tanto cambios en el patrón de campo. Alguien ordinariamente capacitado en la técnica comprenderá que las combinaciones son virtualmente ilimitadas y la invención no se limita a ninguna combinación particular de controles, sino que refleja la noción de que se pueden alterar los patrones de campo mediante la alteración de los uno o más MSE.

Aunque los cambios en la selección de MSE pueden dar lugar a cambios significativos en los patrones de campo y en la distribución de energía (que puede ser una suma de patrones de campo a través del espacio y/o el tiempo), se puede predecir la distribución de energía con base en la combinación de los MSE seleccionados. Esta capacidad de predicción permite escoger combinaciones de los MSE con el fin de lograr distribuciones deseadas de energía.

En algunas realizaciones, se puede configurar el procesador para controlar la fuente de manera que la energía absorbida en la primera región sea sustancialmente igual a la energía absorbida en la segunda región. Por ejemplo, el procesador puede seleccionar uno o más de los MSE y aplicar energía a la primera y segunda regiones haciendo que una o más de las regiones de alta intensidad (puntos calientes) correspondan con la primera y segunda regiones. El procesador puede determinar las propiedades de absorción de las dos regiones, y la intensidad del campo asociada con las una o más regiones de alta intensidad. Ya que la energía absorbida en una región dada está relacionada con la propiedad de absorción y la intensidad de campo en la región, el procesador puede controlar la potencia y/o la duración de la aplicación de energía con el fin de lograr una absorción sustancialmente uniforme de energía en la primera y segunda regiones.

La distribución de energía que resulta de cualesquier combinación dadas de los MSE (por ejemplo, el patrón de campo) puede ser determinada, por ejemplo, a través de prueba, simulación o cálculo analítico. Usando el enfoque de prueba, se pueden colocar sensores (por ejemplo, una antena pequeña) en una zona de aplicación de la energía, para medir la distribución de energía que resulta de una combinación dada de los MSE. Se puede almacenar luego la distribución, por ejemplo, una tabla de consulta. En un enfoque simulado, se puede construir un modelo virtual de manera que combinaciones de MSE puede ser probada en una forma virtual. Por ejemplo, se puede realizar un modelo de simulación de una zona de aplicación de la energía en un ordenador con base en un conjunto de los MSE introducidos en una máquina y/o programa de simulación. Una máquina de simulación, tal como CST de CST Alemania o HFSS de Ansoft Corp. EE.UU, se puede utilizar para calcular numéricamente la distribución de campo dentro de la zona de aplicación de energía. El patrón de campo resultante puede ser visualizado utilizando técnicas de formación de imágenes o almacenado en un ordenador como datos digitales. La correlación entre MSE y el patrón de campo resultante puede ser establecida de esta forma. Este enfoque simulado puede ocurrir con bastante antelación y se pueden almacenar las combinaciones conocidas en una tabla de consulta, o se puede llevar a cabo la simulación según se requiera durante una operación de aplicación de energía.

En forma similar, como una alternativa para las pruebas y simulación, se pueden realizar los cálculos con base en un modelo analítico con el fin de predecir la distribución de energía con base en una combinación seleccionada de los MSE. Por ejemplo, dada una forma de una zona de aplicación de la energía con dimensiones conocidas, el patrón de campo básico correspondiente a un MSE dado, puede ser calculado a partir de ecuaciones analíticas. Este patrón de campo básico, también conocido como un "modo", puede ser usado luego para construir un patrón de campo deseado mediante combinación lineal consigo mismo o con otros modos conocidos. Como con en el enfoque simulado, se puede aplicar el enfoque analítico con mucha antelación y almacenar las combinaciones conocidas en una tabla de consulta, o se pueden realizar según se requiera durante una operación de aplicación de la energía.

De acuerdo con algunas realizaciones, se puede configurar el procesador para aplicar cantidades predeterminadas de energía a al menos dos regiones en la zona de aplicación de la energía. Se puede predecir la energía con base en las características conocidas del objeto en la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, en el caso de un horno dedicado que calienta repetidamente productos que comparten las mismas características físicas (por ejemplo, hamburguesas idénticas), el procesador puede ser programado previamente para aplicar diferentes cantidades conocidas de energía correspondientes a 2 o más patrones de campo conocidos. El procesador puede aplicar diferentes cantidades de energía dependiendo del patrón de campo. Es decir, la potencia y/o la duración de la aplicación de la energía pueden ser variadas en función del patrón de campo que está siendo aplicado. Esta correlación entre

cantidades predeterminadas de energía que son aplicadas y el patrón de campo se puede determinar mediante prueba, simulación o análisis, como se discutió anteriormente.

5 A manera de otro ejemplo, la correlación entre el patrón de campo y la cantidad de energía aplicada se puede determinar mediante un perfil de absorción de energía del objeto en cuestión. Es decir, una vez que se determine la capacidad de un objeto para absorber energía a través de su volumen, entonces se puede aplicar energía al objeto en una forma controlada con el fin de lograr el objetivo deseado. Por ejemplo, si el objetivo es aplicar uniformemente energía a través del volumen de un objeto, entonces el procesador puede seleccionar combinaciones de MSE que resultan en una aplicación uniforme de energía. Por otro lado, si se desea una aplicación no uniforme de energía, entonces el procesador puede aplicar cantidades predeterminadas de energía con diferentes patrones de campo con el fin de lograr la distribución no uniforme deseada de energía.

10 De acuerdo con algunas realizaciones, el procesador puede ser configurado para provocar un patrón de campo predeterminado en la zona de aplicación de la energía, teniendo el patrón de campo al menos una región de alta intensidad y al menos una región de baja intensidad y en donde el procesador puede estar configurado para provocar que al menos una región de alta intensidad coincida con una ubicación del objeto en la zona de aplicación de la energía. El término "patrón de campo predeterminado" puede ser cualquier patrón de campo real o predicho que resulta de un MSE. Un patrón de campo predeterminado puede ser una aproximación de un patrón de campo esperado y puede ser obtenido, por ejemplo, a través de cálculo, simulación o medición con o sin una carga u objeto presente en la zona de aplicación de la energía. Las mediciones se pueden obtener sobre la marcha, por ejemplo, durante un proceso de calentamiento, por ejemplo mediante la detección de una o más entradas de uno o más sensores o detectores proporcionados en la zona de aplicación de la energía. Estas entradas o mediciones se pueden utilizar para predecir el patrón de campo real. Durante el proceso de aplicación de la energía, donde existen uno o más objetos localizados en la zona de aplicación de la energía, el patrón de campo real, en la zona de aplicación de la energía, puede no ser exactamente el mismo que el patrón de campo predicho porque la presencia del(de los) objeto(s) pueden de alguna manera cambiar el patrón de campo. Sin embargo, las principales características del patrón de campo, tales como la localización y la intensidad del campo de puntos calientes/fríos pueden ser sustancialmente iguales a las predichas. Por lo tanto, la relación entre MSE y el patrón de campo pueden ser aún preservadas, independientemente de si el(los) objeto(s) está(n) presente(s) en la zona de aplicación de la energía.

15 En forma consistente con algunas realizaciones, el cálculo de los patrones de campo se puede hacer sin considerar la presencia del objeto en la zona de aplicación de la energía. Esto se basa en la presunción de que la presencia del objeto en la zona de aplicación de la energía no cambia materialmente la distribución de la intensidad del patrón de campo en la zona (conocida como la "aproximación de Born"). La aproximación de Born puede ser particularmente útil cuando las localizaciones, el tamaño y las características electromagnéticas del objeto son desconocidas antes de la aplicación de la energía. Cuando las propiedades del objeto son conocidas de antemano, puede hacerse también el cálculo del patrón de campo con consideración del objeto. El cálculo de campo o la simulación puede ser relativamente simple en los casos en que la carga (objeto) llena toda la zona de aplicación de energía y es dieléctricamente homogénea.

20 Se puede considerarse que una carga llena sustancialmente toda la zona de aplicación de la energía si el efecto de las regiones no llenas es despreciable. Por ejemplo, una carga que llena sustancialmente toda la zona de aplicación de la energía puede llenar al menos 80%, 85% o 90% de la zona. En algunas realizaciones, la carga puede llenar toda la zona excepto algunos volúmenes excluidos que pueden ser ocupados, por ejemplo, con elementos radiantes (por ejemplo, alimentaciones de RF), detectores, termómetros u otro equipamiento que puede ser útil para la operación de los aparatos. Algunos volúmenes marginales que no están llenos con el objeto, por ejemplo, en las esquinas de una cavidad, pueden existir también en una zona de aplicación de energía sustancialmente llena.

25 Un ejemplo de una carga homogénea es una carga sin ningún contorno dieléctrico. Un contorno dieléctrico es una línea o superficie que separa dos regiones, teniendo cada una, una constante dieléctrica significativamente diferente (ϵ_r). Un tamaño característico de cada una de las regiones puede ser del orden de al menos aproximadamente una longitud de onda en la carga. La longitud de onda en la carga puede ser aproximadamente un promedio entre las longitudes de onda a ambos lados de las líneas o la superficie de separación entre las dos regiones. Una diferencia en la constante dieléctrica puede ser considerada significativa, por ejemplo, si la diferencia es de aproximadamente 10% o mayor. Un ejemplo de una carga homogénea es un cuerpo de agua. Si se observa que diferentes porciones del cuerpo de agua estén a diferente temperatura (por ejemplo, debido a un calentamiento no uniforme), entonces la constante dieléctrica de las diferentes porciones puede ser diferente. Si esta diferencia es mayor al 10%, el cuerpo de agua puede ser no homogéneo.

30 Una suspensión de aceite en agua (o de cualquier otros dos materiales) puede ser considerada homogénea, siempre y cuando las gotitas de aceite (o partículas del otro medio suspendido) sean más pequeñas que las longitudes de onda a la frecuencia del MSE (por ejemplo, más pequeña que la décima parte de la longitud de onda), en la suspensión como un todo. Esto puede ser así a pesar de la gran diferencia en la constante dieléctrica entre el aceite y el agua

35 Otro caso en el que la relación entre MSE y un patrón de campo predicho puede ser preservada particularmente bien, es el caso de una carga separable, por ejemplo, en una cavidad separable. Una carga separable es una carga que

comprende al menos una capa completa de un material homogéneo. Los conceptos de homogeneidad y de sustancialmente lleno pueden ser entendidos como se explica más arriba. Cada capa puede tener como contornos la(s) pared(es) de la cavidad y dos contornos dieléctricos de sección transversales paralelos en una cavidad separable. Una cavidad separable es una cavidad donde el campo eléctrico excitado allí, $E(x, y, z)$, puede ser expresado como un producto del campo en el plano x, y y el campo en la dirección z , es decir, $E(x, y, z) = E(x, y) E(z)$, en donde z es la dirección en la cual se propaga el campo. Las cavidades separables incluyen, por ejemplo, cavidades que tienen una forma de caja rectangular, cilindro, prisma, con una base triangular de ángulos rectos o un cilindro seccionado. Un ejemplo de una carga separable puede ser, por ejemplo, una torta en capas, en donde cada capa es homogénea y toda la pared de la cavidad en la circunferencia de la torta.

Una "región de alta intensidad", también conocida como un "punto caliente" como se describió previamente, se refiere a una región en donde la intensidad del campo electromagnético es sustancialmente mayor que las regiones circundantes. Una región de alta intensidad puede ser descrita como una región en donde se concentra la potencia electromagnética. Por lo tanto, en regiones de alta intensidad, la transferencia de energía electromagnética desde las ondas electromagnéticas hasta un objeto es más efectiva que aquella en las áreas circundantes. En forma similar, una "región de baja intensidad", también conocida como un "punto frío" como se describió anteriormente, se refiere a una región en donde la intensidad del campo electromagnético es sustancialmente menor que las regiones circundantes. Por lo tanto, la transferencia de energía electromagnética es sustancialmente inefectiva en las regiones de baja intensidad. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 4C, el procesador puede ser configurado para provocar un patrón de campo con dos regiones 84 de alta intensidad en la zona 20 de aplicación de la energía. Las áreas diferentes a las regiones 84 de alta intensidad, en la zona 20 de aplicación de la energía, pueden ser denominadas como regiones de baja intensidad. El patrón de campo mostrado en la Figura 4C, puede ser predeterminado, y como resultado se pueden conocer por anticipado la localización de las dos regiones 84 de alta intensidad se puede conocer por anticipado. Un objeto 82 puede ser localizado en la zona 20 de aplicación de la energía y puede ser capaz de absorber energía electromagnética. El procesador puede ser configurado para provocar que las regiones 84 de alta intensidad coincidan con la ubicación del objeto 82, como se describirá más adelante en forma más detallada.

En una situación en la que se conoce por anticipado la localización del objeto 82, el procesador puede seleccionar uno o más MSE para provocar un patrón de campo conocido correspondiente en el cual al menos una región de alta intensidad puede coincidir con la localización del objeto. Cuando la localización del objeto no es conocida por anticipado, el procesador puede recibir una retroalimentación indicativa de la energía absorbida en la cavidad, como se discute más adelante en forma más detallada. Si al menos una región de alta intensidad coincide con una localización del objeto, la cantidad de energía absorbida, en la zona de aplicación de la energía, puede ser sustancialmente mayor que la energía absorbida en la zona de aplicación de la energía, donde la región de alta intensidad no coincide con la localización del objeto. El procesador puede conocer esto a través de la retroalimentación y después de eso seleccionar un MSE que da lugar a una mayor absorción de energía en la zona de aplicación de la energía para provocar que al menos una región de alta intensidad coincida con una localización del objeto.

En algunas realizaciones, se pueden utilizar también regiones de baja intensidad para aplicar energía al objeto. Por ejemplo, cuando al menos una parte del objeto está fuera de las áreas alcanzables de una o más regiones de alta intensidad, aún puede lograrse la aplicación de energía en forma controlada mediante el uso de una o más regiones de baja intensidad para transferir energía electromagnética al objeto, aunque tal transferencia de energía puede no ser eficiente y/o tan rápida como cuando se utilizan regiones de alta intensidad. En este caso, el procesador puede controlar la superposición entre el objeto y las regiones de baja intensidad en una forma similar al control utilizado con regiones de alta intensidad. Además, para ciertos materiales (tales como ciertos tipos de alimentos), puede ser deseable aplicar energía con una menor intensidad para evitar una cocción excesiva.

También de acuerdo con algunas realizaciones, el procesador puede ser configurado para excitar al menos una onda estacionaria en la zona de aplicación de la energía, teniendo la onda estacionaria al menos una región de alta intensidad y al menos una región de baja intensidad, en donde las intensidades de campos asociadas con las regiones de alta intensidad son mayores que las intensidades de campos asociadas con regiones de baja intensidad, y en donde el procesador se configura para provocar que al menos una región de alta intensidad de la onda estacionaria coincida con una localización del objeto. Por ejemplo, cuando se aplican las ondas electromagnéticas en la zona de aplicación de la energía y se reflejan desde un límite de la zona (por ejemplo, la pared de la cavidad), se puede establecer una onda estacionaria mediante la interacción de las ondas aplicadas y reflejadas. Debido a esta interacción, las ondas estacionarias pueden exhibir regiones de alta intensidad (puntos calientes) y regiones de baja intensidad, como resultado de los máximos y mínimos locales de la intensidad de campo electromagnético. Por ejemplo, la Figura 4C ilustra regiones 84 de alta intensidad. Como se discutió previamente, cuando se conoce la localización del objeto, se puede configurar el procesador para seleccionar un MSE para excitar una onda estacionaria que provoca que una región de alta intensidad coincida con la localización del objeto 82.

De acuerdo con algunas localizaciones, el procesador puede ser configurado para excitar una pluralidad de ondas estacionarias, y en donde el procesador es además configurado para seleccionar al menos una parte de la pluralidad de ondas estacionarias con regiones de alta intensidad que coincidan con una localización del objeto o al menos una parte del objeto. Por ejemplo, se puede configurar el procesador para seleccionar un MSE que da como resultado el patrón de campo de la Figura 4C, que corresponde a una primera onda estacionaria que tiene una región 84 de alta intensidad

que coincide con el objeto 82. Después de eso, se puede configurar el procesador para seleccionar un MSE que resulte el patrón de campo de la Figura 4D correspondiente a una segunda onda estacionaria que tiene una región 86 de alta intensidad que también coincide con el objeto 82.

5 A través del uso de dos ondas estacionarias y/o a través del uso de un detector para determinar la absorción (por ejemplo, a través de reflexión), el procesador puede adquirir más información acerca de la localización del objeto y las propiedades de absorción del objeto. Por ejemplo, si únicamente estuviera disponible la onda estacionaria mostrada en la Figura 4C, el procesador solamente sería capaz de determinar que la localización del objeto 82 esta dentro de áreas cubiertas por las dos regiones 84 verticales de alta intensidad. En forma similar, si únicamente estuviera disponible la onda estacionaria mostrada en la Figura 4D, el procesador sería únicamente capaz de determinar que la localización del objeto 82 esté dentro de las áreas cubiertas por las dos regiones 86 horizontales de alta intensidad. Sin embargo, cuando se utilizan múltiples ondas estacionarias, el procesador puede determinar entonces que el objeto está dentro de un área cubierta por intersecciones de regiones 84 y 86 de alta intensidad, como se muestra en la Figura 4D, en la cual las líneas punteadas corresponden a las regiones 84 de alta intensidad de la Figura 4C. En este caso, el procesador puede determinar que el objeto está dentro de un área cubierta por la intersección de las regiones 84 y 86, logrando así una mejor resolución. A medida que se utilizan ondas estacionarias adicionales, se puede mejorar la resolución.

20 La capacidad de un objeto para absorber energía a través de su volumen se puede expresar como un "perfil de pérdida". El término "pérdida" puede incluir cualquier energía electromagnética que no sea reflejada nuevamente dentro de la zona de aplicación de la energía (por ejemplo, al elemento radiante q emite o a otros elementos radiantes que actúan como receptores). El término "pérdida" también puede referirse a pérdidas dieléctricas. Por ejemplo, las pérdidas pueden incluir pérdida electromagnética debidas a la Conducción iónica (caracterizada por ϵ''); la pérdida electromagnética debida a la rotación del dipolo (caracterizada por ϵ_d'') y/o una combinación de estos u otros componentes de pérdida, en donde la pérdida total se puede caracterizar, por ejemplo, por:

$$\epsilon'' = \epsilon_d'' + \epsilon_\sigma'' = \epsilon_d'' + \sigma' / (\omega \epsilon_0) \quad (1)$$

30 donde los subíndices d y σ significa contribuciones de rotación del dipolo y conducción iónica, respectivamente, σ' es la conductividad eléctrica, ω es la frecuencia angular y ϵ_0 es la permisividad del espacio libre o vacío. Después de esto, como una abreviatura, la pérdida total se puede denotar por " σ ". Sin embargo, como se utiliza aquí, el término "pérdida" se utiliza ampliamente para abarcar las contribuciones de todas las clases de coeficientes de absorción.

35 A manera de ejemplo, si un objeto que absorbe energía electromagnética se localiza en una zona de aplicación de la energía, la pérdida puede representar la capacidad de absorción de energía electromagnética del objeto. Alternativamente, la pérdida puede representar la pérdida de energía electromagnética en los límites de la zona de aplicación de la energía, independientemente de si hay algún objeto localizado en la zona de aplicación de la energía.

40 Las pérdidas se pueden caracterizar en términos de sus perfiles (por ejemplo, un perfil de pérdida). El término perfil, que también se puede denominar como un patrón, imagen, distribución, etc., puede incluir cualquier distribución espacial de pérdida en la zona de aplicación de la energía. El perfil de pérdida puede ser representado de diferentes maneras con el fin de transmitir información acerca de la distribución de la pérdida de energía en la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, el perfil de pérdida puede ser representado mediante el uso de formación de imágenes, analítica, análisis numérico, tablatura, o cualquier otro mecanismo capaz de reflejar una distribución o una distribución espacial de pérdida de energía.

