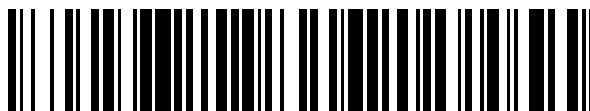


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 312**

51 Int. Cl.:
H05B 6/68

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08172376 .9**

96 Fecha de presentación: **19.12.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2200402**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.06.2010**

54 Título: **HORNO MICROONDAS QUE ALTERNA ENTRE MODOS PREDEFINIDOS.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.11.2011

73 Titular/es:
WHIRLPOOL CORPORATION
2000 M 63
BENTON HARBOR, MI 49022, US

72 Inventor/es:
Nordh, Ulf;
Niklasson, Olle;
Hallgren, Fredrik y
Carlsson, Hakan

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 369 312 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

Horno microondas que alterna entre modos predefinidos

Campo técnico

5 La presente invención se refiere al campo de hornos de microondas para calentar una carga dispuesta en una cavidad y, en particular, a hornos de microondas adaptados para alternar entre campos de modo. Más específicamente, el horno de microondas comprende una cavidad diseñada para soportar por lo menos dos modos predefinidos y una fuente de microondas controlable por frecuencia conectada a la cavidad. El horno de microondas comprende además una unidad de control para alternar la frecuencia de operación de la fuente de microondas con el fin de obtener un calentamiento uniforme.

10 Antecedentes

La técnica de calentamiento en microondas implica alimentar radiación de microondas en una cavidad. Cuando se calienta una carga en la forma de alimento mediante un horno de microondas, hay una serie de aspectos que se deben considerar. Los expertos en la materia conocen la mayoría de estos aspectos que incluyen, por ejemplo, el deseo de obtener el calentamiento uniforme del alimento a la vez que se absorbe la cantidad máxima de potencia de microondas disponible en el alimento para lograr un grado de eficiencia satisfactorio.

15 Como sabrán los expertos en la técnica, el calentamiento desparejo en el uso de radiación de microondas puede deberse a la presencia de zonas calientes y frías en el campo de modo. Las soluciones tradicionales para eliminar o reducir el efecto de zonas calientes y frías consisten en el uso de una bandeja giratoria para girar la carga en la cavidad del horno de microondas durante el calentamiento o el uso de un llamado "agitador de modo" para alterar continuamente los patrones de modo dentro de la cavidad. Las desventajas de dichas técnicas consisten en que no son completamente satisfactorias en términos de uniformidad de calentamiento y que implican girar o mover las partes.

20 Alternativamente, en la patente estadounidense US5632921, se describe un horno de microondas con una disposición cuadrática entre una primera y una segunda apertura de alimentación y un cambio de fase de noventa grados entre el ingreso de microondas desde una primera alimentación de guía de ondas conectada a la primera apertura de alimentación y una segunda alimentación de guía de ondas conectada a la segunda apertura de alimentación para producir un patrón de microondas giratorio en la cavidad, produciendo así un calentamiento más uniforme. No obstante, la desventaja es que dicho horno de microondas requiere una estructura bastante avanzada para alimentar las microondas a la cavidad del horno de microondas y un diseño no estándar de la cavidad.

Por tanto, existe la necesidad de proveer nuevos métodos y dispositivos que superen estos problemas.

30 Sumario

Un objeto de la presente invención es superar, en todo o en parte, las desventajas y contras precedentemente mencionadas de la técnica anterior y proveer una mejor alternativa a las técnicas mencionadas y a la técnica anterior.

En general, es un objeto de la presente invención proveer un horno de microondas que mejore la uniformidad de calentamiento.

35 Éste y otros objetos de la presente invención se logran a través de un método y un horno de microondas que tiene las características mencionadas en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas de la invención se caracterizan por las reivindicaciones dependientes.

40 Por consiguiente, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se provee un horno de microondas según la reivindicación 1. El horno de microondas comprende una cavidad y una fuente de microondas controlable por frecuencia. La cavidad se adapta para recibir una carga (objeto, sustancia o alimento) que se ha de calentar. La cavidad está diseñada para soportar por lo menos dos modos predefinidos (o campos de modo). Para cada modo predefinido, se conoce una frecuencia de resonancia en la cavidad. Además, el horno de microondas comprende una fuente de microondas controlable por frecuencia conectada a la cavidad para alimentar microondas hacia la cavidad mediante por lo menos un puerto de alimentación. El horno de microondas comprende además una unidad de medición adaptada para medir una señal reflejada desde la cavidad como una función de la frecuencia de operación de la fuente de microondas (para variar la frecuencia de las microondas generadas). A su vez, el horno de microondas comprende una unidad de control conectada a la fuente de microondas y adaptada para identificar las frecuencias de resonancia en la cavidad en base a la señal medida. La unidad de control se adapta también para seleccionar, para los modos predefinidos, por lo menos dos de las frecuencias de resonancia identificadas en base a las frecuencias de resonancia conocidas, y alternar la frecuencia de operación de la fuente de microondas usando las frecuencias seleccionadas.

50 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se provee un método para calentar una carga, que usa microondas según se define en la reivindicación 14. El método comprende la etapa de proveer una cavidad adaptada para recibir una carga. La cavidad está diseñada para soportar por lo menos dos modos predefinidos (o campos de modo). Para cada modo predefinido, se conoce una frecuencia de resonancia en la cavidad. El método comprende

5 además la etapa de proveer una fuente de microondas controlable por frecuencia para alimentar microondas hacia la cavidad mediante por lo menos un puerto de alimentación. A su vez, el método comprende las etapas de medir una señal reflejada desde la cavidad, como una función de la frecuencia de operación de la fuente de microondas, e identificar las frecuencias de resonancia en la cavidad en base a la señal medida. El método comprende además la etapa de seleccionar, para los modos predefinidos, por lo menos dos de las frecuencias de resonancia identificadas en base a las frecuencias de resonancia conocidas. La frecuencia de operación de la fuente de microondas se alterna luego usando las frecuencias seleccionadas.

10 De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se provee un producto de programa de ordenador, cargable en un horno de microondas de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, que comprende porciones de código de software para causar que un medio de procesamiento del horno de microondas realice las etapas de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención. En particular, el producto de programa de ordenador se define para causar que el medio de procesamiento realice las etapas de medir, identificar, seleccionar y alternar.

15 La presente invención utiliza el entendimiento de que puede diseñarse una cavidad de microondas que soporte modos predefinidos o campos de modo que pueden luego identificarse durante la operación del horno de microondas para controlar (alternar) la frecuencia de la fuente de radiación de microondas. En particular, la presente invención se basa en el conocimiento profundo de que se puede utilizar una fuente de microondas controlable por frecuencia para alternar entre dos modos o campos de modo. El método y el horno de microondas de la presente invención son ventajosos en el sentido que la frecuencia operativa del horno de microondas se identifica y selecciona rápidamente entre todos los mínimos de reflexión posibles de la señal medida, ya que la cavidad está diseñada para modos predefinidos (es decir, 20 frecuencias de resonancia conocidas).

Ventajosamente, la cavidad está diseñada para soportar por lo menos dos modos o campos de modo resultando en patrones de calentamiento complementarios, proporcionando así un calentamiento uniforme en la cavidad. Las frecuencias utilizadas para alternar proporcionan entonces patrones de calentamiento complementarios, de modo tal que la presencia de zonas frías y calientes en un primer patrón de calentamiento (o primer modo) es compensada por un segundo patrón de calentamiento (o segundo modo). En otros términos, el efecto de las zonas calientes y frías en un primer campo de modo, es decir, la presencia de zonas calientes y frías en la cavidad, puede eliminarse, o por lo menos reducirse, por el patrón de calentamiento de un segundo campo de modo. Como consecuencia, la presente invención proporciona un horno de microondas con una mayor uniformidad de calentamiento.

30 Se puede considerar que la alternación entre los modos resulta en un campo de modo cuasi-giratorio en la cavidad, en particular si la cavidad está diseñada para soportar más de dos modos.

35 La unidad de control está por lo tanto ventajosamente adaptada para seleccionar frecuencias que resultan en patrones de calentamiento complementarios. Dado que un modo puede distorsionarse, por ejemplo debido a un cambio en la carga (como por ejemplo un cambio en la geometría, peso o estado), la unidad de control puede adaptarse para determinar cuál de las frecuencias de resonancia identificadas en la señal medida y correspondiente a un modo predefinido se puede utilizar para alimentación.

La presente invención es además ventajosa en el sentido que puede implementarse en un horno de microondas que tiene un diseño estándar y/o con una estructura de alimentación estándar.

La presente invención es también ventajosa en el sentido que no requiere ninguna parte móvil o parte giratoria, proporcionando así un horno de microondas mecánicamente confiable.

40 A su vez, la presente invención es ventajosa en el sentido que provee un horno de microondas con mejor eficiencia energética, ya que opera a frecuencias correspondientes a mínimos de reflexión en la señal medida.

45 La cavidad puede estar diseñada de modo tal que las zonas calientes y frías en un patrón de calentamiento correspondiente a un primer modo predefinido no correspondan a zonas calientes y frías que tengan la misma ubicación en un patrón de calentamiento correspondiente a un segundo modo predefinido. Preferiblemente, las zonas calientes y frías en un primer campo de modo pueden ser directamente condensadas por zonas frías y calientes, respectivamente, en un segundo campo de modo. En otros términos, la ubicación de una cavidad correspondiente a una zona caliente o fría en un primer campo de modo no corresponde a una zona caliente o fría, respectivamente, en un segundo campo de modo. Si bien lo anterior se describe para dos campos de modo solamente, la presente invención puede también implementarse para más de dos campos de modo, alternando así la frecuencia de la fuente de microondas entre más de 50 dos valores.