45 Cuando se representa como una imagen o se utiliza cualquier técnica de formación de imágenes, el perfil de pérdida puede asumir una forma de una imagen en blanco y negro, una imagen de escala de grises, una imagen a color, una imagen de perfil de superficie, una imagen volumétrica o cualquier otra representación grafica. En términos gráficos, el perfil de pérdida se puede representar por ejemplo, en dos, tres y/o cuatro dimensiones, en donde una de las dimensiones representa la pérdida de la(s) otra(s) ubicación(es) espacial(es) con la cual se asocia la pérdida. En algunas realizaciones, la evolución el tiempo de la pérdida se representa a lo largo de una de las dimensiones. En algunas realizaciones, el perfil grafico puede cambiar con el tiempo, permitiendo así usar una dimensión adicional. En algunas realizaciones, los diferentes colores pueden representar diferentes valores a lo largo de una dimensión, por ejemplo, los colores más oscuros pueden representar pérdidas más grandes. Cuando se representa en tablatura, el perfil de pérdida puede asumir la forma de una tabla que contiene una correlación entre el espacio físico y la energía absorbida en sitios específicos en ese espacio. En otro ejemplo, el perfil de pérdida puede ser una imagen o una tabla impresa sobre papel o película o un modelo elaborado a partir de material físico.

60 Cuando se representa en forma analítica, un perfil de pérdida puede, por ejemplo, ser escrito en término de una o más ecuaciones. Por ejemplo, tales ecuaciones pueden ser escritas en función de una o más entre tiempo, espacio (por ejemplo, coordenadas x, y, y z del espacio cartesiano), potencia, fase, frecuencia o cualquier otra variable que pueda estar correlacionada con las pérdidas de energía. Cuando se representa numéricamente, el perfil de pérdida puede ser representado como un número o una serie de números.

Independientemente de la forma de representación, un perfil de pérdida puede ser expresado ya sea en formatos digitales y/o análogos. Por ejemplo, el perfil de pérdida puede ser un archivo digital almacenado en una memoria accesible para un procesador.

5 A manera de ejemplo, un perfil de pérdida puede ser una imagen bidimensional como se muestra en la Figura 7. Debe entenderse que la imagen bidimensional, mostrada en la Figura 7, es un ejemplo simplificado para facilidad de la discusión. Los mismos principios generales explicados a continuación con respecto a la imagen bidimensional simplificada son igualmente aplicables a las representaciones 3D y 4D. Debe entenderse también que en el contexto del espacio bidimensional, el tamaño de la zona de aplicación de la energía se puede caracterizar por un área en vez de un volumen.

10 La Figura 7 ilustra un perfil 820 de pérdida de la zona 810 de aplicación de la energía. El perfil 820 de pérdida, que puede tener o no la misma forma y/o tamaño de la zona de aplicación de la energía, puede caracterizar la pérdida de energía (por ejemplo, absorción y/o disipación) en la zona 810. El perfil de pérdida puede reflejar la distribución espacial de la pérdida (σ) en la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, si un objeto 830 se localiza en la zona 810 de aplicación de la energía, el perfil de pérdida puede reflejar la propiedad de absorción de la energía del objeto. El perfil de pérdida puede ser obtenido independientemente de la zona de aplicación de la energía, o el perfil de pérdida puede ser obtenido teniendo en cuenta las propiedades de la zona de aplicación de la energía. En un ejemplo, el perfil de pérdida puede ser obtenido por anticipado para un objeto conocido. En otro ejemplo, el perfil de pérdida puede ser dinámicamente obtenido para cualquier objeto localizado en la zona de aplicación de la energía. En algunas realizaciones, un perfil de pérdida inicial puede ser obtenido por anticipado y opcionalmente, actualizado a medida que se aplica la energía a un objeto particular.

15 A manera de ejemplo, el perfil 820 de pérdidas y la zona 810 de aplicación de la energía pueden ser asociados por superposición, registro, mapeo, correlación, enfoque o cualquier otro método de asociación. Por ejemplo, si la forma y el tamaño de la zona 810 y el perfil 820 de pérdida son idénticos, la zona 810 de aplicación de la energía y el perfil 820 de pérdida pueden ser asociados por superposición.

20 El perfil de pérdida de la zona de aplicación de la energía puede ser predeterminado. Alternativa o adicionalmente, se puede configurar al menos un procesador para determinar el perfil de pérdida para cualquier objeto dado colocado en la zona de aplicación de la energía. Tal determinación se puede lograr, por ejemplo, mediante un procesador que implementa una serie de etapas tales como aquellas expuestas en el diagrama de flujo 900 de la Figura 9A para crear dinámicamente un perfil 820 de pérdida para un objeto 830 dado o la zona 810 de aplicación de la energía.

25 La fuente puede ser configurada para generar una pluralidad de diferentes patrones de campo electromagnético en la zona de aplicación de la energía y se puede configurar el procesador para seleccionar al menos un patrón de la pluralidad de patrones para aplicación selectiva de energía a regiones especificadas de la zona de aplicación de la energía. Como se indica en la etapa 920 de la Figura 9A, el procesador puede determinar un conjunto de MSE para uso en el proceso. Por ejemplo, el procesador puede controlar la fuente de energía electromagnética para suministrar energía EM sobre una pluralidad de frecuencias. En este caso, la pluralidad de frecuencias puede servir como variables controlables de MSE en este proceso. Como se discutió previamente, un MSE puede correlacionarse con un patrón de campo conocido. Por lo tanto, mediante la determinación de un conjunto de MSE, el procesador puede determinar un conjunto de patrones de campo conocidos que es excitado en la zona. El procesador también puede ser configurado para escoger un MSE para el suministro de energía electromagnética a la vez, seleccionando así un patrón de campo que es excitado en la zona correspondiente al MSE elegido.

30 El método para construir un patrón de campo EM controlado, dentro de la zona de aplicación de la energía, a partir de un conjunto predeterminado de patrones de campo se llama como "filtración espacial de EM". El término "filtración" se refiere a la capacidad para discriminar ubicaciones espaciales y las intensidades de campos de los mismos en términos de un conjunto de patrones de campo EM conocidos. Y ya que el espacio de modulación se correlaciona con MSE controlables con el conjunto predeterminado de patrones de campo, es posible representar cualquier patrón de campo en términos de un MSE. Debe entenderse que puede existir más de un MSE (o combinación de MSE) disponible para lograr un patrón de campo dado. Por lo tanto, la escogencia del MSE para lograr un patrón de campo particular puede ser una aplicación dependiente, por ejemplo, con base en los sitios donde es deseable aplicar energía EM.

35 Ya que un MSE puede ser representado por una serie de variables, es posible cambiar el MSE alterando una sola variable o múltiples variables. A manera de ejemplo, el procesador puede controlar la fuente de energía para suministrar energía EM a dos frecuencias: f_1 y f_2 ; y dos amplitudes A_1 y A_2 . En este caso, los MSE disponibles pueden ser $[(f_1, A_1), (f_1, A_2), (f_2, A_1), (f_2, A_2)]$. Es decir, el procesador puede controlar la fuente de energía para suministrar una primera cantidad de energía EM a una frecuencia f_1 y una amplitud A_1 , una segunda cantidad de energía EM a la frecuencia f_1 y amplitud A_2 ; una tercera cantidad de energía de EM a frecuencia f_2 y amplitud A_1 y una cuarta cantidad de energía EM a una frecuencia f_2 y amplitud A_2 . Por lo tanto puede ser conveniente representar los MSE disponibles en forma de una matriz como:

40
45
50
55
60
65 $[(f_1, A_1), (f_1, A_2), (f_2, A_1), (f_2, A_2)]$.

Puesto que se supone, en este ejemplo, que solamente dos frecuencias y dos amplitudes están disponibles, la matriz de MSE es una matriz 2x2. Por supuesto, si más frecuencias y amplitudes estén disponibles, la matriz de MSE se expandirá en consecuencia. Por ejemplo, si 10 frecuencias y 5 amplitudes estén disponibles, la matriz de MSE se convertirá en una matriz 10x5, teniendo cada fila de la matriz el mismo valor de frecuencia pero diferentes valores de amplitud y teniendo cada columna de la matriz el mismo valor de amplitud pero diferentes valores de frecuencia. También es evidente que si más o menos tipos de parámetros de MSE controlables están disponibles, la dimensión de la matriz de MSE puede cambiar en consecuencia. Por ejemplo, si la fase (φ) de la energía EM es también controlada en una forma de realización particular, entonces la matriz de MSE se convertirá en una matriz 3D, con cada elemento de la matriz en una forma de (f_i, A_j, φ_k) . Aquí los subíndices i, j y k representan índices de frecuencia, amplitud y fase disponibles, respectivamente. El tamaño de la matriz puede representarse como $N_f \times N_A \times N_P$, en donde $N_f, N_A,$ y N_P representan el número disponible de frecuencias, amplitudes y fases controlables, respectivamente. De modo similar, si solamente se dispone de un parámetro controlable, la matriz se degenerará a un vector de 1D.

Además de la frecuencia, la amplitud y la fase, cualquier parámetro controlable que pueda cambiar efectivamente el patrón de campo, en el interior de la zona de aplicación de la energía, puede ser parte del MS. Por ejemplo, el número de elementos radiantes para emitir o aplicar energía EM a la zona de aplicación de la energía puede ser un conjunto adicional de parámetros controlables o, dicho de otro modo, una dimensión adicional añadida al MS. En otro ejemplo, la colocación/localización/orientación del(de los) elemento(s) radiante(s) pueden cambiarse físicamente en el espacio por medios mecánicos, eléctricos u otros medios adecuados. En este caso, la colocación/localización/orientación del(de los) elemento(s) radiante(s) puede(n) ser dimensiones adicionales añadidas al MS. O, puede proporcionarse una disposición matricial de elementos radiantes, y la colocación/localización/orientación deseada pueden conseguirse seleccionando un elemento radiante particular o subconjunto de elementos radiantes en la disposición matricial. Además, la colocación/localización/orientación de elemento(s) radiante(s) puede ajustarse mediante la combinación de los dos métodos antes citados. En aún otro ejemplo, puede proporcionarse un elemento de ajuste del campo (FAE), tal como una estructura conductora, dentro de la zona de aplicación de la energía y la colocación/localización/orientación del FAE puede ajustarse de un modo similar al del elemento radiante. Debe entenderse que dentro de todas las selecciones posibles de MSE, el procesador puede determinar un conjunto de elementos MSE adecuados dependiendo de la aplicación particular.

Se puede configurar al menos un procesador para dividir una representación de al menos una parte de la zona de aplicación de la energía en dos o más regiones. La representación puede ser, por ejemplo, una disposición matricial de valores, representado cada valor una característica de una parte diferente de la zona de aplicación de la energía. Puede decirse que los valores están asociados con la región caracterizada de este modo. Las características pueden incluir, por ejemplo, localización, propiedad dieléctrica, intensidad de campo, una cantidad de energía electromagnética aplicada a la parte u otras. A continuación, cualquier referencia a la división de una zona de aplicación de la energía y/o división de un objeto puede referirse a la división de una representación de la misma. La división puede indicarse, por ejemplo, mediante la aplicación de diferentes reglas a valores asociados con cada una de las regiones, haciendo referencia colectivamente solamente a porciones de la primera región y de forma colectiva y diferenciada, a una segunda región, etc.

En algunas realizaciones, en la etapa 930, el procesador puede determinar una estrategia de discretización para dividir la zona de aplicación de la energía (por ejemplo, la zona 810) en una pluralidad de regiones. El término discretización también puede denominarse como, por ejemplo, división, separación y partición. En algunas realizaciones, se puede configurar al menos un procesador para dividir una parte de la zona de aplicación de la energía en al menos dos regiones, por ejemplo, en la primera y segunda regiones. En algunas realizaciones, el procesador puede configurarse para dividir al menos una parte de la zona de aplicación de la energía independientemente de las características de absorción del objeto. En algunas formas de realización, se puede configurar al menos un procesador para dividir la parte de la zona de aplicación de la energía independientemente de la energía aplicada al objeto. Por ejemplo, puede predeterminarse la discretización de la zona de aplicación de la energía en regiones, independientemente de la propiedad del objeto y de la energía aplicada al objeto. En algunos casos, el procesador puede adquirir la información de discretización predeterminada, a través, por ejemplo, de una tabla de consulta, de la información guardada en la memoria o de la información codificada en el procesador. Alternativamente, la discretización puede ocurrir dinámicamente utilizando al menos un procesador, por ejemplo, un procesador 30 ilustrado en la Figura 1. Las Figuras 8A-8C ilustran ejemplos de discretizaciones de la zona 20 de aplicación de la energía.

Se puede configurar al menos un procesador para dividir la parte de la zona de aplicación de la energía en al menos dos regiones utilizando un algoritmo, que puede ser o no recursivo. Por ejemplo, el procesador puede discretizar el espacio arbitrariamente en algún número de regiones del mismo tamaño y forma. De forma opcional, la discretización puede aplicarse en una forma predeterminada, por ejemplo, de modo que el número de regiones sea más denso en el área de la zona de aplicación de la energía, en donde es más probable que un objeto se posicione y menos denso cerca de los bordes de la zona de aplicación de la energía. En algunas realizaciones, la discretización está de acuerdo con la información sobre la carga.

Por ejemplo, el procesador puede recibir información (por ejemplo, mediante una entrada de usuario) con respecto a las posiciones de los objetos dentro de la zona de aplicación de la energía y, de forma opcional, la distribución espacial de

5 sus propiedades dieléctricas (identificando, por ejemplo, un volumen dado que esta siendo ocupado por agua y otro volumen que está siendo ocupado por un trozo de pan). Cada volumen caracterizado por propiedades dieléctricas esencialmente uniformes (en el ejemplo anterior, el agua o el pan) puede definirse como una región para los fines de la discretización. A veces, un objeto de propiedades dieléctricas uniformes y forma irregular puede ser discretizado en varias regiones, cada una con una forma más regular.

10 Alternativa o adicionalmente, la discretización puede establecerse de acuerdo con la cantidad de energía que va a aplicarse a diferentes regiones. Por ejemplo, si se requiere un gradiente de temperatura a lo largo de un volumen dado, este volumen puede ser discretizado para muchas regiones, con el fin de facilitar la identificación de una combinación de MSE que da como resultado el gradiente de temperatura requerido. Adicional o alternativamente, la estrategia de discretización puede elegirse considerando el tiempo de cálculo requerido y/o la precisión y confiabilidad requeridos por el usuario y/o la estabilidad de la solución matemática de las ecuaciones 4 y/o 5 más adelante. Por ejemplo, un número demasiado grande de regiones discretas podría reducir la estabilidad de la solución matemática. Por otro lado, si el número de regiones discretas es demasiado pequeño, puede resultar absolutamente imposible encontrar una solución. En algunas realizaciones, el procesador puede iniciar con un primer esquema de discretización, en donde el número de regiones es mínimo y si se encuentra que es imposible la solución, se puede aumentar el número de regiones. Si una solución es posible, se resuelven las ecuaciones. Si la solución no es suficientemente precisa (por ejemplo, las diferencias entre las energías obtenidas y las energías objetivo están próximas a un límite superior permitido), se puede utilizar la discretización para más regiones. Alternativa o adicionalmente al número de regiones, en algunas realizaciones, se puede configurar el procesador para cambiar la forma y/o localización de los límites entre regiones. Alternativa o adicionalmente para cambiar la estrategia de discretización o el esquema, se puede suprimir del grupo una ecuación que tenga una importante contribución a la inestabilidad pero que tenga una pequeña contribución a la solución y resolver el conjunto reducido de ecuaciones. Otros métodos para resolver conjuntos de ecuaciones lineales numéricamente serán evidentes para aquellos ordinariamente capacitados en la materia.

25 Alternativa o adicionalmente, el procesador puede o bien conocer o puede programarse previamente con las coordenadas de cada región de alta intensidad en cada patrón de campo correspondiente para cada MSE. Esto se puede conseguir porque, como se indico anteriormente, los MSE pueden dar lugar a patrones predecibles con puntos calientes predecibles. Por lo tanto, cuando el procesador recibe una indicación de que el detector ha recibido retroalimentación indicativa de absorción durante una condición particular de MSE (por ejemplo, cuando se excita un MSE particular), el procesador puede determinar que un objeto debe situarse en uno de los puntos calientes correspondientes a esa condición de MSE. El procesador puede repetir el proceso o utilizar un algoritmo recurrente para obtener información adicional sobre el objeto. Entre más MSE sean probados (por ejemplo, excitados) para retroalimentación, más información podrá conocer el procesador sobre la localización y/o las propiedades de absorción del objeto en la zona de aplicación de la energía. Durante una serie de dichas mediciones con diferentes MSE, el procesador puede estrechar, de forma reiterada, la localización del objeto en el espacio y/o las propiedades de absorción de cada región discreta del objeto.

40 Lo anterior no es más que un ejemplo de la forma en la que el procesador puede adquirir información sobre la localización y/o las propiedades dieléctricas de un objeto en una zona de aplicación de la energía. Una estrategia de discretización puede incluir cualquier método adecuado para hacer que el procesador represente la zona de aplicación de la energía como múltiples regiones. En algunas realizaciones, las regiones pueden ser de prácticamente iguales en tamaño. Aunque múltiples regiones (por ejemplo, dos o más regiones) pueden ser discretizadas en regiones del mismo tamaño (por ejemplo, como se ilustra en la Figura 8A), la invención en su sentido más amplio, contempla cualquier tipo de discretización, independientemente, por ejemplo, de si las regiones discretizadas son uniformes en tamaño o forma e independientemente de los resultados de la discretización en cualquier patrón reconocible.

50 Al menos un procesador puede ser configurado para dividir la parte de la zona de aplicación de la energía en una pluralidad de regiones con base en un objeto en la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, la zona 810 de aplicación de la energía puede dividirse de tal forma que el objeto 830 ocupe una sola región. En otro ejemplo, la zona 810 de aplicación de la energía puede dividirse de tal forma que el objeto 830 ocupe múltiples regiones, como se ilustra en la Figura 7. La estrategia de discretización puede depender de numerosos factores incluyendo, pero sin limitarse a, la resolución deseada, las propiedades del perfil de pérdida, y patrones de campo disponibles. Por ejemplo, si el tamaño del objeto 830 es S_L , y una resolución deseada puede requerir que el objeto incluya al menos 100 regiones, entonces el tamaño promedio de cada región puede ser, por ejemplo, $S_L/100$. En este caso, el tamaño de diferentes regiones puede ser igual o no. En ciertas localizaciones del objeto, el tamaño de las regiones divididas puede ser más pequeño que el de otras localizaciones. Dicho de otro modo, la densidad de las regiones puede variar a través de todo el objeto. Alternativa o adicionalmente, la densidad de las regiones puede variar a través de toda la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, la estrategia de división puede variar dependiendo de si una región corresponde a una parte de un objeto en la zona de aplicación de la energía que esta destinada a la aplicación de la energía o si la región corresponde a una región de la zona en donde no se localiza ninguna parte del objeto o a una región que comprende una parte del objeto que no está destinada a la aplicación de la energía (cada una de las dos regiones anteriores puede denominarse "zona vacía"). Por ejemplo, en una estrategia, la zona vacía completa puede ser tratada como una región única. En otro ejemplo de estrategia, la zona vacía puede dividirse en una pluralidad de regiones en una forma similar al de las zonas no vacías. En este caso, la división puede realizarse en la zona completa de aplicación de la energía, independientemente de la ocupación espacial del objeto. Alternativamente, la división puede realizarse por separado

para las zonas vacías y no vacías. En aún otro ejemplo, la zona vacía puede dividirse en una pluralidad de regiones en una forma diferente al de la zona no vacía. Por ejemplo, el tamaño promedio de las regiones en la zona vacía puede ser mayor que en el interior de la zona no vacía. En otras palabras, la densidad de las regiones en la zona vacía puede ser más baja que aquella en la zona no vacía. Como se ilustra en la Figura 8C, la discretización puede ser más densa en algunas partes de la zona de aplicación de la energía pero más escasa en otras regiones. En algunas realizaciones, la región en donde la discretización es más densa puede ser la región del objeto que va a calentarse y la región en donde la discretización es más dispersa, puede ser la región vacía del objeto.