Asimismo, para un diseño de cavidad específico, un modo puede distorsionarse, p. ej., debido a un cambio en la carga (por ejemplo un cambio en la geometría, peso o estado). Si ocurre un cambio en la carga, podrá obtenerse un modo predefinido correspondiente a una frecuencia de resonancia, en forma distorsionada, en otra frecuencia de resonancia.

55 Según una realización, la unidad de control se adapta para seleccionar, para un modo predefinido, una frecuencia de resonancia comparando las frecuencias de resonancia identificadas con la frecuencia de resonancia conocida del modo predefinido. Alternativamente, la unidad de control puede adaptarse para seleccionar, para un modo predefinido, una frecuencia de resonancia equiparando las frecuencias de resonancia identificadas con un intervalo de frecuencia

representativo de la frecuencia de resonancia conocida del modo predefinido. Si una frecuencia de resonancia identificada se ha de encontrar dentro de un intervalo de frecuencia representativo de una frecuencia de resonancia conocida o modo predefinido, se supone que la frecuencia de resonancia identificada corresponde al modo predefinido. A su vez, dependiendo de la distorsión, la unidad de control puede seleccionar si la frecuencia identificada se va a utilizar para alimentación. Una distorsión significativa, p. ej., una alteración significativa en la frecuencia de los mínimos de reflexión correspondiente a un modo predefinido en la señal medida debido a un cambio en la cavidad, puede indicar que el modo distorsionado preferiblemente no se usará para alimentación.

Se ha de apreciar que las frecuencias de resonancia identificadas en la señal reflejada medidas por la unidad medidora son las frecuencias correspondientes a mínimos de reflexión en la señal medida. Ventajosamente, la unidad de control puede adaptarse para identificar las frecuencias de resonancia cuyos mínimos de reflexión están por debajo de un valor predeterminado tal como un número limitado de frecuencias de resonancia que se debe analizar.

De acuerdo con una realización, las frecuencias para alimentación se seleccionan en base a una función de cocción predeterminada y/o a una carga predeterminada, que es ventajosa en el sentido que las funciones de cocción y/o los tipos de carga pueden requerir diferentes tipos de calentamiento, es decir, diferentes tipos de campos de modo. Se puede contemplar que, para una determinada función de cocción, algunos de los modos predefinidos son más adecuados que otros modos predefinidos. Por ejemplo, las cargas líquidas (p. ej., sopa). La carga congelada (p. ej., carne) y pochoclo (susceptor) pueden cada una calentarse más eficientemente seleccionando un modo optimizado para cada tipo de carga.

Según otra realización, el horno de microondas puede además comprender un medio de almacenamiento para almacenar las frecuencias de resonancia conocidas y/o los intervalos de frecuencia representativos de las frecuencias de resonancia conocidas. En particular, el medio de almacenamiento puede implementarse como una tabla de consulta en la que se establece una correspondencia entre las frecuencias de resonancia conocidas y las funciones de cocción predefinidas, o entre las frecuencias de resonancia conocidas y las cargas predefinidas. Además, el medio de almacenamiento puede también almacenar, para un número de cargas conocidas (o típicas), características completas de reflexión (o señal reflejada) como una función de frecuencia para una cavidad particular.

Una vez que la unidad de control ha seleccionado a qué frecuencias va a operar la fuente de microondas, se puede implementar un algoritmo para alternar entre las frecuencias seleccionadas. Los parámetros en el algoritmo pueden depender de una función de cocción predefinida y/o de una carga predefinida. La función de cocción o tipo de carga puede ser un ingreso del parámetro definido por el usuario mediante, por ejemplo, una perilla en el horno de microondas.

De acuerdo con una realización, la unidad de control puede adaptarse para regular por lo menos un parámetro del grupo que comprende el orden de secuencia de las frecuencias seleccionadas durante un ciclo de operación, el tiempo de operación en cada una de las frecuencias utilizadas para alternar y el nivel de potencia de salida de la fuente de microondas en cada una de las frecuencias utilizadas para alternar.

La fuente de microondas puede ser cualquier fuente de microondas controlable por frecuencia (o frecuencia ágil). En particular, la fuente de microondas puede ser cualquier generador de microondas basado en estado sólido que comprenda elementos semiconductores.