Las regiones pueden ser de una forma regular o irregular. Por ejemplo, en casos 3D, las regiones pueden ser de forma rectangular o cubica regular, como se ilustra en la Figura 8A. Alternativamente, las regiones pueden ser de cualquier forma irregular dependiendo de las necesidades particulares. Por ejemplo, la zona de aplicación de la energía puede dividirse en algunas regiones aleatorias como se ilustra en la Figura 8B. En algunas realizaciones, una parte de la zona de aplicación de la energía está dividida en regiones de forma regular y otra parte en regiones de formas irregulares.

Al menos un procesador puede configurarse para dividir la zona de aplicación de la energía en la pluralidad de regiones (por ejemplo, la primera y la segunda regiones) utilizando un perfil de pérdida. Por ejemplo, la división de la zona de aplicación de la energía puede estar relacionada con el perfil de pérdida de la zona de aplicación de la energía. Un ejemplo de un proceso para construir un perfil de pérdida se discute en relación con la Figura 9A, en donde la zona de aplicación de la energía puede dividirse en múltiples regiones, teniendo cada región prácticamente la misma forma cuadrada regular. Como se ilustra en la Figura 7, las regiones N pueden etiquetarse desde la esquina superior izquierda hasta la esquina inferior derecha como 1, 2, 3, ..., N_d. El objeto 830, que puede ocupar múltiples regiones, puede incluir dos clases de materiales que tienen diferentes parámetros de pérdidas σ_a y σ_b. En el ejemplo ilustrado en la Figura 7, la región R_a tiene un parámetro de pérdidas σ_a, y la región R_b tiene material con el parámetro de pérdidas σ_b. En este ejemplo particular, la región vacía R₀, que esta fuera del objeto pero dentro de la zona de aplicación de la energía, tiene el parámetro de pérdidas σ₀. El objetivo del proceso es crear un perfil de pérdida en el interior de la zona de aplicación de la energía que se aproxima al perfil de pérdida real caracterizado por σ_a, σ_b y σ₀. Para lograr este objetivo, el procesador puede asignar a cada región (1 a N_d) un parámetro de pérdida desconocido σ_i (i = 1, 2, 3, ..., N_d). Dicho parámetro σ_i discretizado es una representación numérica del perfil de pérdida real con una resolución caracterizada por N_d. Por ejemplo, si N_d es mayor, habrá un gran número de regiones en el interior de la zona de aplicación de la energía y el tamaño de cada región será pequeño.

Como se ilustra en la Figura 7, se puede proporcionar dos elementos radiantes 840 (tales como antenas) para aplicar energía EM en la zona de aplicación de la energía 810. Suponiendo que los MSE determinados en la etapa 920 son, por ejemplo, diferencias de fase entre los dos elementos radiantes 840, los MSE pueden representarse por [θ₁, θ₂, ..., θ_{N_M}]. Como se discutió anteriormente, cada MSE puede corresponder a un patrón de campo conocido en el interior de la zona de aplicación de la energía. Puesto que la zona de aplicación de la energía ha sido discretizada en regiones N_d, para cada MSE θ_j, un patrón de campo conocido correspondiente puede ser representado por una serie de intensidades de campo eléctrico locales [I_{1j}, I_{2j}, I_{3j}, ..., I_{N_{dj}}]. La intensidad del campo eléctrico, en una región particular de la zona, es proporcional al cuadrado de la amplitud del campo eléctrico en esa región. Por lo tanto, para todos los MSE, los patrones de campo pueden ser colectivamente expresados en forma matricial como:

$$\begin{bmatrix} I_{11}, I_{21}, I_{31}, \dots, I_{Nd1}; \\ I_{12}, I_{22}, I_{32}, \dots, I_{Nd2}; \\ \dots \\ I_{1Nm}, I_{2Nm}, I_{3Nm}, \dots, I_{NdNm} \end{bmatrix}$$

Esta matriz, denominada como la matriz I, puede determinarse después de que se determinen los MSE y la discretización.

En la etapa 940, el procesador puede aplicar los MSE (por ejemplo, los MSE seleccionados) y de este modo, puede controlar la energía EM que va a aplicarse en la zona de aplicación de la energía. Aún en la etapa 940, para cada MSE aplicado, se puede medir la pérdida de energía en la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, dicha pérdida de energía se puede medir comparando la cantidad de energía aplicada desde el elemento radiante (por ejemplo, la energía incidente) con la recibida por el mismo elemento radiante (por ejemplo, la energía reflejada) y/o con aquella recibida por otro elemento radiante (por ejemplo, la energía transmitida). La diferencia entre la energía aplicada y la energía recibida puede corresponder a la pérdida de energía en la zona de aplicación de la energía. En un ejemplo, el tiempo de aplicación de cada MSE puede ser el mismo. En este caso, la pérdida de energía puede representarse como pérdida de potencia P, que puede determinarse a partir de la potencia aplicada a, y recibida desde, la zona de aplicación de la energía. Para cada MSE (θ_j), la pérdida de potencia P_j puede relacionarse con las intensidades locales I_{ij} de la siguiente manera:

$$\frac{1}{2}(\sigma_1 I_{1j} + \sigma_2 I_{2j} + \dots + \sigma_{N_d} I_{N_dj}) = P_j, \quad (2)$$

Por lo tanto, para todos los MSE, la pérdida de potencia P medida, la matriz I y el perfil de pérdida desconocido σ pueden satisfacer la ecuación siguiente:

$$\frac{1}{2}\sigma I=P. \quad (3)$$

En la etapa 950, las matrices de la ecuación (3) anterior pueden ser construidas a partir de la pérdida de potencia P medida y conocida como matriz I. El perfil de pérdida σ desconocido puede ser resuelto matemáticamente. Por ejemplo, σ puede ser resuelto invirtiendo la matriz I y multiplicando la matriz I invertida por el vector P e la siguiente forma:

$$\sigma=2PI^{-1}. \quad (4)$$

Si se resuelve la ecuación anterior (etapa 960: SI), puede ser creado el perfil de pérdida σ y termina el proceso (etapa 980). Si no se puede resolver la ecuación (etapa 960: NO) o el sistema de la ecuaciones está matemáticamente mal acondicionado, mal planteado y/o singular, el procesador puede conducir la etapa 970, donde se pueden modificar los MSE y/o la estrategia de discretización, retornando el proceso a la etapa 940. Cuando se resuelven las ecuaciones, se puede obtener el perfil de pérdida σ , dependiendo la precisión del perfil de pérdida de la calidad de la solución de las ecuaciones.

La descripción anterior explica como el método generalmente ilustrado en la Figura 9A, permite la determinación de un perfil de pérdida σ de acuerdo con algunas realizaciones. Un método, ilustrado en la Figura 9B, puede permitir la aplicación de energías especificadas a regiones especificadas de la zona de aplicación de la energía, de acuerdo con algunas realizaciones.

En la etapa 915B, el procesador puede determinar una distribución específica de energía, por ejemplo, una definición de dos regiones (por ejemplo, las regiones R_a y R_b ilustradas en la Figura 7) y se puede aplicar energía específica a cada región. Esta determinación puede realizarse, por ejemplo, leyendo el valor de entrada a través de una interfaz, por ejemplo, leyendo una etiqueta que puede ser leída por una maquina, por ejemplo, un código de barras y/o una etiqueta RFID. En algunas realizaciones se procesa adicionalmente el valor de entrada mediante el procesador para determinar la distribución específica de energía. Por ejemplo, la información recibida desde la interfaz puede ser relacionada con la clase de objeto colocado en diferentes áreas dentro de la zona de aplicación de la energía, y el procesador puede procesar esta información para determinar las cantidades de energía específicas que se aplican a diferentes regiones de la zona de aplicación de la energía.

En la etapa 920B, se pueden determinar los MSE, como se describe con relación a la etapa 920 de la Figura 9A.

En la etapa 930B, se puede determinar una estrategia de discretización. Opcionalmente, se puede determinar la estrategia como se describió anteriormente en el contexto de la Figura 9A. En algunas realizaciones, se puede determinar la estrategia de discretización considerando la distribución específica de energía determinada en la etapa 915B. Por ejemplo, el limite entre las regiones R_a y R_b y sus alrededores pueden ser discretizados en forma más o menos densa que otras partes de estas regiones, las regiones fuera de las regiones R_a o R_b pueden ser discretizadas más escasamente que las regiones R_a o R_b , etc. La estrategia de discretización determinada y la distribución determinada específica de energía pueden definir ambas, una energía específica E_j para cada región r_j en la zona de aplicación de la energía.

En la etapa 950B, se pueden elaborar las ecuaciones para calcular las duraciones y/o potencias de cada uno de los MSE que se deben aplicar con el fin de obtener la distribución específica de energía. La energía E_j aplicada a cada región r_j puede obtenerse por la suma de las cantidades de energía, cada una suministrada a la región r_j por uno de los MSE θ_i . Cada una de dichas cantidades de energía puede ser denominada como E_{ji} . E_{ji} depende de la intensidad de campo I_{ji} excitada por el correspondiente elemento MSE θ_i en la región r_j y sobre una fuerza a_i , que define la duración y/o la potencia con la que se aplica MSE θ_i . Por lo tanto, la energía aplicada sobre todos los MSE a una región r_j puede estar dada por:

$$E_j=a_1I_{j1}+a_2I_{j2}+\dots+a_KI_{jK}, \quad (5)$$

en donde K es el número de MSE disponibles.

La ecuación (5) puede ser elaborada en cada región R_j . Las fuerzas a_1 hasta a_K pueden ser resueltas con base en una pluralidad de ecuaciones correspondientes a una pluralidad de regiones. Es decir, conociendo la energía específica E_j en cada región r_j y el vector de intensidad de campo I_{j1} hasta I_{jK} , se pueden resolver las fuerzas del vector a_1 hasta a_K usando métodos matemáticos conocidos. Las fuerzas a_i pueden ser proporcionales, por ejemplo, a la potencia a la cual se puede aplicar MSE θ_i . En algunas realizaciones, las fuerzas pueden ser proporcionales a la duración de tiempo durante la cual se aplica MSE θ_i .

5 En la etapa 960B, el procesador puede determinar si se puede resolver el conjunto de ecuaciones. Si es así (etapa 960B: SÍ), se pueden resolverse las ecuaciones (etapa 965B) y se puede aplicar energía a la zona de aplicación de la energía de acuerdo con los valores resueltos de a_i (etapa 980B). En esta forma, se puede determinar la energía aplicada a cada una de las regiones R_a y R_b en la etapa 915, dentro de los límites de precisión que dependen al menos de la calidad de la solución de las ecuaciones.

10 Si, en la etapa 960B, se determina que las ecuaciones no se pueden resolver (etapa 960B: NO), el procesador puede modificar, en la etapa 970B, los MSE aplicados y/o la estrategia de discretización. Se pueden elaborar nuevas ecuaciones y se puede revisar si se puede resolver este nuevo conjunto de ecuaciones. Este proceso puede continuar hasta que se puedan resolver las ecuaciones, o hasta que el procesador decida que no se puede obtener la distribución adquirida de energía, en cuyo caso, se le puede indicar por lo tanto al usuario.

15 El método descrito en la Figura, 9B puede ser llevado a cabo cuando un objeto está en la zona de aplicación de la energía. Opcionalmente, las regiones R_a y R_b pueden coincidir con las regiones de diferentes elementos en la zona de aplicación de la energía, por ejemplo, sopa y carne, respectivamente.

20 El procesador puede determinar la información que indica la localización espacial del objeto en la zona de aplicación de la energía. El perfil de pérdida σ proporciona un mapa de características pérdidas o capacidad de absorción de la energía en la zona de aplicación de la energía. El objeto puede tener a menudo una característica diferente de pérdida que una parte vacía en la zona de aplicación de la energía. Por lo tanto, a partir del perfil de pérdida, el procesador puede determinar las localizaciones espaciales del objeto en la zona de aplicación de la energía analizando la distribución de las características de pérdida en la zona de aplicación de la energía. Se puede usar tal información para controlar la aplicación de energía, por ejemplo, determinando la estrategia apropiada de discretización, y/o para determinar la distribución específica de energía.

25 Alternativamente, el procesador puede determinar la localización espacial del objeto a partir de los patrones de campo conocidos. Por ejemplo, el procesador puede regular la fuente para generar un patrón de campo conocido, con localizaciones conocidas de una o más de las regiones de alta y baja intensidad en la zona de aplicación de la energía. El procesador puede suministrar energía electromagnética en la zona de aplicación de la energía y analizar la energía reflejada desde la zona de aplicación de la energía. Si la energía reflejada es alta, lo que puede indicar que la pérdida de energía en la zona de aplicación de la energía es baja, el procesador puede determinar que no puede ser localizado el objeto en las una o más regiones de alta intensidad. Por otro lado, si el procesador determina que la energía reflejada es baja, lo que puede indicar que la pérdida de energía en la zona de aplicación de la energía es alta, el procesador puede determinar que se puede localizar el objeto o al menos localizarlo parcialmente, en las una o más regiones de alta intensidad. Mediante tal análisis, el procesador puede determinar la información que indica la localización del objeto en la zona de aplicación de la energía.

40 De acuerdo con algunas realizaciones, se puede configurar el procesador para controlar la fuente para excitar selectivamente una pluralidad de diferentes patrones de campo electromagnéticos en la zona de aplicación de la energía, y se puede configurar el procesador para seleccionar al menos un patrón a partir de la pluralidad de patrones. Por ejemplo, el procesador puede seleccionar una pluralidad de MSE que van a ser aplicados y cada uno de la pluralidad de MSE puede generar un patrón de campo diferente en la zona de aplicación de la energía. Mediante la aplicación de estos MSE, se puede excitar una pluralidad de patrones de campo en la zona de aplicación de la energía. La pluralidad de patrones de campo puede o no acoplarse entre sí. Cuando los patrones de campo no se acoplan, cada uno de la pluralidad de MSE puede corresponder con un patrón de campo único. Por lo tanto, seleccionando un MSE, el procesador puede seleccionar al menos un patrón de campo.

50 De acuerdo con algunas realizaciones, se puede configurar el procesador para seleccionar secuencialmente, múltiples patrones de campo electromagnético diferentes. Por ejemplo, el procesador puede seleccionar un conjunto de MSE que comprende un intervalo de parámetros controlables, que pueden ser seleccionados secuencialmente por el procesador. En algunas realizaciones, se pueden escoger una pluralidad de frecuencias como MSE, donde cada frecuencia puede corresponder a un patrón de campo diferente. En este caso, el procesador puede seleccionar secuencialmente frecuencias de la pluralidad y por lo tanto, generar múltiples patrones de campo diferentes en la zona de aplicación de la energía.

55 De acuerdo con algunas realizaciones, el procesador (u otro procesador en el aparato) puede ser configurado para calcular al menos un patrón. Como se discutió anteriormente se puede "calcular" un patrón de campo ya sea mediante ensayo, simulación o cálculo matemático, incluyendo cálculo analítico y/o numérico. El procesador puede calcular el patrón de campo por anticipado de la aplicación de energía o puede realizar el cálculo sobre la marcha como parte de un proceso de aplicación de energía. El cálculo puede basarse en propiedades conocidas de la zona de aplicación de la energía y/o los MSE que se aplican y/o sobre resultados de medición en tiempo real.

60 De acuerdo con algunas realizaciones, se puede configurar al menos un procesador para distinguir entre las localizaciones de la primera región y la segunda región. El término "distinguir" se refiere a la discriminación, diferenciación, identificación o bien la demarcación del procesador de diferentes localizaciones espaciales en una forma controlada. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 7, una zona 810 de aplicación de energía puede incluir una

pluralidad de regiones 1, 2, 3, ..., N_d , y el procesador puede ser configurado para distinguir, por ejemplo, la región 1 de la región 2. Estas dos regiones pueden ser identificadas en forma diferente por el procesador y/o tener direcciones que se almacenen en diferentes localizaciones en una unidad de memoria conectada al procesador.

5 De acuerdo con algunas realizaciones, el procesador puede ser configurado para aplicar energía sobre cada uno de los MSE durante una cierta cantidad de tiempo, que puede ser igual o diferente de una cantidad de tiempo durante la cual se aplica energía sobre otro MSE. Por ejemplo, En algunas realizaciones, se pueden aplicar todos los MSE a una potencia máxima posible (determinada, por ejemplo, mediante limitaciones técnicas de la fuente de energía y/o un amplificador conectado a, o embebido en la fuente), y la cantidad de tiempo puede diferir entre los diferentes MSE, de tal manera que el producto de la cantidad de tiempo multiplicada por la potencia máxima posible es proporcional (o, en algunos casos, igual) al coeficiente (por ejemplo, fuerza), que corresponde al MSE particular.

10 En forma similar, en algunas realizaciones, el procesador puede ser configurado para aplicar energía sobre cada MSE a una cierta cantidad de potencia, que puede ser igual o diferente de una cantidad de potencia a la cual se aplica energía sobre otro MSE. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se pueden aplicar todos los MSE durante un periodo fijo y la potencia puede diferir de tal manera que el producto del tiempo multiplicado por la potencia puede ser proporcional o en algunas realizaciones igual al coeficiente que corresponde al MSE particular. En algunas realizaciones, tanto la duración como la potencia se pueden ajustar o fijar para aplicar una cierta cantidad de energía sobre un MSE dado, por ejemplo, se puede fijar una potencia máxima y un tiempo mínimo y se puede aplicar energía a una potencia que esté en o por debajo del máximo durante un tiempo que esté en o por encima del mínimo.

15 La Figura 9C muestra un diagrama de bloques simplificado de un procesador 30C configurado para regular una fuente 50C de energía electromagnética para aplicar energía a una zona de aplicación de energía de acuerdo con una distribución específica de energía dada, de acuerdo con algunas realizaciones. El procesador 30C puede incluir, ser idéntico a, o ser parte del procesador 30. Adicional o alternativamente, el procesador 30C puede ser un procesador separado además del procesador 30.

20 El procesador 30C puede incluir un almacenamiento 32C, para almacenamiento de datos y varios módulos de procesamiento para procesar datos, por ejemplo, los datos almacenados en el almacenamiento 32C. El almacenamiento o una porción del mismo pueden estar integrado dentro del procesador 30C o puede ser un componente externo en comunicación con el procesador 30C.

25 Opcionalmente, el almacenamiento 32C puede estar conectado a una interfaz 10C, para recibir a través de la interfaz, por ejemplo, una distribución específica de energía. Opcionalmente, el almacenamiento 32C puede comprender un espacio 34C de almacenamiento para almacenar la distribución específica de energía. El espacio 34C de almacenamiento puede ser continuo, segmentado o tener cualquier otra configuración conocida en el arte de almacenamiento de datos en forma electrónica.

30 En algunas realizaciones, el almacenamiento 32C también puede tener un espacio 36C de almacenamiento para almacenar un perfil de pérdida de la zona de aplicación de la energía o una parte del mismo. El perfil de pérdida puede ser enviado al espacio 36C de almacenamiento desde la interfaz 10C. Alternativa o adicionalmente, el procesador 30 de la Figura 1 (u otro procesador) puede ser configurado para construir el perfil de pérdida como se describe y almacenar el perfil de pérdida en el espacio 36C de almacenamiento.

35 Opcionalmente, el almacenamiento 32C también puede tener un espacio 37C de almacenamiento que puede almacenar los MSE disponibles y los patrones de campo asociados con cada uno de los MSE disponibles almacenados. Los patrones de campo asociados con los diferentes MSE pueden ser patrones obtenidos con una zona de aplicación de energía vacía y/o una zona de aplicación de energía que tiene una carga estándar en ella. Opcionalmente, estos patrones de campo pueden ser usados para la estimación inicial de los MSE que pueden ser usados, a parte de los disponibles, y/o para la construcción de una combinación inicial de MSE que puede resultar en una distribución similar de energía a aquella dada como objetivo. Opcionalmente, el almacenamiento 32C también puede tener un espacio 38C de almacenamiento para almacenar las distribuciones de energía obtenidas (por ejemplo, medidas o detectadas) en la zona de aplicación de la energía durante la operación.

40 Opcionalmente, el almacenamiento 32C también puede tener un espacio 37C de almacenamiento que puede almacenar los MSE disponibles y los patrones de campo asociados con cada uno de los MSE disponibles almacenados. Los patrones de campo asociados con los diferentes MSE pueden ser patrones obtenidos con una zona de aplicación de energía vacía y/o una zona de aplicación de energía que tiene una carga estándar en ella. Opcionalmente, estos patrones de campo pueden ser usados para la estimación inicial de los MSE que pueden ser usados, a parte de los disponibles, y/o para la construcción de una combinación inicial de MSE que puede resultar en una distribución similar de energía a aquella dada como objetivo. Opcionalmente, el almacenamiento 32C también puede tener un espacio 38C de almacenamiento para almacenar las distribuciones de energía obtenidas (por ejemplo, medidas o detectadas) en la zona de aplicación de la energía durante la operación.

45 Opcionalmente, el almacenamiento 32C también puede tener un espacio 37C de almacenamiento que puede almacenar los MSE disponibles y los patrones de campo asociados con cada uno de los MSE disponibles almacenados. Los patrones de campo asociados con los diferentes MSE pueden ser patrones obtenidos con una zona de aplicación de energía vacía y/o una zona de aplicación de energía que tiene una carga estándar en ella. Opcionalmente, estos patrones de campo pueden ser usados para la estimación inicial de los MSE que pueden ser usados, a parte de los disponibles, y/o para la construcción de una combinación inicial de MSE que puede resultar en una distribución similar de energía a aquella dada como objetivo. Opcionalmente, el almacenamiento 32C también puede tener un espacio 38C de almacenamiento para almacenar las distribuciones de energía obtenidas (por ejemplo, medidas o detectadas) en la zona de aplicación de la energía durante la operación.

50 Opcionalmente, el almacenamiento 32C también puede tener un espacio 37C de almacenamiento que puede almacenar los MSE disponibles y los patrones de campo asociados con cada uno de los MSE disponibles almacenados. Los patrones de campo asociados con los diferentes MSE pueden ser patrones obtenidos con una zona de aplicación de energía vacía y/o una zona de aplicación de energía que tiene una carga estándar en ella. Opcionalmente, estos patrones de campo pueden ser usados para la estimación inicial de los MSE que pueden ser usados, a parte de los disponibles, y/o para la construcción de una combinación inicial de MSE que puede resultar en una distribución similar de energía a aquella dada como objetivo. Opcionalmente, el almacenamiento 32C también puede tener un espacio 38C de almacenamiento para almacenar las distribuciones de energía obtenidas (por ejemplo, medidas o detectadas) en la zona de aplicación de la energía durante la operación.

55 El procesador 30C puede incluir un módulo 42C de determinación de MSE. Este módulo puede ser configurado (opcionalmente, corriendo un programa informático adecuado), para determinar cual de los MSE disponibles se usan en cualquier etapa dada de la operación (por ejemplo, durante un proceso de calentamiento EM). En algunas realizaciones, se pueden utilizar por defecto uno o más de los MSE disponibles, y se puede omitir el módulo 42C de determinación de MSE. En otras realizaciones, el módulo 42C de determinación del MSE puede determinar cuales MSE utilizar, por ejemplo, con base en la distribución específica de energía. En tal caso, el módulo 42C de determinación de MSE puede recuperar los datos de distribución específica de energía almacenados en el espacio 34C de almacenamiento. En algunos casos, si la distribución específica de energía se parece en general a un patrón de campo asociado con uno o más MSE en el espacio 37C de almacenamiento, el módulo 42C de determinación de MSE puede usar dichos MSE preferentemente sobre otros. Por ejemplo, si la distribución específica de energía tiene valores relativamente grandes en el centro de la zona de aplicación de la energía y valores mucho menores en la circunferencia de la zona de aplicación de la energía, el módulo 42C de determinación del MSE puede seleccionar uno o más de los MSE que están

asociados con los patrones de campo que tienen una intensidad máxima cerca al centro de la zona de aplicación de la energía, y menos MSE asociados con los patrones de campo concentrados en la circunferencia de la zona. Alternativa o adicionalmente, el módulo 42C de determinación de MSE puede seleccionar los MSE que sean relativamente más fáciles de excitar y/o controlar y seleccionar otros MSE únicamente si los MSE más fácilmente excitados no proporcionan resultados satisfactorios.

Opcionalmente, el modulo 42C de determinación del MSE puede ser conectado para controlar el modulo 60C, que puede controlar la fuente 50C para excitar los MSE seleccionados y opcionalmente, medir la distribución de energía obtenida en la zona de aplicación de la energía como resultado de esa excitación. Una fuente de alimentación, un modulador, un amplificador y/o elemento(s) radiante(s) (o porciones de los mismos), por ejemplo, una fuente de alimentación 12, un modulador 14, un amplificador 16 y elementos radiantes 18 ilustrados en la Figura 1, pueden ser partes de la fuente 50C. Las mediciones se pueden llevar a cabo mediante uno o más detectores 40C. Se observa que la fuente 50C y el detector 40C pueden ser incorporados en la práctica en las mismas partes, por ejemplo, se puede usar el mismo elemento radiante mediante el suministro de energía a la zona de aplicación de la energía para medir los patrones de campo excitados, incluso no necesariamente al mismo tiempo. Los resultados de las mediciones se pueden almacenar en el espacio 38C de almacenamiento.

El procesador 30C también puede incluir un modulo 44C de discretización, configurado para dividir lógicamente la zona de aplicación de la energía en regiones, por ejemplo, como se ilustra en la Figura 8A u 8B. Opcionalmente, el modulo 44C de discretización puede dividir la zona de aplicación de la energía de acuerdo con un perfil de pérdida almacenado en el espacio 36C de almacenamiento. Por ejemplo, el módulo 44C puede dividir la zona de aplicación de la energía de tal manera que los volúmenes caracterizados por pérdidas similares estarán incluidos en una sola región. En este caso, el módulo 44C puede recuperar los datos del espacio 36C de almacenamiento. Alternativa o adicionalmente, el módulo 44C de discretización puede dividir la zona de aplicación de la energía de acuerdo con la distribución específica de la energía. Por ejemplo, el módulo 44C puede dividir la zona más densamente donde se requieran cambios más abruptos de energía con el fin de satisfacer la distribución objetivo. En este caso, se puede permitir que el módulo 44C de discretización recupere los datos del espacio 34C de almacenamiento.

El procesador 30C también puede incluir, un módulo 46C de construcción de ecuaciones, configurado para construir, por ejemplo, las ecuaciones (5) que se resuelven con el fin de obtener un esquema de aplicación de energía que pueda resultar en una distribución de energía correspondiente a la distribución específica de energía. El módulo 46C de construcción de ecuaciones puede definir la intensidad de campo de cada uno de los MSE seleccionados por el módulo 42C, en cada región en la cual se divide la zona de aplicación de la energía por el módulo 44C de discretización y puede tomar en cuenta los resultados de la medición almacenados en el espacio 38C de almacenamiento.

Una vez que el modulo 46C construye las ecuaciones, el modulo 48C para resolución de las ecuaciones puede intentar resolver las ecuaciones, por ejemplo, mediante la aplicación de estrategias numéricas adecuadas, como se conoce en el arte del análisis numérico mismo. Si se pueden resolver las ecuaciones, el modulo 48C puede activar el modulo 60C de control para regular la fuente 50C de alimentación para excitar en la zona de aplicación de la energía los patrones de campo de acuerdo con la solución. En algunas realizaciones, se puede medir la distribución de la energía resultante mediante el detector 40C, guardarla en el espacio 38C de almacenamiento y compararla con la distribución específica de energía mediante un modulo 52C de comparación. Si la comparación no es satisfactoria, el modulo 52C de comparación puede activar el modulo 42C y/o el modulo 44C para modificar los MSE seleccionados y/o la discretización. Si el modulo 48C de resolución de ecuaciones encuentra que no se pueden resolver las ecuaciones, el modulo 48C puede activar al modulo 42C y/o al modulo 44C para modificar los MSE seleccionados y/o la discretización.

En algunas realizaciones, las cantidades de energía suministradas sobre cada MSE pueden ser predeterminadas con el fin de lograr un perfil de aplicación de energía deseado. Por ejemplo, el perfil de aplicación de energía puede solicitar una aplicación de energía uniforme o sustancialmente uniforme, a través del objeto o la aplicación de energía no uniforme controlada, que suministra una primera cantidad de energía a una primera región del objeto y una segunda cantidad de energía a una segunda región del objeto. Obsérvese que el control de potencia y el control de tiempo no son mutuamente exclusivos. Un perfil de aplicación de energía deseado puede ser logrado mediante la regulación tanto del nivel de potencia como la duración de la aplicación.

Algunas realizaciones también pueden incluir un procesador configurado para aplicar energía, a la primera región y a la segunda región con base en la energía disipada en cada región. Como se discutió anteriormente, el procesador puede adquirir un perfil de pérdida de la zona de aplicación de la energía, que representa las propiedades de disipación de energía en cada región de la zona de aplicación de la energía. La adquisición del perfil de pérdida puede incluir la reconstrucción del perfil de pérdida, por ejemplo, mediante el método resumido en la Figura 9A. Alternativamente, se puede recuperar el perfil de pérdida, por ejemplo, a partir de la memoria o a través de una interfaz.

Ya que la energía absorbida en cualquier región dada, es una función del perfil de pérdida, el procesador puede controlar la aplicación de energía para cada región con base en la información relacionada con la propiedad de disipación de la energía asociada con esa región. Por ejemplo, si el objetivo de la aplicación de energía es lograr una absorción uniforme de la energía, el procesador puede, por ejemplo, controlar la fuente para aplicar una potencia menor a una región que tiene una mayor disipación de energía; y aplicar una potencia mayor a otra región que tiene una

disipación menor de energía. Alternativamente, el procesador puede controlar la fuente para aplicar potencia durante un período más corto para la región que tiene una mayor tasa de disipación de energía; y aplicar potencia durante un período más larga para la región que tiene una tasa menor de disipación de energía. En otro ejemplo, el objetivo puede ser una absorción de energía desigual. En este caso, el procesador puede determinar la cantidad deseada de energía que se va a aplicar a diferentes regiones que tienen diferentes propiedades de disipación de energía, de tal manera que la energía en cada región se absorbe de acuerdo con el objetivo.

De acuerdo con algunas realizaciones, se puede configurar el procesador para aplicar energía a la primera región y a la segunda región con base en la energía total objetivo que se va a aplicar a cada región o a estar o ser absorbida en cada región. Por ejemplo, si una región dada, en la zona de aplicación de la energía esté cubierta por puntos calientes de algunos patrones de campo dados, el procesador puede aplicar energía a la región mediante el uso de los MSE correspondientes a aquellos patrones de campo dados para lograr un objetivo de aplicación de energía, de tal manera que la suma de la energía (energía total) aplicada a la región alcance una cantidad deseada.

En algunas realizaciones, cuando se configura al menos un procesador para aplicar energía sobre una pluralidad de frecuencias, una cantidad de energía aplicada puede depender de la frecuencia. Cuando se configura al menos un procesador para aplicar energía sobre una pluralidad de fases, la cantidad de energía aplicada puede depender de la fase. En forma similar, cuando se configura al menos un procesador para aplicar energía sobre una pluralidad de amplitudes, la cantidad de energía aplicada puede depender de la amplitud. La dependencia de la frecuencia, la fase y/o amplitud de las cantidades de energía aplicadas puede cambiar de un ciclo de aplicación de energía a otro. Por ejemplo, cada retroalimentación de tiempo de la zona de aplicación de la energía es recibida, el procesador puede determinar la dependencia de la frecuencia, la fase y/o la amplitud de acuerdo con la retroalimentación. Una cantidad de energía se considera dependiente de la frecuencia si la cantidad de energía aplicada sobre una onda que tiene una frecuencia, puede diferir de aquella aplicada sobre una onda que tiene otra frecuencia, mientras que las ondas de las mismas frecuencias pueden aplicar las mismas cantidades de energía. En forma similar, una cantidad de energía se considera dependiente de la fase, si la cantidad de energía aplicada sobre una onda que tiene una fase puede diferir de aquella aplicada sobre una onda que tiene otra fase, etc. El procesador puede aplicar energía sobre una frecuencia, fase o amplitud dadas (o amplitud relativa) mediante la excitación de una o más ondas electromagnéticas que tienen la frecuencia, fase o amplitud dadas (o amplitud relativa), respectivamente.

En algunas realizaciones, el procesador puede barrer la frecuencia, la fase, y/o la amplitud de las ondas electromagnéticas para cambiar los MSE alterando así el patrón de campo en la zona de aplicación de la energía. A medida que cambian los patrones de campo, la localización, la forma y/o la intensidad de campo de las regiones de alta y baja intensidad también pueden cambiar. De esta forma, se puede alterar el suministro (aplicación) de energía al objeto a través de la selección del procesador de los MSE (por ejemplo, mediante la alteración de variables tales como la frecuencia, la fase y/o la amplitud). Se puede configurar el procesador para alterar una cantidad de energía aplicada a una región, una pluralidad de veces, durante un ciclo de aplicación de energía.

En algunos ejemplos de realizaciones, el procesador puede regular la fuente para aplicar energía en forma repetitiva, a la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, el procesador puede aplicar un MSE y excitar su correspondiente patrón de campo en la zona de aplicación de la energía durante un periodo predeterminado de tiempo, luego aplicar otro MSE y excitar otro patrón de campo en la zona de aplicación de la energía, durante otro periodo de tiempo predeterminado. La duración de la aplicación de la energía y/o la tasa a la cual se aplica la energía pueden variar. Por ejemplo, En algunas realizaciones, se puede aplicar energía a la zona de aplicación de la energía 120 veces por segundo. Se pueden utilizar velocidades más altas (por ejemplo, 200/segundo, 300/segundo) o menores (por ejemplo, 100/segundo, 20/segundo, 2/segundo, 1/segundo, 30/minuto). Alguien ordinariamente capacitado en la técnica comprenderá que la velocidad de aplicación de energía puede ser constante o variable.

En algunas realizaciones, se puede aplicar un conjunto de MSE en forma secuencial durante un periodo de tiempo (denominado aquí como "escaneo de MSE"). Como se utiliza aquí, "escaneo de MSE" es intercambiable con "barrido de MSE". Tanto el "escaneo" como el "barrido" pueden incluir cambios en los MSE en una dimensión o en múltiples dimensiones. Por ejemplo, un barrido unidimensional puede referirse al cambio de MSE cambiando únicamente la frecuencia, la fase o la amplitud. Un barrido multidimensional puede referirse al cambio de MSE mediante el cambio de dos o más entre frecuencia, fase y amplitud o cualquier otra variable que pueda ser incluida en un MSE. Un barrido de MSE también puede ser repetido a una velocidad predeterminada o después de un intervalo predeterminado. A veces, se puede realizar una secuencia de uno o más escaneos, por ejemplo, una vez cada 0,5 segundos o una vez cada 5 segundos o a cualquier otra velocidad. La selección de MSE, en diferentes escaneos, puede o no ser igual.

Después que una cantidad dada de energía (por ejemplo, un número predeterminado de julios o de kilo-julios, por ejemplo, 10 kJ o menos o 1 kJ o menos o varios cientos de julios o incluso 100 J o menos) ha sido aplicada o disipada en la carga o dentro de una porción dada de una carga (por ejemplo, por un peso tal como 100 g o en porcentaje, tal como 50% de carga), se puede realizar un nuevo escaneo. En algunos casos, se proporciona la cantidad de energía usando otros medios, tales como una etiqueta que puede ser leída (por ejemplo, un RF/código de barras, posiblemente con información de escaneos previos o predeterminados) o mediante el uso de sensores de temperatura.

En algunas realizaciones, la velocidad de aplicación de energía o la velocidad de escaneo pueden depender de la velocidad de cambio en la información espectral entre las aplicaciones o escaneos de energía. Por ejemplo, se puede proporcionar un umbral de cambio en la disipación y/o en las frecuencias (por ejemplo, un cambio del 10% en la integral de la suma) o diferentes velocidades de cambio asociadas con diferentes velocidades de escaneo/aplicación de energía, por ejemplo, utilizando una tabla. En otro ejemplo, lo que se determina es la velocidad de cambio entre las aplicaciones/escaneos de energía (por ejemplo, si el cambio promedio entre las aplicaciones/escaneos de energía es menor que el cambio entre las últimas dos aplicaciones/escaneos de energía). Tales cambios pueden ser utilizados para ajustar el período entre las aplicaciones/escaneos de energía una o más de una vez durante el proceso de aplicación de energía. Opcional o alternativamente, los cambios en el sistema (por ejemplo, el movimiento del objeto o la estructura para soportar al objeto) pueden afectar la velocidad de aplicaciones/escaneos de energía (típicamente los cambios principales aumentan la velocidad y los cambios menores o la ausencia de cambios la disminuyen).

La Figura 10 es un ejemplo de un diagrama de flujo 900X de un método para aplicar energía electromagnética a una zona de aplicación de energía de acuerdo con algunas realizaciones. En la etapa 902X, un objeto puede ser colocado en una zona de aplicación de energía. Algunas realizaciones pueden omitir esta etapa, y son efectivas una vez que el objeto está en la zona de aplicación de la energía. La zona de aplicación de la energía puede soportar resonancias electromagnéticas a una o más longitudes de onda resonantes. Por ejemplo, el objeto 50 (o una porción del mismo) puede ser colocado en la cavidad 20, que puede ser un cuboide que tiene tres dimensiones, largo, ancho y alto, cada una igual a 20 cm, y la longitud de onda de la longitud de onda resonante más larga está dada por $\sqrt{2}$ 20 cm. La longitud de onda resonante más larga, así como la correspondiente frecuencia de resonancia más baja pueden ser encontradas también experimentalmente, mediante el barrido de la cavidad con ondas de diferentes frecuencias y luego detectando la absorción en la cavidad. El primer pico de absorción (o profundidad de la reflexión) puede corresponder a la frecuencia de resonancia más baja y la longitud de onda resonante más larga soportada por la cavidad.

En la etapa 904X, se puede determinar una frecuencia o un conjunto de frecuencias, en las cuales se aplicará la energía electromagnética a la cavidad 20. Se puede configurar la fuente para aplicar energía a frecuencias (o longitudes de onda) particulares que reúnen la condición modal en la zona, por ejemplo, donde la longitud de onda predeterminada es mayor a $1/4$ de la longitud de onda resonante más larga soportada por la zona de aplicación de energía. En el ejemplo anterior, se puede configurar la fuente para aplicar energía únicamente a longitudes de onda mayores a $\sqrt{2}$ $20/4$ que es aproximadamente 7 cm. Tales longitudes de onda corresponden a frecuencias aproximadamente menores a 4,3 GHz. Dependiendo de la realización, como se describió anteriormente, se puede usar un magnetrón particular o un oscilador semiconductor para generar formas de onda AC a una o más frecuencias predeterminadas. En algunas realizaciones, la etapa 904X puede ser omitida. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la fuente de energía electromagnética puede ser configurada para aplicar energía a frecuencias conocidas que pueden o no reunir la condición modal, y la etapa 904X puede ser omitida. En algunas realizaciones, se puede configurar el procesador para controlar las dimensiones de la zona de aplicación de la energía, por ejemplo, moviendo una pared de una cavidad y la etapa 904X puede ser llevada a cabo cada vez que estas dimensiones cambian.

En la etapa 906X, se puede determinar una cantidad de energía dirigida que se aplica a una región específica en la zona. Alternativa o adicionalmente, se puede determinar un patrón de disipación de energía dirigida en el objeto. Por ejemplo, se pueden determinar diferentes cantidades de energía específicas que se aplican a al menos dos regiones en el objeto. Las regiones y las diferentes cantidades de energía pueden ser especificadas por un usuario en función de características conocidas del objeto. En algunas realizaciones, se pueden especificar por otros medios las regiones y las diferentes cantidades de energía que se aplican o se disipan, tales como una etiqueta que puede ser leída (por ejemplo, una RF/código de barras) colocada sobre el objeto. Alternativa o adicionalmente, el procesador 30 puede ser configurado para detectar la ubicación del objeto y las características de absorción de energía dentro del objeto. El procesador (por ejemplo, el procesador 30 o 30C) puede determinar luego las regiones a las cuales se deben aplicar las cantidades de energía específicas. Por ejemplo, en relación con la Figura 1, el procesador 30 puede determinar las características del objeto 50 usando señales de retroalimentación adquiridas por elementos 18 radiantes y detectadas por el detector 40.