Otros objetivos, características y ventajas de la presente invención serán obvios al estudiar la siguiente descripción detallada, los dibujos y las reivindicaciones anejas. Los expertos en la técnica se darán cuenta de que las diferentes características de la presente invención pueden combinarse para crear realizaciones distintas a las descritas a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Lo anterior, como así también otros objetos, características y ventajas de la presente invención, se entenderán mejor mediante la siguiente descripción detallada y no limitativa de las realizaciones preferidas de la presente invención, con referencia a los dibujos anejos, en los que:

la Figura 1 muestra esquemáticamente un horno de microondas de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 2 muestra esquemáticamente un ejemplo de una unidad de medición;

la Figura 3 muestra un diagrama bloque que ilustra las funciones generales del horno de microondas de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 4a muestra un gráfico que ilustra la corriente arrastrada desde una fuente puntual ideal (fuente ficticia utilizada durante la investigación numérica) como una función de frecuencia. Ésta es una forma conveniente de investigar las frecuencias resonantes teóricas en una cavidad determinada;

La Figura 4b muestra las características de reflexión para el modo TM₄₁₁ excitado desde una apertura del techo y para el modo TM₃₁₂ excitado desde una pared izquierda en una cavidad tal como aquella que se muestra y describe con referencia a la Figura 9, con una correspondencia de las guías de ondas mediante la introducción de un elemento de sintonización en cada guía de ondas;

5 la Figura 5a es una vista esquemática tridimensional (3D) en corte horizontal de una cavidad, sin una carga, donde la cavidad tiene dimensiones de 280x228x169 mm, para el modo TM₄₁₁ excitado con una frecuencia de 2408,5 MHz;

la Figura 5b es una vista esquemática bidimensional (2D) correspondiente a la vista que se muestra en la Figura 5a;

la Figura 6a es una vista esquemática en 3D en corte vertical de la cavidad que se muestra en la Figura 5a para el modo TM₄₁₁ excitado con una frecuencia de excitación de 2408,5 MHz;

10 la Figura 6b es una vista esquemática en 2D correspondiente a la vista que se muestra en la Figura 6a;

la Figura 7a es una vista esquemática en 3D en corte horizontal de la cavidad que se muestra en la Figura 5a para el modo TM₃₁₂ excitado con una frecuencia de excitación de 2481,3 MHz;

la Figura 7b es una vista esquemática en 2D correspondiente a la vista que se muestra en la Figura 7a;

15 la Figura 8a es una vista esquemática en 3D en corte vertical de la cavidad que se muestra en la Figura 5a para el modo TM₃₁₂ excitado con una frecuencia de excitación de 2481,3 MHz;

la Figura 8b es una vista esquemática en 2D correspondiente a la vista que se muestra en la Figura 8a;

la Figura 9 muestra esquemáticamente una cavidad de un horno de microondas de acuerdo con otra realización de la presente invención;

20 la Figura 10 es una vista esquemática de un patrón de campo distorsionado en un corte horizontal de la cavidad que se muestra en la Figura 9, con una carga de permitividad $\epsilon=4-j2$ dispuesta en la cavidad, para el modo TM₄₁₁;

la Figura 11 es una vista esquemática del patrón de calentamiento en la superficie superior de la carga en el modo de la cavidad que se muestra en la Figura 10;

la Figura 12 es una vista esquemática de un patrón de campo distorsionado en un corte horizontal de la cavidad que se muestra en la Figura 9, con una carga de permitividad $\epsilon=4-j2$ dispuesta en la cavidad para el modo TM₃₁₂;

25 la Figura 13 es una vista esquemática del patrón de calentamiento en la superficie superior de la carga en el modo de la cavidad que se muestra en la Figura 12;

la Figura 14 es una vista esquemática de un patrón de calentamiento en un plano horizontal a una superficie superior de la carga obtenida de un modo TM₄₁₁ en la cavidad que se muestra en la Figura 9 y con datos de carga dieléctrica $\epsilon=40-j8$;

30 la Figura 15 es una vista esquemática de un patrón de calentamiento a una superficie superior de la carga obtenida de un modo TM₃₁₂ en la cavidad que se muestra en la Figura 9 y con datos de carga dieléctrica $\epsilon=40-j8$; y

la Figura 16 es un bosquejo general del método de la presente invención.

Todas las figuras son esquemáticas, no necesariamente a escala, y en general solamente muestran partes que son necesarias con el fin de elucidar la invención, donde otras partes pueden omitirse o solamente sugerirse.

35 Descripción detallada

Con referencia a la Figura 1, se muestra un horno de microondas 100 que tiene características y funciones de acuerdo con una realización de la presente invención.

40 El horno de microondas 100 comprende una cavidad 150 definida por una superficie recubridora. Una de las paredes laterales de la cavidad 150 puede estar equipada con una puerta 155 para permitir la introducción de una carga, p. ej., comida, en la cavidad 150. A su vez, la cavidad 150 está provista con por lo menos un puerto de alimentación 120 a través del cual se alimentan las microondas a la cavidad 150 del horno de microondas 100. La cavidad 150 en general está hecha de metal.

45 Si bien el horno de microondas 100 descrito con referencia a la Figura 1 tiene una superficie recubridora rectangular, se ha de apreciar que la cavidad del horno de microondas no está limitada a dicha forma y puede tener, por ejemplo, un perfil transversal circular.

El horno de microondas 100 comprende además una fuente de microondas controlable por frecuencia 110 conectada al puerto de alimentación 120 de la cavidad 150 mediante una línea de transmisión o guía de ondas 130. La línea de transmisión puede ser, por ejemplo, un cable coaxial.

Si bien la cavidad 150 descrita con referencia a la Figura 1 comprende más de un puerto de alimentación (apertura) para transmitir microondas a la cavidad 150, la cavidad 150 puede estar provista con un puerto de alimentación individual. Asimismo, para guiar las microondas desde la fuente de microondas 110 hacia el puerto de alimentación 120, se provee una estructura de alimentación. La estructura de alimentación puede comprender por lo menos una guía de ondas o línea de transmisión principal 130 y, opcionalmente, una pluralidad de guías de ondas o líneas de transmisión secundarias 135, que deriven de la guía de ondas o línea de transmisión principal 130, para guiar las microondas desde la fuente de microondas 110 hacia el puerto(s) de alimentación 120.

A su vez, el horno de microondas puede comprender conmutadores 160, estando cada uno asociado con un puerto de alimentación 120, dispuestos en la línea de transmisión 130 para detener la alimentación de un respectivo puerto de alimentación 120.

De acuerdo con una realización, la fuente de microondas 110 es un generador de microondas basado en estado sólido que comprende, por ejemplo, componentes de carburo de silicio (SiC) o nitruro de galio (GaN). Otros componentes semiconductores pueden también adaptarse para constituir la fuente de microondas 110. Además de la posibilidad de controlar la frecuencia de las microondas generadas, las ventajas de un generador de microondas basado en estado sólido comprenden la posibilidad de controlar el nivel de potencia de salida del generador y una característica de banda angosta inherente. Las frecuencias de las microondas que son emitidas desde un generador basado en estado sólido usualmente constituyen un intervalo angosto de frecuencias tales como 2,4 a 2,5 GHz. No obstante, la presente invención no está limitada a dicho intervalo de frecuencias y la fuente de microondas basada en estado sólido 110 podría adaptarse para emitir en un intervalo centrado a 915 MHz, por ejemplo 875-955 MHz, o cualquier otro intervalo de frecuencia (o ancho de banda) adecuado. La presente invención es por ejemplo aplicable para fuentes estándar que tienen frecuencias de banda media de 915 MHz, 2450 MHz, 5800 MHz y 22,125 GHz. Alternativamente, la fuente de microondas 110 puede ser un magnetrón controlable por frecuencia, como aquel descrito en el documento GB2425415.

De acuerdo con la presente invención, la cavidad 150 está diseñada para soportar por lo menos dos modos predefinidos o campos de modo (llamados solamente modo en lo sucesivo). Para cada modo predefinido, se conoce una frecuencia de resonancia en la cavidad 150. Durante la operación, se utilizan las frecuencias de resonancia conocidas como valores de referencia para determinar la frecuencia de las microondas transmitidas a la cavidad 150, es decir, para determinar la frecuencia de operación de la fuente de microondas 110.

A su vez, el horno de microondas 100 comprende una unidad (o medio) de medición 162 para medir, o que se adapta para medir, una señal reflejada desde la cavidad 150 como una función de la frecuencia de operación de la fuente de microondas 110. Las microondas transmitidas a una cavidad pueden o bien ser absorbidas por la carga, absorbidas por elementos de la cavidad u otros objetos presentes en la cavidad, o volver a reflejarse desde la cavidad (o puerto de alimentación). La señal reflejada medida por la unidad de medición 162 es representativa de la radiación reflejada desde la cavidad 150. Por ejemplo, los conmutadores 160 pueden comprender la unidad de medición 162 para medir la potencia de la microonda que se refleja desde un puerto de alimentación 120. El resultado de dicha medición es entonces transmitido a un medio o unidad de control 180 (se explica detalladamente más adelante) que utiliza las mediciones para controlar la frecuencia de las microondas generadas por la fuente de microondas 110 (es decir, controla la frecuencia de operación de la fuente de microondas 110). De hecho, si el acoplamiento a la cavidad 150 no es perfecto, parte de la potencia de microondas se volverá a reflejar a través del puerto de alimentación 120, hacia la línea de transmisión 130. Una forma ventajosa, y por ende preferida, de controlar si se produce un acoplamiento satisfactorio a la cavidad 150 es midiendo la potencia reflejada desde un puerto de alimentación 120, p. ej., en un conmutador 160. Se ha de apreciar que el nivel de la señal reflejada en el puerto de alimentación puede depender de la frecuencia de las microondas transmitidas. La Figura 2 muestra un ejemplo preferido de cómo dicha medición puede ser provista en el caso de un puerto de alimentación 120 que comprende una ranura 183 en el plano fundamental. Un acoplador direccional 181 está dispuesto adyacente a la línea de transmisión 130 de arriba, que está corriente arriba de la ranura 183. El acoplador direccional 181 tiene la forma de una línea que corre paralela a la línea de transmisión 130 en una distancia que corresponde a un cuarto de la longitud de onda de las microondas en la línea 130. Una potencia de microondas potencial que se propaga corriente arriba de la ranura 183 será por lo tanto detectada mediante el acoplador direccional 181 y podrá subsiguientemente medirse en un modo ya conocido.