En la etapa 908X, un MSE adecuado o un sistema de suministro de energía adecuado que comprende dos o más MSE pueden seleccionarse para aplicar la energía electromagnética a la zona, con base en la cantidad objetivo determinada de energía o el patrón de disipación de energía dirigida en el objeto. Por ejemplo, el procesador 30 puede determinar la frecuencia, la fase, la amplitud o cualquier combinación de las mismas, de ondas electromagnéticas para ser transmitidas en la zona.

En la etapa 910X, el procesador puede regular la fuente de alimentación para aplicar la energía de acuerdo con el(los) MSE seleccionado(s). El procesador puede controlar los diversos parámetros asociados con el(los) MSE y regular los diversos componentes de la fuente para conseguir una distribución específica de energía en la zona de aplicación de la energía. Los ejemplos de controles se describen en relación con las Figuras 1 y 6A-6E. El procesador también puede regular el tiempo y la potencia durante los cuales se utiliza un MSE para aplicar energía.

En algunas realizaciones, se pueden seleccionar elementos radiantes para excitar un determinado modo de acuerdo con el posicionamiento de los elementos radiantes en la zona de aplicación de la energía. La posición del elemento

radiante se puede seleccionar para excitar efectivamente un modo deseado y/o para rechazar un modo indeseado. Esta y otras características opcionales de algunas formas de realización se explican a continuación haciendo referencia a las Figuras 11A, 11B, 11C, 12A y 12B.

5 El concepto de rechazar modos se ilustra con referencia a las Figuras 11A y 11B, que representan secciones transversales X-Y de dos modos 1802 y 1806 excitables en la cavidad 1800. El modo 1802 es un modo TM_{11} y el modo 1806 es un modo TM_{21} . El modo TM_{11} puede ser excitable a cada frecuencia que sea igual o mayor que una frecuencia de corte inferior f_{11} y TM_{21} puede ser excitable a cada frecuencia que sea igual o mayor que una frecuencia de corte mayor f_{21} . De este modo, a frecuencias intermedias entre f_{11} y f_{21} , TM_{11} puede ser excitado sin excitar TM_{21} , pero no existe ninguna frecuencia a la cual TM_{21} sea excitable y TM_{11} no. Por lo tanto, si se desea excitar TM_{11} a una frecuencia más alta que f_{21} sin excitar TM_{21} , TM_{21} puede tener que ser rechazada. En la presente descripción, el rechazo de un modo puede referirse a evitar o disminuir sustancialmente la excitación del modo.

15 En algunas formas de realización, se puede excitar un modo deseado y se puede rechazar simultáneamente un modo no deseado seleccionando mediante la excitación un elemento radiante posicionado en o cerca de una magnitud nula del modo indeseado y en o cerca de un máximo del modo deseado. Una magnitud nula de un modo es cualquier localización en la zona de aplicación de la energía en donde la intensidad de campo del modo es permanentemente (o en todas las fases) cero, y un máximo de un modo es cualquier localización en donde la intensidad del campo del modo alcanza un valor máximo total en todas las fases (o en cualquier instante). Un elemento radiante situado en la magnitud nula de un modo no excita el modo (independientemente de la frecuencia aplicada), y un elemento radiante situado cerca de la magnitud nula puede excitar el modo solamente en un pequeño grado. Por ejemplo, la línea 1803 en la Figura 11B es un conjunto de puntos nulos del modo TM_{21} . La línea 1803 es una sección transversal de un plano, que esté situado a lo largo del eje z. Este plano se denomina aquí como el plano 1803. Un elemento radiante situado en cualquier punto del plano 1803 no puede excitar el modo TM_{21} , incluso a frecuencias más altas que f_{21} .

20 El punto 1809 en la Figura 11B está en la línea 1803, y por lo tanto, una magnitud nula del modo TM_{21} . El punto 1809 es una sección transversal de una línea, que está situada a lo largo del eje z. Esta línea se denomina aquí como la línea 1809. Puesto que la línea 1809 dentro del plano 1803 no es una magnitud nula del modo TM_{11} (1802), el modo 1802 puede ser excitado mediante un elemento radiante situado en la línea 1809. En la práctica, el elemento radiante puede situarse en cualquier lugar en el plano 1803 sin excitar el modo 1806. De modo similar, el elemento radiante puede situarse en cualquier lugar en la línea 1809 para excitar el modo 1802 sin excitar el modo 1806. En algunas realizaciones, sin embargo, los elementos radiantes pueden situarse en la base superior (y/o inferior) de la cavidad, en una posición en el plano XY.

35 Otra forma de rechazar un modo puede incluir la utilización de dos o más elementos radiantes, situados en dos o más lugares en donde la magnitud del campo eléctrico del modo que va a ser rechazado es de signos opuestos. Por ejemplo, la Figura 12A ilustra la magnitud (normalizada) del campo eléctrico del modo 1806 a lo largo de la línea 1805. Como se ilustra en la figura, en $x = 0,5$ (que es un punto dentro del plano 1803), el campo es cero, en $x = 0,25$, el campo es +1 y en $x = 0,75$, el campo es -1. De este modo, en algunas realizaciones, se puede seleccionar dos elementos radiantes, uno en $x = 0,25$ y el otro en $x = 0,75$ (o cualesquiera otros dos puntos en donde el campo tenga signos opuestos y magnitudes iguales) para radiar ondas de RF a la misma amplitud y fase, para cancelarse entre sí y de este modo rechazar un modo indeseado. Si los campos en los sitios de los dos elementos radiantes tienen signos opuestos y diferentes valores absolutos, aún pueden ser utilizados para rechazar el modo indeseado, si, por ejemplo, sus amplitudes se ajustan de modo que la suma de los productos del campo y de la amplitud en cada posición del elemento radiante, sea cero. Conviene señalar que aunque la descripción anterior se concentra en diferentes puntos a lo largo del eje X, se pueden aplicar también consideraciones similares para los puntos que tengan diferentes valores de y/o valores de z.

40 En algunas realizaciones, se puede excitar un modo deseado emitiendo energía a través de dos antenas que están orientadas en sentido antiparalelo entre sí, o que están orientadas en forma paralela entre sí, pero emiten ondas con un desplazamiento de fase de 180° entre sí y están situadas en puntos en donde el patrón de campo tiene un signo opuesto. De modo similar, en algunas realizaciones, se pueden rechazar modos emitiendo energía a través de dos antenas que están orientadas en sentido antiparalelo entre sí, o que estén orientadas en forma paralela entre sí, pero emiten ondas con un desplazamiento de fase de 180° entre sí y situadas en puntos en donde el patrón de campo tiene el mismo signo.

55 La Figura 12B ilustra la magnitud (normalizada) del campo eléctrico del modo 1802 a lo largo de la línea 1805. Como se ilustra en la Figura, el campo es máximo en $x = 0,5$ y el campo en $x = 0,25$ es igual (tanto en magnitud como en signo) al campo en $x = 0,75$. De este modo, dos antenas, una en $x = 0,25$ y la otra en $x = 0,75$, que emiten a la misma amplitud y fase, pueden tender a excitar el modo 1802. Sin embargo, dos antenas que están orientadas en forma antiparalela entre sí o que están orientadas paralelas entre sí pero con un desplazamiento de fase de 180° entre sí, pueden rechazar el modo 1802. En consecuencia, la última combinación de antenas y fases puede excitar el modo TM_{21} y rechaza el modo TM_{11} .

60 En algunas realizaciones, un modo deseado y/o un modo indeseado es un modo resonante. Un modo resonante puede excitarse cuando la frecuencia f de la onda electromagnética corresponda con las dimensiones de la zona de aplicación de la energía en una forma conocida en la técnica. Por ejemplo, en una zona de aplicación de la energía que sea una

cavidad rectangular, un modo resonante puede excitarse cuando la dimensión, a lo largo de la cual se propaga la onda electromagnética, denominada aquí como h_z , es igual a $N(\lambda/2)$, en donde N es un número entero (por ejemplo, 0, 1, 2, 3) y λ es la longitud de onda, dada por la ecuación $\lambda = c/f$, en donde c es la velocidad de la luz en la cavidad. Un modo resonante se suele marcar con tres números de índice, en donde el tercer número de índice es N.

Cuando se excita un modo resonante único a una frecuencia dada, una gran parte de la potencia transmitida con la excitación puede ser transportada por el modo resonante, y otros modos, que pueden ser de propagación o evanescentes, pueden transportar una porción más pequeña de la potencia, que puede ser despreciable. De este modo, cuando se excita un solo modo resonante, puede existir poca o ninguna necesidad de rechazar modos no resonantes.

Por ejemplo, cuando $h_z = c/f_{21}$ (es decir, cuando $N = 2$), se pueden seleccionar las antenas y la frecuencia para excitar el modo TM_{21} y puede existir poca necesidad de rechazar, por ejemplo, el modo TM_{11} , porque, aunque el modo TM_{11} puede ser excitable a la frecuencia aplicada, puede transportar solamente una pequeña cantidad de la potencia, en comparación con la cantidad de potencia transmitida por el modo resonante TE_{212} .

De este modo, en algunas realizaciones, los modos resonantes se pueden usar para lograr la distribución de intensidad de campo objetivo. Esto puede facilitar el control sobre los modos excitados, proporcionando suficiente control del ancho de banda y de la frecuencia.

En algunas realizaciones, se puede facilitar adicionalmente la excitación del modo, (por ejemplo, facilitando los requerimientos de control del ancho de banda y de la frecuencia) mediante el uso de una cavidad degenerada. Una cavidad degenerada es una en la cual al menos una frecuencia de corte es una frecuencia de corte de dos o más modos de la misma familia (por ejemplo, dos modos TE). En forma similar, cada frecuencia de resonancia (excepto por, algunas veces, la más baja) pueden excitar dos o más modos resonantes de la misma familia. Algunas formas de cavidades degeneradas pueden incluir, por ejemplo, cilíndrica y la esférica.

En algunas realizaciones, un modo resonante deseado y uno o más modos resonantes no deseados pueden ser excitados a la misma frecuencia y los modos no deseados pueden ser rechazados como se describió anteriormente. Por ejemplo, la misma frecuencia que excita al modo TM_{212} , una sección transversal que se ilustra como 1806 en la Figura 12B puede excitar también el modo TM_{212} , una sección transversal que se ilustra como 1808 en la Figura 11C. Sin embargo, si la excitación es a través de un elemento radiante posicionado en una magnitud nula del modo 1808, que no es una magnitud nula del modo 1806, únicamente se puede excitar el modo 1808. Por ejemplo, si el elemento radiante irradia una frecuencia $f_{12} = f_{21}$ en el punto 1809, como se ilustra en las Figuras 11B y 11C, únicamente se puede excitar el modo 1808.

De este modo, de acuerdo con algunas realizaciones, se proporciona un aparato para excitar múltiples modos (por ejemplo, 3, 4, 5, 6, 7 o un número mayor de modos) y puede controlar cuál de los múltiples modos es efectivamente excitado en cada caso dada. El aparato puede incluir un procesador, configurado para determinar cuál de los múltiples modos va a ser efectivamente excitado en algún caso, que puede seleccionar un sistema de excitación que pueda efectivamente excitar solamente el modo determinado. El esquema de excitación puede incluir, por ejemplo, una identificación de elemento radiantes que participan en la excitación (y opcionalmente, cortocircuitando los elementos radiantes no seleccionados), ajustando la diferencia de fase entre dos o más de los elementos radiantes seleccionados y ajustando las diferencias de amplitud entre ellos, de modo que el modo predeterminado pueda ser efectivamente excitado y otros modos puedan ser rechazados. En algunas realizaciones, el procesador puede ser configurado para determinar los modos que van a ser excitados para excitar un patrón de campo predeterminado, por ejemplo, para aplicar una primera cantidad predeterminada de energía a una primera región en la zona de aplicación de la energía y una segunda cantidad predeterminada de energía a una segunda región en la zona de aplicación de la energía, en donde la primera cantidad predeterminada de energía puede ser diferente de la segunda cantidad predeterminada de energía.

Algunas realizaciones pueden incluir además, un método para aplicar energía electromagnética a un objeto. Tal método de aplicación de energía puede ser implementado, por ejemplo, a través de al menos un procesador que implementa una serie de etapas de proceso 900Y tal como aquellas expuestas en el diagrama de flujo de la Figura 13.

El método 900Y de la Figura 13 puede incluir la colocación de un objeto en una zona degenerada de aplicación de energía (etapa 902Y). Por ejemplo, el objeto 50 (o una porción del mismo) puede ser colocado en la cavidad 20. En algunas realizaciones, la cavidad 20 puede incluir una cavidad degenerada, tal como aquellas ilustradas en la Figura 2 y en las Figuras 14A-14D. En algunas realizaciones, sin embargo, el método puede ponerse en práctica sobre objetos ya colocados en la zona de aplicación de la energía. Alternativamente, la zona de aplicación de la energía puede no incluir una cavidad degenerada.

El método puede incluir además, la determinación de un modo dominante que se excita en la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, el modo 1802 puede ser el modo dominante deseado que se va a excitar, como se ilustra en la Figura 11A. El modo dominante puede ser determinado, por ejemplo, mediante el recibo de una instrucción a través de una interfaz, hallando un modo que se va a determinar en una tabla de consulta, o decidiendo de cualquier otra forma, sobre un modo que se va a excitar. En algunas realizaciones, el procesador puede ser configurado para determinar los

modos que se van a excitar para excitar un patrón de campo predeterminado, por ejemplo, para aplicar una primera cantidad predeterminada de energía a una primera región en la zona de aplicación de la energía y una segunda cantidad predeterminada de energía a una segunda región en la zona de aplicación de la energía, en donde la primera cantidad predeterminada de energía es diferente de la segunda cantidad predeterminada de energía.

En la etapa 906Y, se puede determinar la estrategia de colocación/selección de la antena. La selección de la antena se puede llevar a cabo, por ejemplo, sin aplicación de potencia a ninguna de las antenas no seleccionadas. La colocación de la antena puede ser predeterminada para un modo específico de excitación o puede ser determinada dinámicamente durante un proceso de aplicación de energía. La colocación deseada de antenas también se puede lograr seleccionando una o más antenas en un arreglo de antenas. El procesador 30 puede terminar la estrategia de selección dependiendo del modo específico en que es excitado o rechazado.

El método puede implicar además la aplicación de energía electromagnética a una frecuencia predeterminada (etapa 908Y) que puede excitar efectivamente uno o más modos en la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, el procesador 30 puede regular la fuente para aplicar la energía electromagnética a una o más frecuencias predeterminadas. En algunas realizaciones, la fuente puede ser configurada para aplicar energía a las frecuencias de resonancia de la zona de aplicación de la energía.

En la etapa 910Y, el procesador 30 puede regular la fuente para excitar un modo dominante en la zona de aplicación de la energía. Por ejemplo, mediante el suministro de energía electromagnética a través de una antena específica o combinación de antenas en sitios particulares, el modo dominante puede ser excitado con un grado de pureza especificado, y se pueden rechazar uno o más de otros modos. El grado de pureza puede ser definido, por ejemplo, por la porción de la potencia aplicada a la zona de aplicación de la energía en el modo.

La Figura 15 ilustra otro ejemplo de un proceso 1000 para aplicar energía electromagnética a un objeto en una zona de aplicación de la energía. En la etapa 1002, se puede colocar un objeto en una zona de aplicación de energía, que puede ser degenerada o no, en forma similar a la etapa 902Y, como se describió anteriormente. En algunas realizaciones, el método puede ser llevado a cabo sobre objetos ya colocados en la zona de aplicación de la energía, y la colocación no es una etapa en el método.

En la etapa 1004, el procesador 30 puede determinar una frecuencia o un conjunto de frecuencias a las cuales se puede aplicar energía electromagnética a la zona de aplicación de la energía. En algunas realizaciones, el procesador 30 puede determinar un MSE o un conjunto de MSE en los cuales se puede aplicar energía electromagnética a la zona de aplicación de la energía. En algunas realizaciones, un procesador 30 puede determinar primero la frecuencia de resonancia más baja asociada con la zona de aplicación de la energía, con base en la geometría de la zona y opcional o alternativamente con base también en lecturas experimentales de reflexión y transmisión de la energía de la zona a diferentes frecuencias. El procesador 30 puede determinar luego una o más frecuencias con base en la frecuencia de resonancia más baja, por ejemplo, una o más frecuencias en o por encima de la frecuencia de resonancia más baja. En otras realizaciones, el procesador 30 puede determinar las frecuencias como frecuencias de resonancia de la zona de aplicación de la energía con base, por ejemplo, en ecuaciones que asocian las frecuencias de resonancia con los índices de modos y las dimensiones de las cavidades. Adicional o alternativamente, las frecuencias de resonancia pueden ser determinadas analizando la potencia recibida desde la zona. El procesador 30 puede determinar también las frecuencias con base en la entrada recibida a través de una interfaz, por ejemplo, entrada de usuario, entrada desde la Internet o entrada desde otras fuentes. En algunas realizaciones, se pueden predeterminar una o más frecuencias o MSE y se puede omitir la etapa 1004.

En la etapa 1006, el procesador 30 puede determinar una o más estrategias de colocación/selección de antenas a cada frecuencia seleccionada. Por ejemplo, el procesador 30 puede determinar un modo dominante deseado correspondiente en cada una de las frecuencias seleccionadas y determinar las ubicaciones apropiadas de las antenas para excitar los modos dominantes deseados y/o para rechazar uno o más modos no deseados. En algunas realizaciones, se pueden determinar las estrategias de colocación/selección de antenas y se puede omitir la etapa 1006.

En la etapa 1008, el procesador 30 puede determinar un suministro específico de energía o un patrón de campo específico correspondiente a una aplicación deseada de energía o perfil de suministro en la zona de aplicación de la energía. El perfil de suministro específico de energía puede incluir una distribución de energía que puede ser suministrada al objeto. En algunas realizaciones, el perfil de suministro específico de energía se puede determinar con base en las características de absorción de energía u otras propiedades asociadas con diferentes regiones del objeto y/o de la zona de aplicación de la energía. En algunas realizaciones, el perfil de suministro específico de energía puede incluir diferentes cantidades de energía a diferentes regiones del objeto y/o de la zona de aplicación de energía. Por ejemplo, si un plato colocado en la zona de aplicación de energía contiene vegetales en un lado y carne en el otro lado, el perfil de suministro de energía dirigida puede ser determinado de tal forma que se suministre o aplique la mayor cantidad de energía a la carne en vez de a los vegetales.

Un perfil de suministro de energía deseado puede lograrse mediante la manipulación de uno o más MSE para generar uno o más patrones de campo dirigidos o deseados a través de los cuales se puede aplicar una cantidad deseada de energía en sitios específicos en la cavidad, uno por uno. Es decir, cada aplicación sucesiva del patrón de campo puede

aplicar una cierta cantidad de energía a ciertos sitios dentro de la zona de aplicación de la energía. Después de una serie de aplicaciones de patrones de campo, la cantidad neta total de energía integrada en el tiempo aplicada a un objeto o región dentro de la zona de aplicación de la energía puede corresponder con el perfil de suministro de energía deseado.

5

En algunas realizaciones, las regiones dentro de la zona de aplicación de la energía y las cantidades específicas de energía que se aplican a esas regiones pueden ser especificadas por un usuario, por ejemplo, en función de las características conocidas del objeto. Alternativa o adicionalmente, un procesador 30 puede ser configurado para detectar la ubicación del objeto y/o las características de absorción de energía dentro del objeto. El procesador 30 puede determinar luego las regiones a las cuales se aplicará energía y la cantidad específica de energía que debe ser aplicada a cada región. Por ejemplo, volviendo a la Figura 1, el procesador 30 puede determinar las características del objeto 50 usando señales de retroalimentación adquiridas usando elementos 18 radiantes y el detector 40. El procesador 30 puede compilar, luego un perfil de suministro de energía para proporcionar una cierta cantidad de energía al volumen que corresponde al objeto 50 (o incluso a diferentes porciones del objeto 50) y otra cantidad de energía al volumen que rodea al objeto 50. El procesador 30 determinará luego la combinación de patrones de campo a aplicar con el fin de proporcionar el perfil de suministro de energía deseado.