Alternativamente, o además de lo antedicho, para medición directa de la resonancia en la cavidad, la unidad de medición 162 puede ser una sonda que comprenda un sensor de campo en su extremidad para detectar la señal reflejada desde la cavidad. Dicha sonda puede utilizarse adecuadamente durante la fase de diseño de la cavidad.

La unidad de medición 162 puede ser o bien integrada como una subunidad en la unidad de control 180 o dispuesta como una unidad separada conectada a la unidad de control 180.

Además, el horno de microondas 100 comprende una unidad de control 180 para controlar la fuente de microondas 110 y, de este modo, las propiedades (como frecuencia y potencia) de las microondas transmitidas hacia la cavidad 150. La unidad de control 180 está conectada a la fuente de microondas 110 y la unidad de medición 162 de modo tal que la fuente de microondas 110 barre su frecuencia en el ancho de banda permisible y la unidad de medición 162 mide la señal reflejada desde la cavidad 150. La unidad de control 180 se adapta para identificar las frecuencias de resonancia en la cavidad 150 en base a la señal medida por la unidad de medición 162. En este respecto, las frecuencias de resonancia identificadas son las frecuencias correspondientes a mínimos de reflexión en la señal medida. En particular,

la unidad de control 180 puede adaptarse para identificar las frecuencias de resonancia cuyos mínimos de reflexión están por debajo de un valor predeterminado (o umbral). El uso de un umbral es ventajoso en el sentido que la unidad de control 180 elimina algunos de los mínimos de reflexión, reduciendo de esta manera el número de mínimos de reflexión que se han de analizar posteriormente.

5 La unidad de control 180 se adapta además para seleccionar, para los modos predefinidos de la cavidad 150, por lo menos dos de las frecuencias de resonancia identificadas en base a las frecuencias de resonancia conocidas. Por ejemplo, la unidad de control 180 puede adaptarse para seleccionar, para cada uno de los modos predefinidos de la cavidad 150, por lo menos una de las frecuencias de resonancia identificadas basadas en las frecuencias de resonancia conocidas.

10 En una primera alternativa, la unidad de control 180 puede adaptarse para seleccionar frecuencias comparando las frecuencias de resonancia identificadas con la frecuencia de resonancia conocida de un modo predefinido. Si una frecuencia de resonancia identificada corresponde a una de las frecuencias de resonancia conocidas, uno de los modos predefinidos, es decir, el modo correspondiente a la frecuencia de resonancia conocida, puede obtenerse en la frecuencia de resonancia identificada. Sin embargo, si las frecuencias de resonancia conocidas para los modos predefinidos se han determinado con una cavidad vacía, puede haber un desequilibrio entre los valores de las frecuencias de resonancia conocidas y los valores de las frecuencias identificadas, debido a que la presencia de una carga en la cavidad puede causar una distorsión del patrón de modo. Asimismo, la señal reflejada como una función de frecuencia puede también depender del estado (o las condiciones) de la carga, es decir, los mínimos de reflexión no se observan en la misma frecuencia si ocurre un cambio en la carga. Por tanto, para un modo predefinido específico, puede haber cierta discrepancia (desequilibrio) entre la frecuencia de resonancia identificada y la frecuencia de resonancia conocida. El modo predefinido resultante observado en la frecuencia de resonancia identificada se distorsiona (modo distorsionado).