10

15

En algunas realizaciones, el perfil de suministro de energía específico puede ser discretizado de acuerdo con una discretización de la cavidad 20, utilizando estrategias de discretización tal como aquellas ilustradas en las Figuras 8A-8C.

20

En la etapa 1010, el procesador 30 puede determinar las ponderaciones de los modos que se van a excitar en la zona, con el fin de lograr el perfil de suministro de energía específico o los patrones de campo específicos. En algunas realizaciones, el procesador 30 puede determinar las ponderaciones de los MSE que se van a aplicar en la zona, con el fin de lograr el perfil de suministro de energía específico o los patrones de campo específicos. Cada combinación de frecuencias o MSE, como se determina en la etapa 1004 y la colocación/selección de antenas, como se determine en la etapa 1006, pueden denominarse como un esquema de suministro de energía. Cada esquema de suministro de energía, cuando se ejecuta para regular la fuente para suministro de energía al objeto, puede excitar un modo o una combinación de modos en la zona de aplicación de la energía. El procesador 30 puede predecir las distribuciones de campo de estos modos a través de pruebas, simulación o cálculos analíticos. Por ejemplo, se puede construir una matriz I que registre los diferentes modos en una forma discretizada.

25

30

En la etapa 1012, el procesador 30 puede regular la fuente para aplicar energía al objeto de acuerdo con los esquemas de suministro de energía determinados (por ejemplo, combinaciones de frecuencias y/o de otros MSE y opcionalmente las estrategias de colocación y/o selección de la antena) y las ponderaciones. Por ejemplo, se puede regular la fuente como se describe en relación con las Figuras 6A a 6E.

35

La utilización de la localización de la antena para excitar o rechazar modos puede mejorar significativamente la inmunidad al ruido y la capacidad de resolución de la técnica de suministro de energía controlada espacialmente. Mediante el uso de una o más antenas colocadas en posiciones específicas con relación a los modos deseado o no deseado, puede estar disponible un grado adicional de libertad para controlar el suministro de la energía.

40

Algunas realizaciones pueden incluir un aparato para excitar una distribución de intensidad de campo electromagnético específico en una zona de aplicación de la energía. La distribución de la intensidad de campo electromagnético específico puede ser casi "arbitraria", ya que puede ser una combinación lineal de un número grande de modos u otros patrones de campo linealmente independientes. Por ejemplo, se puede configurar el aparato para excitar en la zona de aplicación de la energía, cinco modos. Considerando que cada modo puede tener una ponderación entre 0 y 1, las diferentes combinaciones lineales pueden dar como resultado miles de diferentes distribuciones diferentes de intensidades de campo. Por ejemplo, si el número de ponderaciones disponibles que puedan estar asociados con cada uno de los cinco modos, es 5, el número de diferentes combinaciones lineales es aproximadamente de 3000. Los ejemplos de números de modos que pueden ser usados incluyen cualquier número mayor que 1. Sin embargo, ya que números más grandes de modos permiten un mejor ajuste a una distribución de intensidad de campo específica más diversa, pueden ser convenientes mayores números de modos. Por otro lado, la excitación de un gran número de modos, cada uno en una forma relativamente pura, puede ser más desafiante. Por lo tanto, en algunas realizaciones, el número de modos disponibles puede estar entre 3 y 10, por ejemplo, 3, 4, 5, 6 o 7.

45

50

55

En algunas realizaciones, una distribución específica de intensidad de campo puede ser no uniforme, por ejemplo, la distribución específica de intensidad del campo puede incluir una primera intensidad de campo en una primera región y una segunda intensidad de campo en una segunda región. La diferencia entre las intensidades de campo en las dos regiones puede ser mayor que un valor de umbral. Por ejemplo, la diferencia puede ser mayor al 10%, 20%, 50% o cualquier otra diferencia que pueda ser significativa para la aplicación en cuestión.

60

En algunas realizaciones, el aparato puede comprender un procesador (por ejemplo, un procesador 30 o 30C) que, en operación, puede seleccionar uno o más patrones de campo, a partir de múltiples patrones de campo electromagnéticos disponibles para el procesador, las que tienen lugar en la excitación de una distribución dada de intensidad específica de campo. Los patrones de campo disponibles pueden depender de los MSE disponibles, ya que usualmente cada MSE

65

está asociado con un patrón de campo. Los patrones de campo o los MSE correspondientes pueden ser seleccionados por el procesador con base en la distribución específica de intensidad de campo electromagnético. Por ejemplo, el procesador puede asignar ponderaciones a los diferentes patrones de campo, de tal manera que la suma de los patrones de campo ponderados sea igual a la distribución específica de intensidad de campo, al menos dentro de alguna tolerancia especificada. Los patrones de campo seleccionados pueden ser únicamente aquellos que tengan una ponderación mayor que un umbral mínimo. En algunas realizaciones, se seleccionan primero los modos, por ejemplo, con base en la comparación entre sus características de simetría y las características de simetría de la distribución específica, y únicamente los modos seleccionados, por ejemplo, aquellos que tienen la simetría adecuada, pueden ser seleccionados y ponderados.

En algunas realizaciones, el procesador puede causar la excitación de los patrones de campo seleccionados, opcionalmente, de acuerdo con sus ponderaciones. La excitación de los patrones de campo de acuerdo con su ponderación puede incluir la excitación de cada uno de ellos hasta un periodo de tiempo proporcional a la ponderación, con un nivel de potencia proporcional a la ponderación, con un nivel de potencia y durante un tiempo tal que su producto (potencia multiplicada por el tiempo) sea proporcional a la ponderación o de otra forma. El factor de proporcionalidad, por ejemplo, entre la duración y la ponderación puede ser igual para todos los modos.

En algunas realizaciones, el procesador puede determinar la distribución específica de la intensidad de campo. Por ejemplo, el procesador puede recibir indicadores en cuanto a la distribución específica de la intensidad de campo a través de una interfaz. Los indicadores pueden incluir, por ejemplo, caracterizaciones de un objeto que va a ser calentado en la zona de aplicación de la energía, y el procesador puede determinar la intensidad específica del campo usando una tabla de consulta dispuesta de acuerdo con estas caracterizaciones. En otro ejemplo, el procesador puede recibir una distribución deseada de intensidad de campo y convertirla en una distribución específica de intensidad de campo, por ejemplo, mediante suavizado. En algunas realizaciones, el procesador puede adquirir una distribución específica de intensidades de campo o una indicación de la misma a través de una o más etiquetas que pueden ser leídas (por ejemplo, un RFID o un código de barras, etc.) asociadas con el objeto.

En algunas realizaciones, pueden estar disponibles varios elementos radiantes para el procesador para excitación de los patrones de campo y el procesador puede seleccionar uno o más de ellos para excitar a cada uno de los patrones de campo seleccionados. En algunas realizaciones, el número de elementos radiantes disponibles es al menos tan grande como el número de modos disponibles. Por ejemplo, pueden estar disponibles tres o más elementos radiantes para excitar 3 modos. Teniendo al menos un elemento radiante por modo puede ser útil para rechazar modos indeseados que pueden ser excitados en la zona de aplicación de la energía por los elementos radiantes si no se rechazan.

La selección de modos (u otros patrones de campo linealmente independientes) puede, por ejemplo, estar basada en la posición de los elementos radiantes disponibles. Opcionalmente, la selección puede basarse en las posiciones anteriormente mencionadas y en el valor de campo del patrón de campo que va a ser excitado en la posición del elemento radiante, por ejemplo, como se discutió anteriormente. En algunas realizaciones, los patrones de campo, excitados para obtener la distribución específica de intensidad de campo, están predeterminados. Por ejemplo, el procesador puede tener preajustes de los MSE correspondiendo cada uno a uno de los modos disponibles y todos los patrones de campo excitados pueden ser combinaciones lineales de estos modos. Después de asignar las ponderaciones a los diferentes modos, el procesador puede hacer que una fuente electromagnética haga un barrido sobre los MSE preestablecidos con las ponderaciones asignadas, excitando así en la zona de aplicación de energía, la distribución específica de intensidad de campo.

La Figura 16 es un diagrama de flujo de un método 1600 de excitación de una distribución específica de intensidad de campo electromagnético en una zona de aplicación de energía de acuerdo con algunas realizaciones. Como se ilustra en la Figura, el método 1600 puede incluir la selección de uno o más patrones de campo, como se indica en la etapa 1602. La selección puede basarse en una distribución específica de intensidad de campo electromagnético. La selección puede ser de múltiples patrones de campo electromagnético. Los patrones de campo electromagnético pueden ser predeterminados. Adicional o alternativamente, los patrones de campo electromagnético pueden incluir al menos tres modos u otros patrones de campo linealmente independientes. Opcionalmente, los patrones de campo electromagnético incluyen también algunas combinaciones lineales de los tres modos. En algunas realizaciones, la etapa 1602 es llevada a cabo por un procesador.

El método 1600 puede incluir también una etapa de ponderación de los patrones de campo seleccionados (1604). La ponderación puede ser tal que la suma de las distribuciones de intensidades de campo de los patrones de campo ponderados sea igual a la distribución específica de intensidad de campo, por ejemplo, para aplicar una primera cantidad predeterminada de energía a una primera región en la zona de aplicación de energía y una segunda cantidad predeterminada de energía a una segunda región en la zona de aplicación de energía. En algunas realizaciones, la primera cantidad predeterminada de energía puede ser diferente de la segunda cantidad predeterminada de energía.

El método 1600 también puede incluir una etapa de excitación de los uno o más patrones de campo seleccionados (1606). Esta excitación puede ser de acuerdo con sus ponderaciones. El proceso puede incluir, opcionalmente, como parte de la etapa 1606 de excitación, la selección de uno o más elementos radiantes para excitar cada una de las

distribuciones seleccionadas de intensidades de campo. La selección puede basarse en la posición del elemento radiante seleccionado (o no seleccionado) y en algunas realizaciones, también en la relación entre esta posición y el valor del campo del patrón de campo en la posición antes mencionada.

5 En la descripción anterior de las realizaciones que sirven de ejemplo, se agrupan diferentes características en una sola realización con el propósito de racionalizar la divulgación. Este método de divulgación no debe interpretarse en el
10 sentido de que refleja la intención de que las reivindicaciones requieren más características que las expresamente indicadas en cada reivindicación. En vez de eso, como lo reflejan las siguientes reivindicaciones, los aspectos inventivos no se apoyan en todas las características de una sola realización divulgada anteriormente. Por lo tanto, las siguientes reivindicaciones se incorporan aquí en esta descripción de las realizaciones que sirven de ejemplo, con cada reivindicación establecida por sí sola como una realización separada.

15 Además, será evidente para aquellos ordinariamente capacitados en la técnica a partir de la consideración de la memoria descriptiva y la práctica de la presente divulgación que pueden hacerse diferentes modificaciones y variaciones a los sistemas y métodos divulgados sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. Por lo tanto, se entiende que la memoria descriptiva y los ejemplos se consideran únicamente como ejemplos, estando el verdadero alcance de la presente invención indicado por las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes.

Reivindicaciones

- 5 1. Un aparato para aplicar energía electromagnética a una frecuencia o frecuencias en el intervalo de frecuencias de 1 MHz a 100 GHz a un objeto (50) en una cavidad (20) a través de al menos un elemento (18) radiante, comprendiendo el aparato:
- un procesador (30) configurado para:
- asociar una primera región y una segunda región en la cavidad con la primera y segunda cantidades respectivas de energía RF que va a ser aplicada a la primera y segunda regiones, en donde la primera cantidad de energía es diferente de la segunda cantidad de energía;
- 10 seleccionar, a partir de múltiples patrones de campo electromagnéticos, una pluralidad de patrones de campo para aplicación específica de energía a la primera y segunda regiones y
- regular una fuente con el fin de aplicar, mediante excitación de los patrones de campo seleccionados en la cavidad, la primera cantidad de energía RF a la primera región en la cavidad y la segunda cantidad de energía RF a la segunda región en la cavidad.
- 15 2. Un aparato de acuerdo a la reivindicación 1, en donde el procesador (30) está configurado para distinguir entre ubicaciones de la primera región y de la segunda región.
3. Un aparato de acuerdo a la reivindicación 1 o 2, en donde el procesador (30) está configurado para seleccionar secuencialmente múltiples patrones diferentes de campo electromagnético.
- 20 4. Un aparato de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde el procesador (30) está configurado para aplicar energía a la primera región y a la segunda región con base en una indicación de la energía disipada en cada región.
- 25 5. Un aparato de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde la fuente está configurada para suministrar energía electromagnética a través de una pluralidad de elementos (18) radiantes, y en donde el procesador está configurado para regular la fuente para suministrar energía con diferentes amplitudes simultáneamente a al menos dos elementos radiantes.
6. Un aparato de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde el procesador (30) está configurado para controlar la fuente de manera que una cantidad de energía aplicada a la primera región es diferente de una cantidad de energía aplicada a la segunda región, y la energía absorbida en la primera región es sustancialmente igual a la energía absorbida en la segunda región.
- 30 7. Un aparato de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde el procesador (30) está configurado para:
- determinar la información que indica una ubicación espacial del objeto (50) en la cavidad (20);
- identificar un primer patrón de campo que tiene una primera región (84) de alta intensidad correspondiente a una primera área de la ubicación espacial del objeto;
- 35 identificar un segundo patrón de campo que tiene una segunda región (86) de alta intensidad correspondiente a una segunda área de la ubicación espacial del objeto, en donde la primera área es diferente de la segunda área; y
- controlar la fuente de aplicación del primer patrón de campo y el segundo patrón de campo a la cavidad.
8. Un método para aplicar energía electromagnética a una frecuencia o frecuencias en un intervalo de frecuencias de 1 MHz a 100 GHz a un objeto (50) en una cavidad (20) utilizando una fuente de energía electromagnética regulada por un procesador (30), comprendiendo el método:
- 40 la asignación, por parte del procesador, de una primera cantidad de energía que se aplica a una primera región y una segunda cantidad de energía que se aplica a una segunda región; la selección, por parte del procesador, de múltiples patrones de campo electromagnético, una pluralidad de los patrones de campo para aplicación específica de energía a la primera y segunda regiones; y
- 45 la regulación de la fuente para aplicar, mediante excitación los patrones de campo seleccionados en la cavidad, la primera cantidad de energía a la primera región y la segunda cantidad de energía a la segunda región, en donde la primera cantidad de energía es diferente de la segunda cantidad de energía.

9. El método de la reivindicación 8, en donde la primera y segunda cantidades de energía son determinadas por el procesador (30).
- 5 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en donde la aplicación incluye proporcionar dos o más ondas estacionarias en el cavidad (20), teniendo cada una de las ondas estacionarias al menos una región (84) de alta intensidad y al menos una región de baja intensidad, en donde las intensidades de campo asociadas con las regiones de alta intensidad son mayores que las intensidades de campo asociadas con regiones de baja intensidad, y en donde la regulación incluye seleccionar al menos una de las ondas estacionarias donde al menos una región de alta intensidad coincide con una ubicación de al menos una porción del objeto (50), y aplicar al menos las ondas estacionarias seleccionadas a la cavidad.
- 10 11. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, comprendiendo el método:
la determinación de la información que indica una ubicación espacial del objeto en la cavidad (20);
la identificación de un primer patrón de campo que tiene una primera región (84) de alta intensidad correspondiente a una primera área de la ubicación espacial del objeto;
15 la identificación de un segundo patrón de campo que tiene una segunda región (86) de alta intensidad correspondiente a una segunda área de la ubicación espacial del objeto, en donde la primera área es diferente de la segunda área; y
el control de la fuente para aplicar el primer patrón de campo y el segundo patrón de campo a la cavidad.
12. Un método según la reivindicación 11, que comprende la determinación de las ubicaciones de la primera y la segunda regiones en la cavidad (20) de acuerdo con la primera y la segunda áreas.
- 20 13. Un método según la reivindicación 11, que comprende el control de la fuente para que la energía absorbida en la primera área sea sustancialmente igual a la energía absorbida en la segunda área.
14. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende el control de la fuente para que la energía absorbida en la primera región sea sustancialmente igual a la energía absorbida en la segunda región.

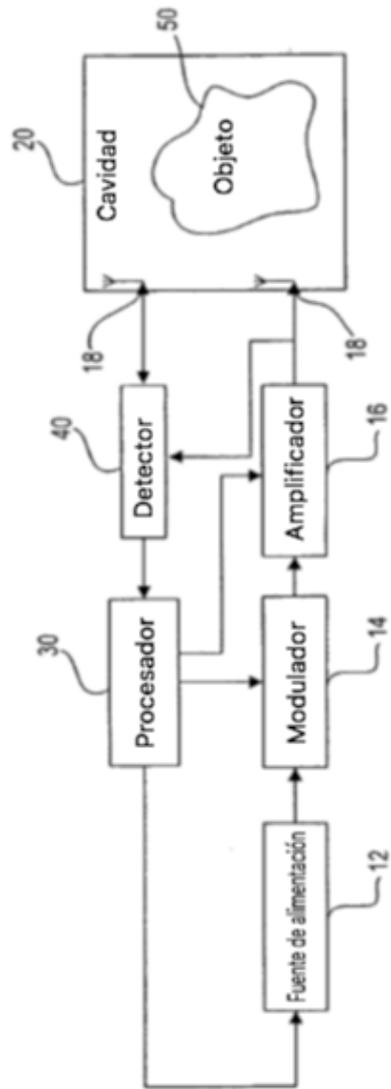


Fig. 1

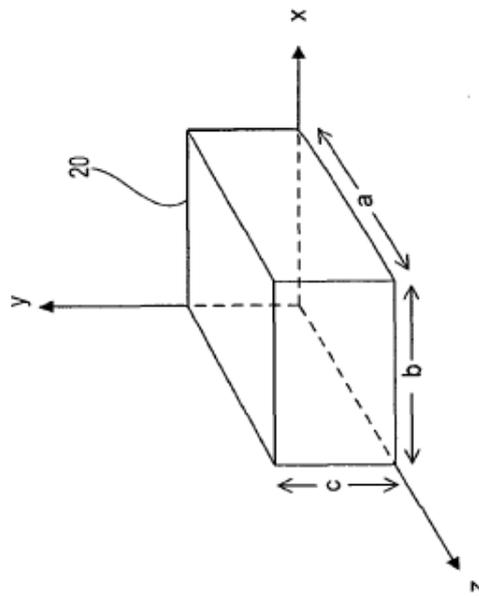


Fig. 2A

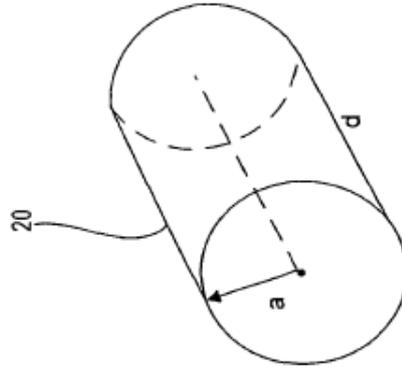


Fig. 2B

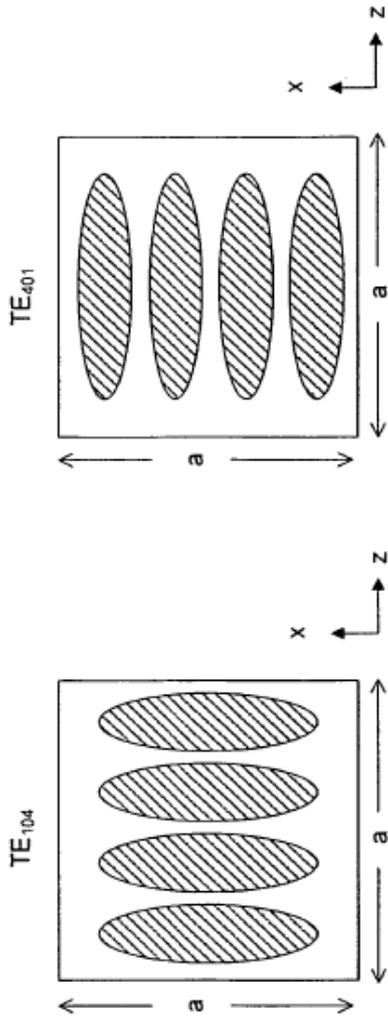


Fig. 3A

Fig. 3B

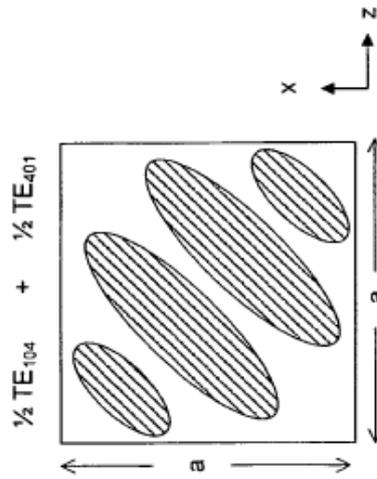


Fig. 3C

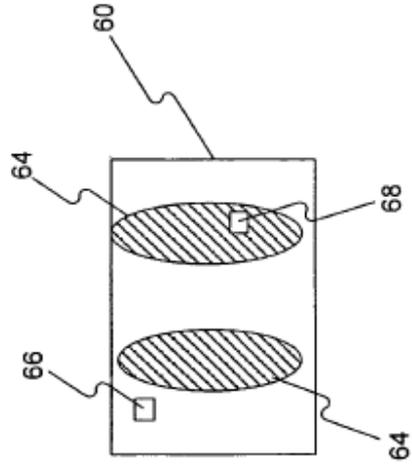


Fig. 4B

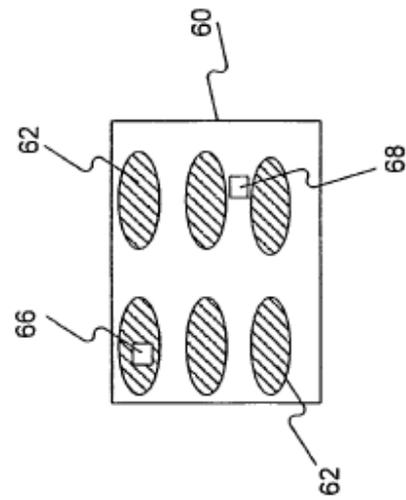


Fig. 4A

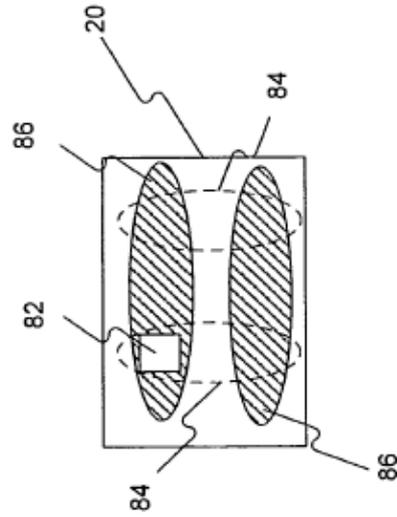


Fig. 4D

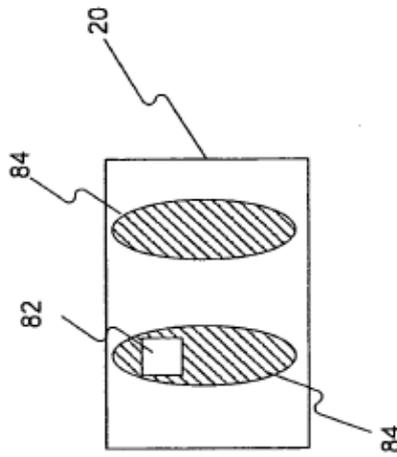


Fig. 4C

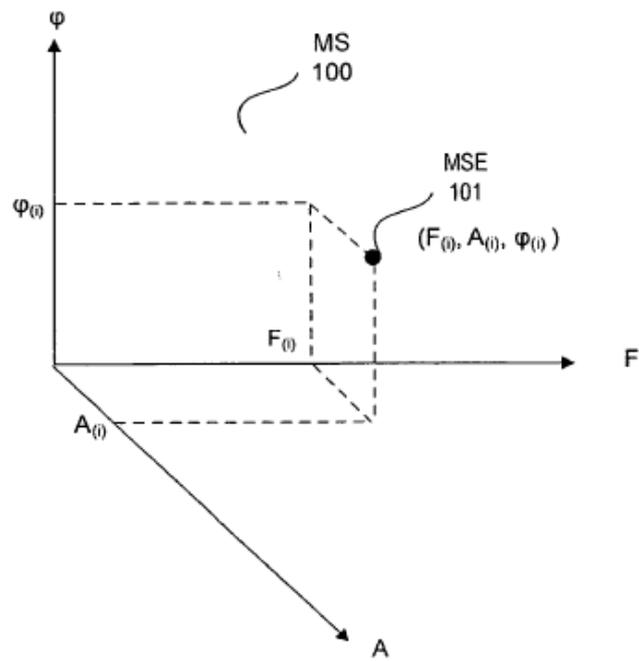


FIG. 5

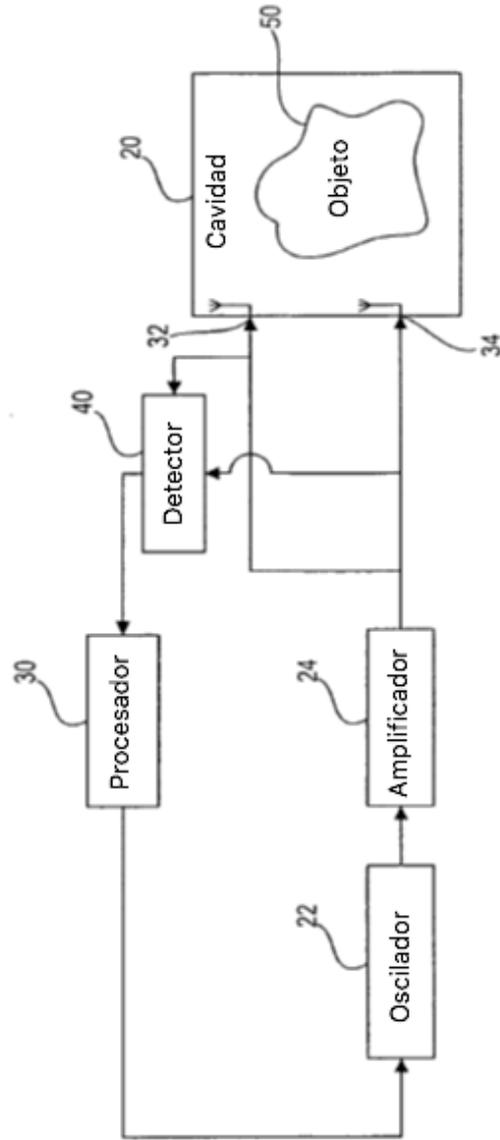


Fig. 6A

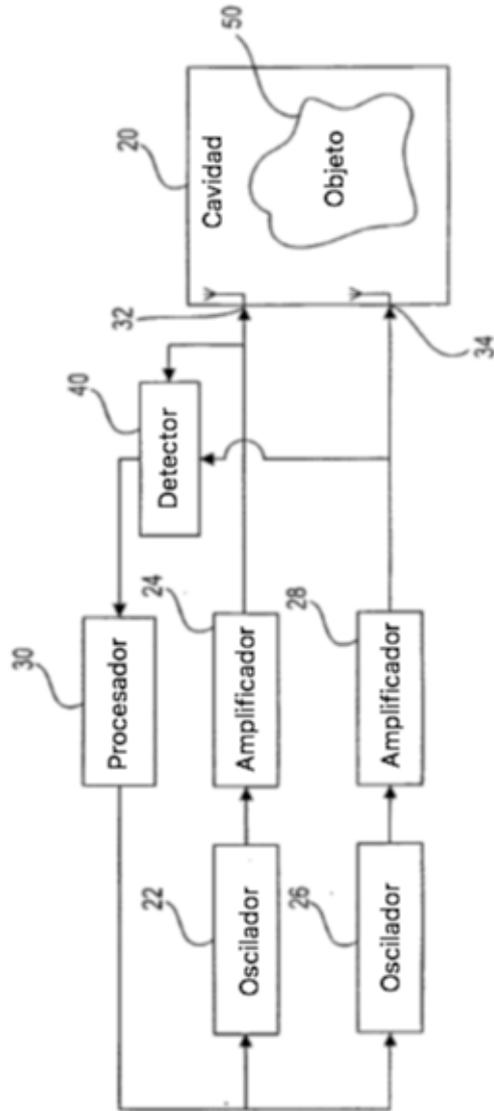


Fig. 6B

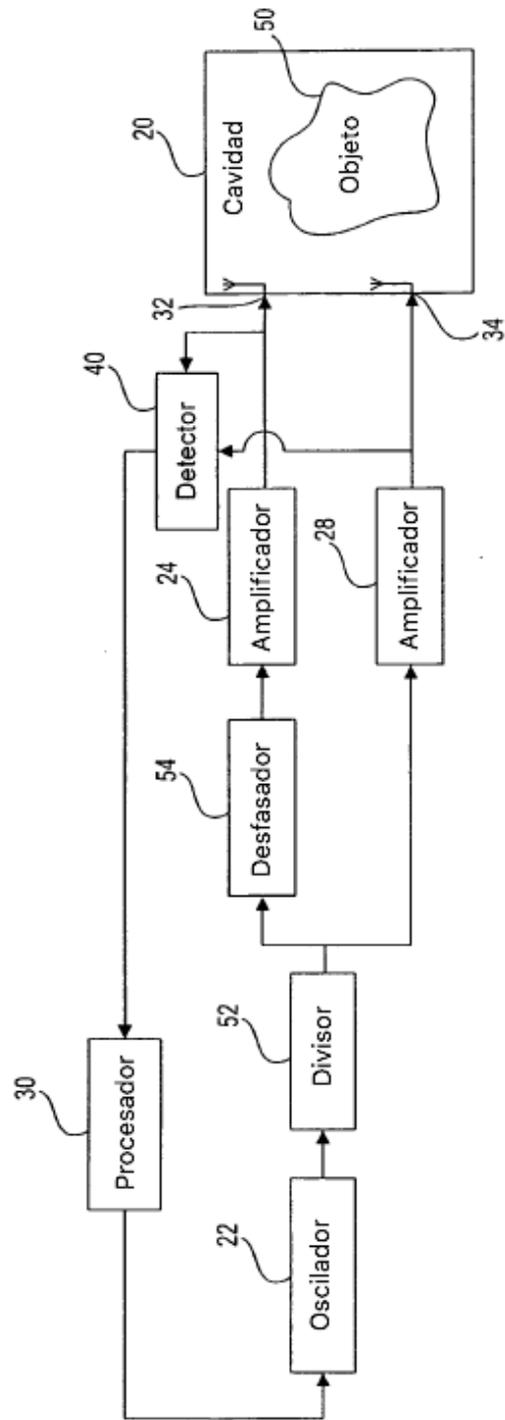


Fig. 6C

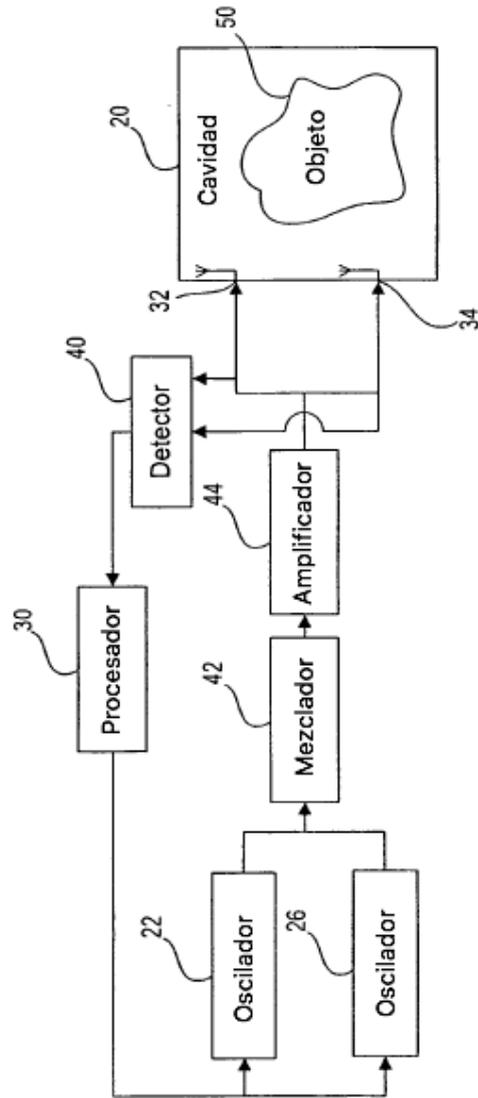


Fig. 6D

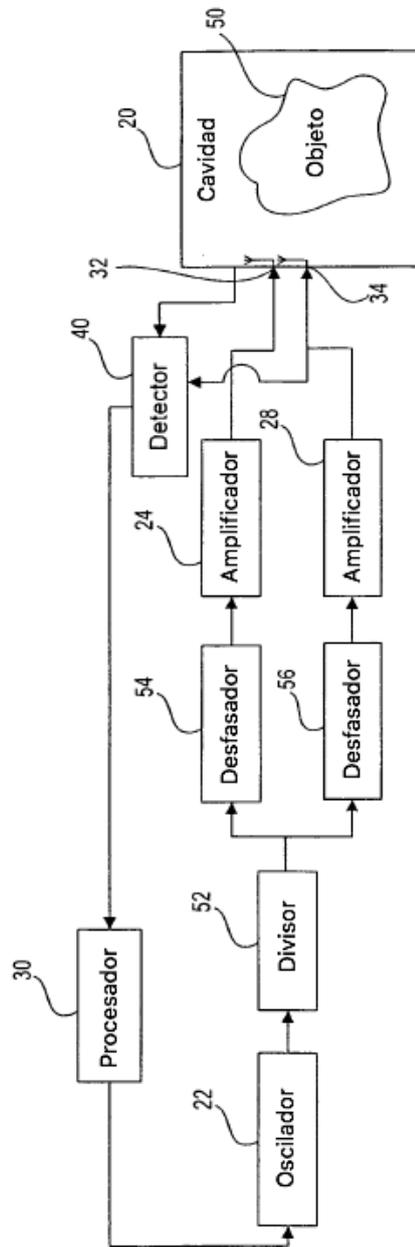


Fig. 6E

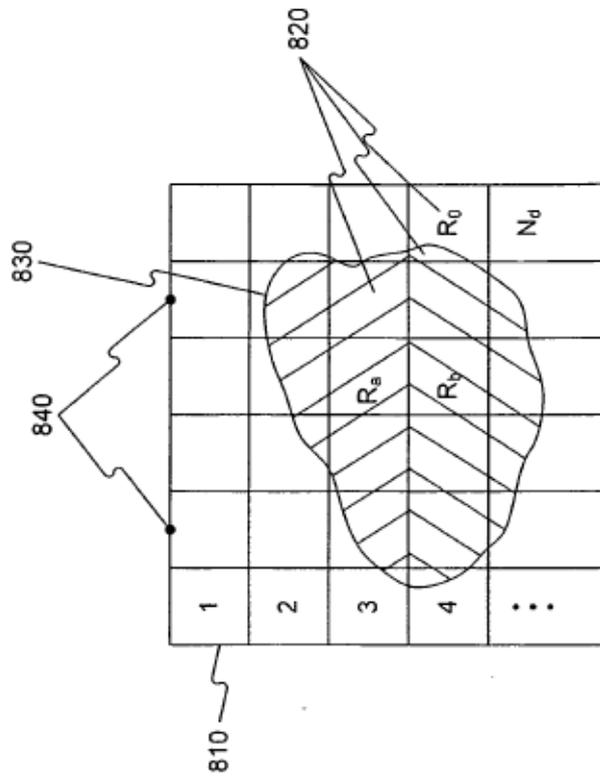


Fig. 7