25 En una segunda alternativa, la unidad de control 180 puede adaptarse para seleccionar, para un modo predefinido, una frecuencia, cotejando una frecuencia de resonancia identificada con un intervalo de frecuencia representativo de una frecuencia de resonancia conocida del modo predefinido. Como ejemplo, si una cavidad ha sido diseñada para soportar un modo en una frecuencia de resonancia conocida de 2460 GHz cuando la cavidad está vacía, una frecuencia de resonancia identificada en, por ejemplo, 2459 GHz para la misma cavidad con una carga dispuesta en la cavidad, muy probablemente corresponderá al mismo modo, pero algo distorsionado. De manera similar, si una cavidad ha sido diseñada para soportar un modo en una frecuencia conocida de 2460 GHz con una carga típica dispuesta en la cavidad, una frecuencia de resonancia en, p. ej., 2459 GHz para la misma cavidad y la misma carga en un estado diferente podría corresponder al mismo modo, pero distorsionado. La distorsión y el efecto de un cambio en la carga se ejemplificarán más detalladamente en lo sucesivo en relación con las Figuras 10-15. Por consiguiente, para una cavidad diseñada para soportar un modo en una frecuencia de resonancia conocida de 2460 GHz, la unidad de control puede adaptarse para buscar una frecuencia de resonancia dentro del intervalo de frecuencia de 2455-2465 GHz en la señal reflejada medida por la unidad de medición 162.

35 La unidad de control 180 se adapta además para alternar la frecuencia operativa de la fuente de microondas 110 usando las frecuencias seleccionadas. Por ende, durante un ciclo de operación dividido en una pluralidad de porciones de tiempo, la frecuencia de las microondas transmitidas a la cavidad 150 podrá variar de una porción a otra. Según una realización, la unidad de control 180 se adapta para seleccionar las frecuencias en base a una función de cocción predeterminada y/o a una carga predeterminada. Para este propósito, el horno de microondas 100 puede estar provisto con botones y perillas convencionales, como se representa en 190 de la Figura 1, para fijar parámetros de operación tales como la función de cocción y el tipo de carga, como también un visor 195. La unidad de control 180 se adapta ventajosamente para alternar entre las frecuencias seleccionadas que resultan en patrones de calentamiento complementarios.

45 Ventajosamente, la cavidad está diseñada para soportar un número limitado de modos, de manera tal que las frecuencias de resonancia en la cavidad, o los mínimos de reflexión en la señal reflejada, estén bien separados. Una separación suficiente de la frecuencia es ventajosa, ya que facilita la identificación de las frecuencias de resonancia, o los modos, en la señal medida. Normalmente, si el tamaño (es decir, las dimensiones) de la cavidad aumenta, la separación en frecuencia entre los mínimos de reflexión disminuye. En algún punto, es decir, para una cavidad que tenga un tamaño relativamente grande, los mínimos de reflexión están tan próximos que se fusionan, y se complica la identificación de las frecuencias de resonancia en la señal medida. La presente invención es, por lo tanto, aplicable para cavidades de tamaño pequeño, es decir, en el orden del tamaño de una lonchera estándar con una carga típica en el intervalo de 350 g. No obstante, la presente invención es aplicable para hornos de microondas que comprenden una cavidad diseñada para soportar cualquier número de campos de modo. Se presentarán a continuación dos ejemplos de tamaños de cavidades en relación con las Figuras 4-8 y 9-15. En general, la presente invención es aplicable para hornos de microondas que comprenden una cavidad diseñada para soportar por lo menos dos campos de modo predefinidos.

60 El número y/o tipo de campos de modo disponibles en la cavidad 150 son determinados por el diseño de la cavidad 150. El diseño de la cavidad 150 comprende las dimensiones físicas de la cavidad 150 y la ubicación del puerto de alimentación 120 en la cavidad 150. Las dimensiones de la cavidad 150 en general se describen con los signos de referencia h, d y w para altura, profundidad y ancho, respectivamente, en las figuras provistas con un sistema de

coordenadas (x, y, z). La cavidad está diseñada de forma tal que soporta por lo menos dos modos (es decir, no demasiado pequeña) y de forma tal que el número total de campos de modo está limitado para efectuar una separación suficiente en frecuencia entre los modos (es decir, para evitar, o por lo menos minimizar, que se fusionen los mínimos de reflexión entre los diferentes modos).

5 El puerto de alimentación 120 puede estar dispuesto, en principio, en cualquier pared de la cavidad 150. Sin embargo, existe por lo general una ubicación optimizada del puerto de alimentación para un modo predefinido. Por ejemplo, el puerto de alimentación 120 puede estar ubicado en una pared lateral o en la pared superior de la cavidad 150, tal como se muestra en la Figura 1. Además, puede contemplarse la implementación de la presente invención usando más de un puerto de alimentación. En dicha configuración, las microondas en una primera frecuencia pueden ser alimentadas hacia la cavidad 150 usando un primer puerto de alimentación, mientras que las microondas en una segunda frecuencia pueden ser alimentadas hacia la cavidad 150 usando un segundo puerto de alimentación. La selección de un puerto de alimentación para una frecuencia específica puede también realizarse dependiendo del patrón de calentamiento resultante.