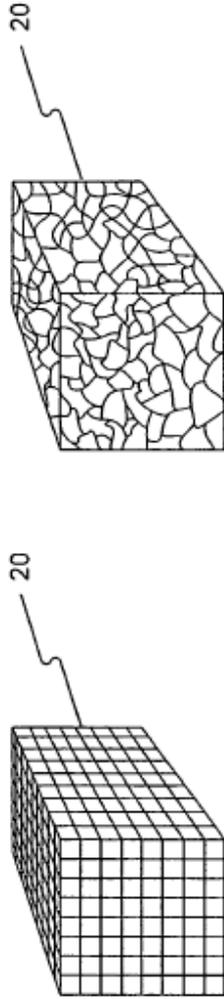


Fig. 8A

Fig. 8B



Fig. 8C

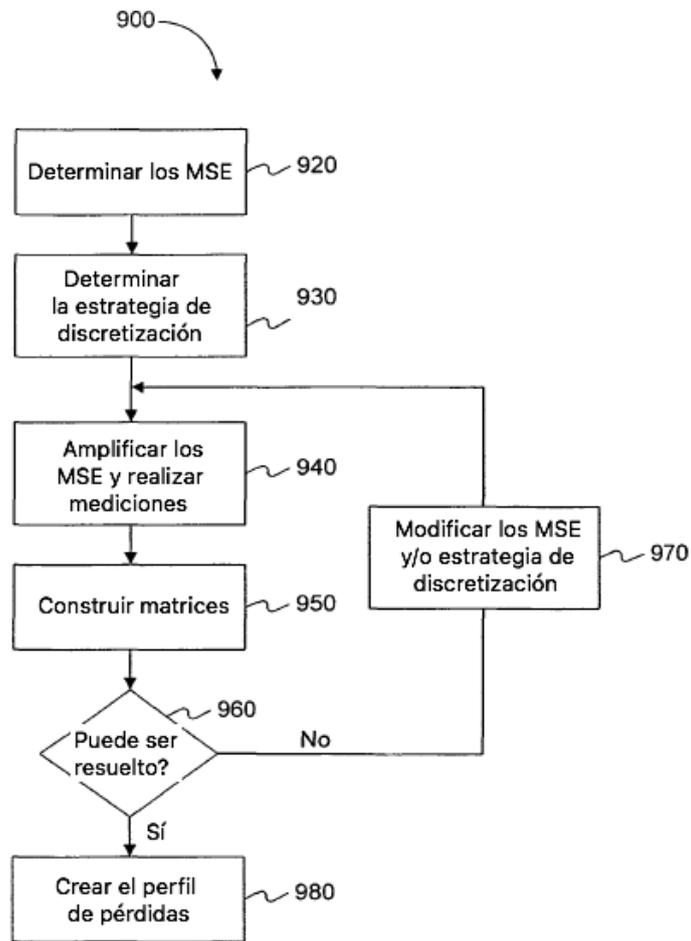


Fig. 9A

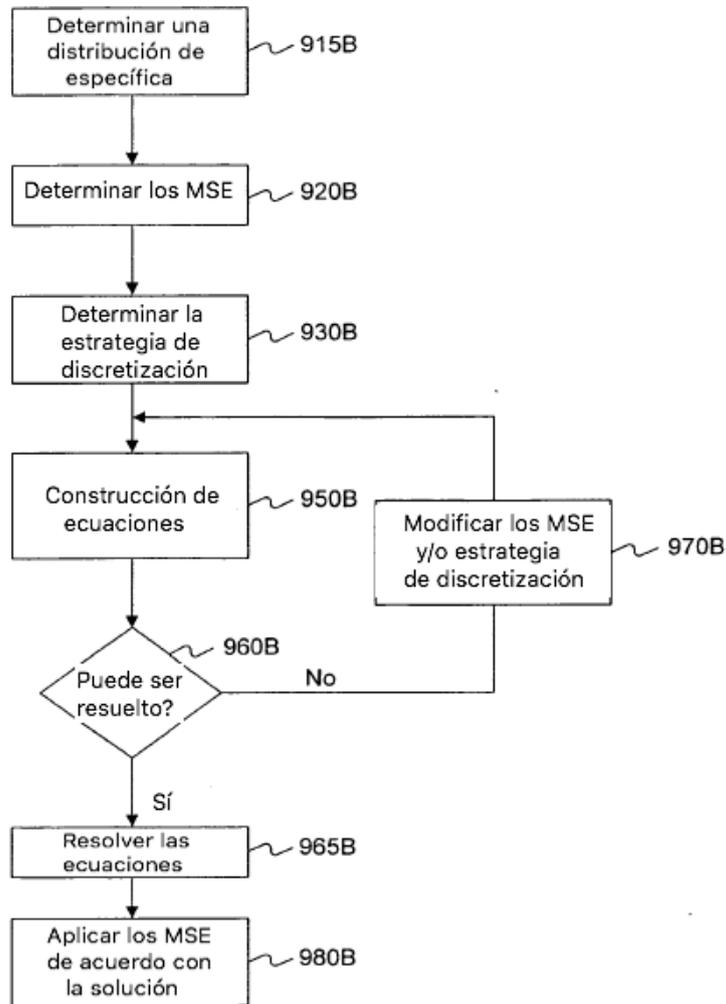


Fig. 9B

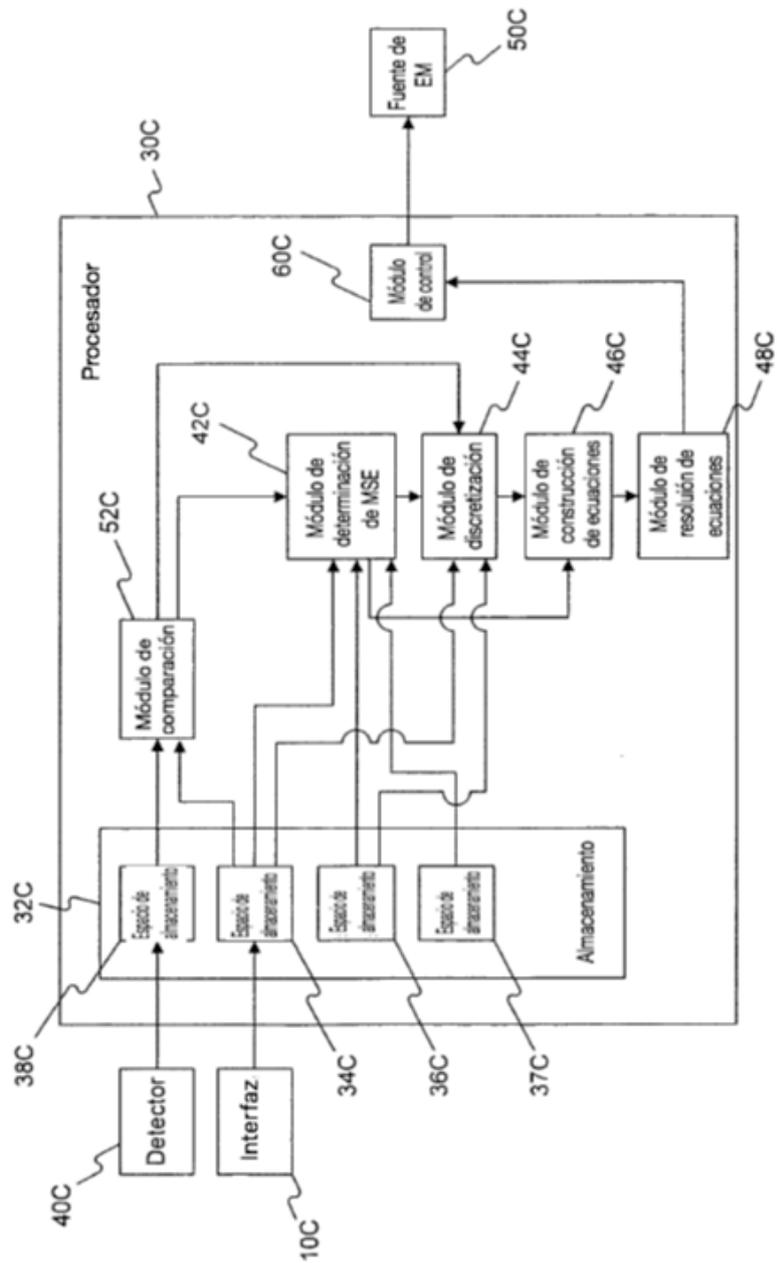


Fig. 9C

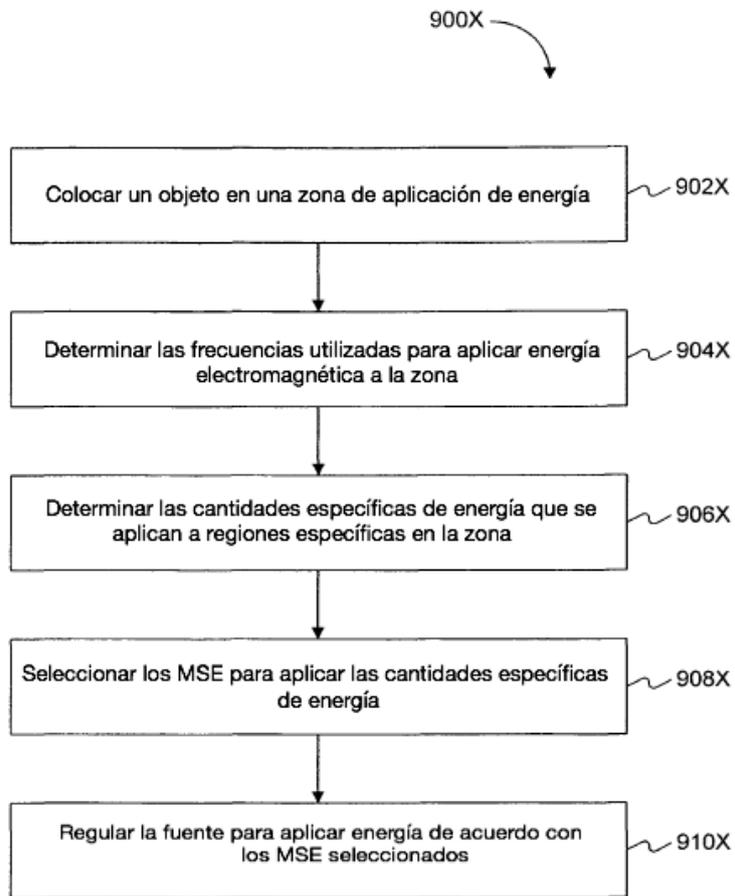
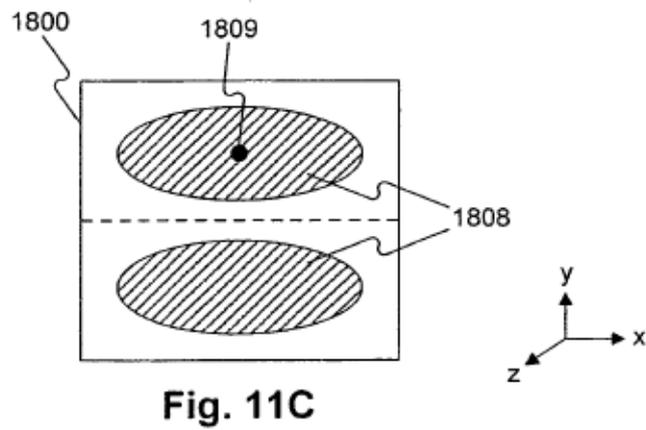
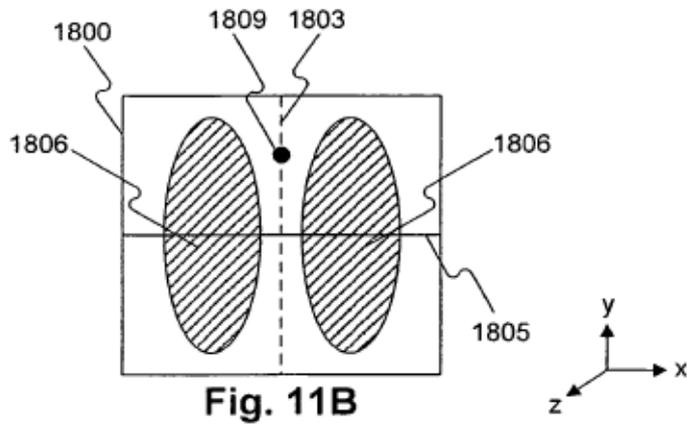
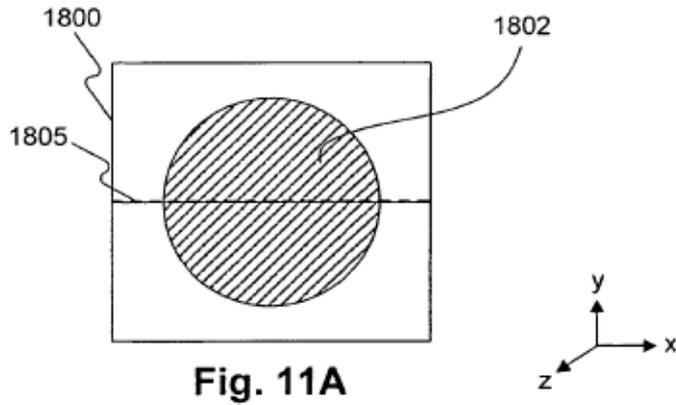


Fig. 10



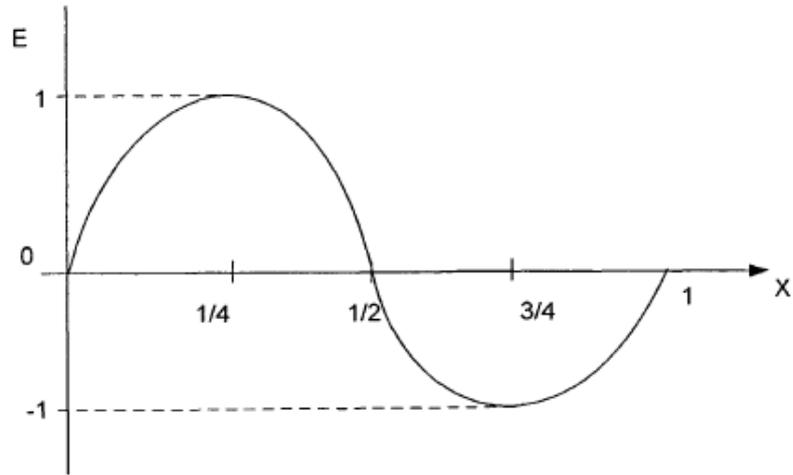


Fig. 12A

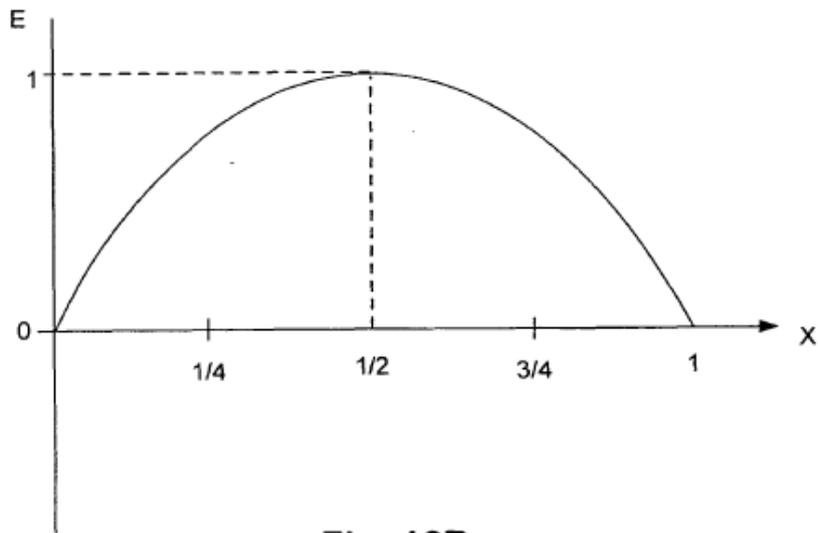


Fig. 12B

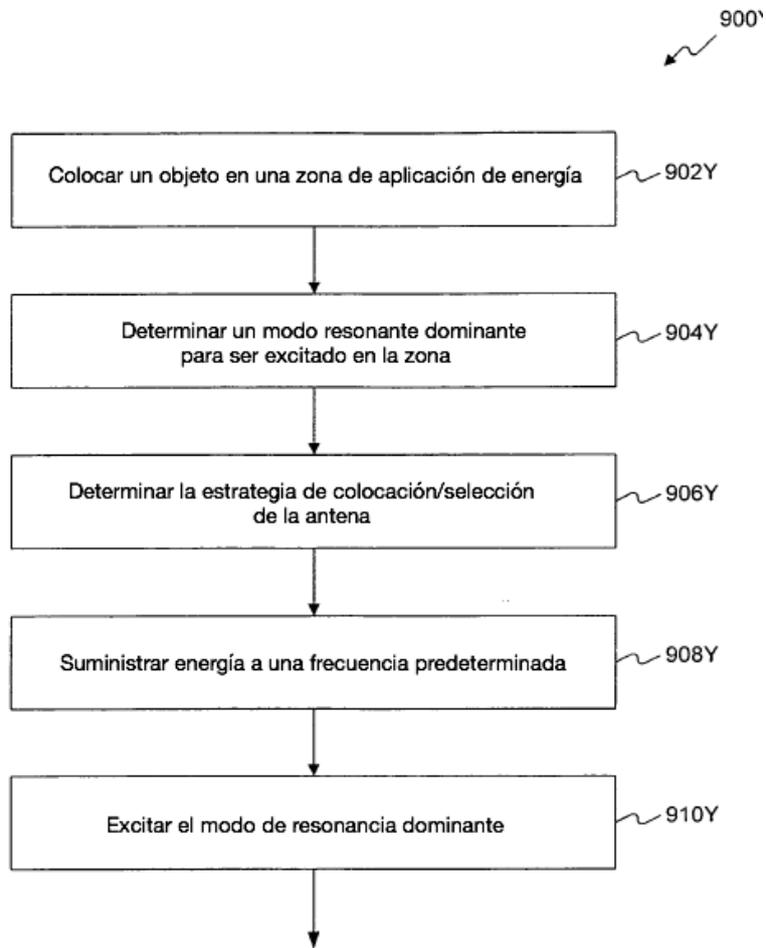


Fig. 13

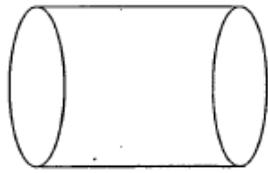


Fig. 14B

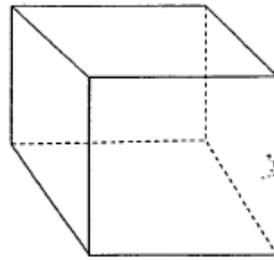


Fig. 14D

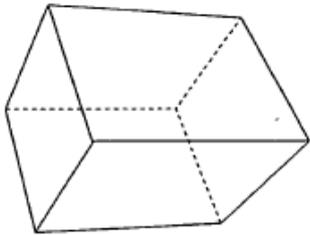


Fig. 14A

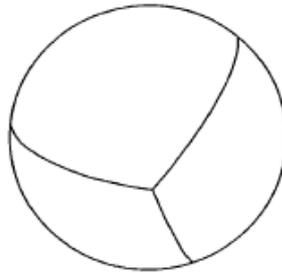


Fig. 14C

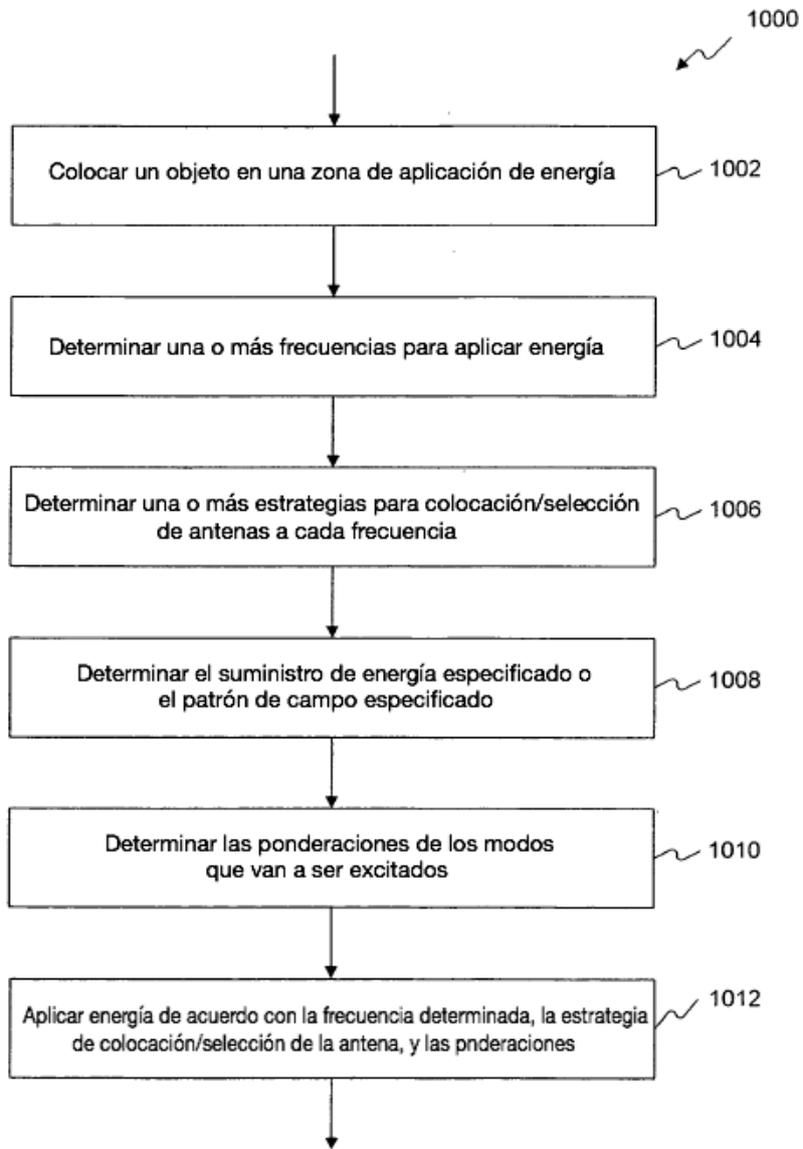


Fig. 15

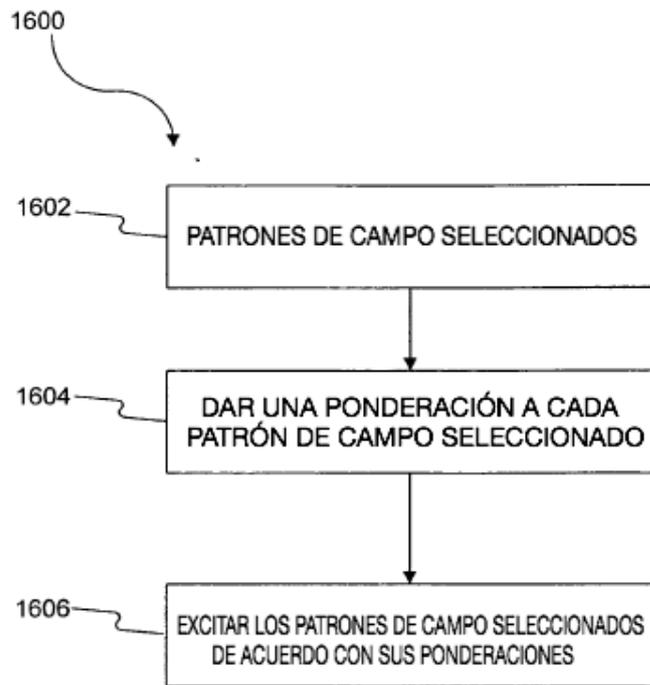


Fig. 16