15 Normalmente, la señal reflejada es medida por la unidad de medición 162 al comienzo de un ciclo de operación, y las frecuencias utilizadas para alternar se seleccionan de acuerdo con lo anteriormente expuesto. No obstante, también se puede contemplar que la unidad de medición 162 se adapte para monitorear, continua o periódicamente, la señal reflejada desde la cavidad 150 para seleccionar dinámicamente (es decir, durante un ciclo de operación) las frecuencias utilizadas para alternar. La unidad de medición 162 puede adaptarse para medir la señal reflejada desde la cavidad 150 después de que la fuente de microondas 110 envía un pulso. Para la sincronización de las mediciones en relación con, o dentro del ciclo de operación, el horno de microondas puede además comprender un sistema de reloj.

20 La función general del horno de microondas de la presente invención se ilustra más detalladamente en la Figura 3 en la forma de un diagrama bloque. El generador 110 alimenta las microondas hacia la cavidad 150. La señal reflejada desde la cavidad 150 es medida por la unidad de medición 162 y la señal medida es transmitida a la unidad de control 180. La unidad de control 180 puede comprender un procesador 185 para analizar la señal medida y extraer (o identificar) las frecuencias de resonancia correspondientes a mínimos de reflexión. La unidad de control 180 comprende también un medio de almacenamiento 186 para almacenar las frecuencias de resonancia conocidas que pueden ser utilizadas por el procesador 180 para seleccionar, entre las frecuencias de resonancia extraídas o identificadas, dos o más frecuencias para controlar la fuente de microondas 110. Como ya se señaló, la presente invención se basa en un entendimiento de cómo seleccionar las frecuencias entre la pluralidad de frecuencias correspondientes a los mínimos de reflexión en la señal medida. La frecuencia de operación de la fuente de microondas 110 puede entonces regularse de acuerdo con un algoritmo en el que la fuente de microondas 110 opera a una primera frecuencia F1 durante una primera porción de tiempo T1 y a una segunda frecuencia F2 durante una segunda porción de tiempo T2 durante un ciclo de operación. Además de la reflexión medida, la optimización de los parámetros del algoritmo puede depender de los parámetros indicados por un usuario. Como se mencionó anteriormente, la unidad de control 180 puede además comprender un sistema de reloj 187.

Se describirá a continuación el diseño de la cavidad 150, que permite un número limitado de modos.

El cálculo de las dimensiones de la cavidad se basa en la fórmula para frecuencias de resonancia modales, la ecuación 1, en una cavidad rellena de aire:

$$f = \frac{c}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{n}{w}\right)^2 + \left(\frac{m}{d}\right)^2 + \left(\frac{p}{h}\right)^2} \quad \text{(Ecuación 1).}$$

40 donde n es el índice de modo en la dimensión de ancho, m es el índice de modo en la dimensión de profundidad, p es el índice de modo en la dimensión de altura, w es el ancho de la cavidad, d es la profundidad de la cavidad, h es la altura de la cavidad a lo largo de la dirección de x, y y z, respectivamente, en un sistema de coordenadas (x, y, z) como se muestra, p. ej., en la Figura 1, y c es la velocidad de la luz en el vacío. Un índice de modo representa el número de mitades de longitudes de onda en una dimensión de la cavidad.

45 Para el diseño de una cavidad que soporta por lo menos dos modos predefinidos, es decir, una cavidad que tiene dos frecuencias de resonancia conocidas, se asigna un valor a una de las dimensiones de la cavidad. En el presente ejemplo, se asigna un valor de 0,280 m al ancho w. La cavidad se elige para soportar un primer modo en una primera frecuencia de 2,410 GHz y un segundo modo en una segunda frecuencia de 2,485 GHz. Las dos frecuencias seleccionadas se denominan también primera y segunda frecuencias conocidas. Se ha de apreciar que los valores del ancho w y las frecuencias de resonancia utilizadas en la presente realización son solamente ejemplos de muchos valores posibles, y esos otros valores pueden utilizarse dentro del alcance de la presente invención.

En general, las frecuencias se seleccionan dentro del ancho de banda de frecuencia permitido, en el presente caso entre 2,4 y 2,5 GHz. Las frecuencias se seleccionan preferiblemente con una separación suficiente como para que los mínimos de reflexión no se fusionen. En otros términos, las frecuencias se seleccionan preferiblemente de modo tal que

los mínimos de reflexión permanecen separados y son identificables aunque los modos correspondientes a estas frecuencias se distorsionen. El efecto de distorsión se explicará en más detalle en relación con las Figuras 10-15. A su vez, la separación entre las dos frecuencias seleccionadas es limitada, de forma que en presencia de una carga o en caso de un cambio en la cavidad o la carga dispuesta en la cavidad, los mínimos de reflexión siguen comprendidos dentro del ancho de banda de frecuencia permitido. Si las dos frecuencias se seleccionaron demasiado próximas a los límites (p. ej., 2,4 y 2,5 GHz) del ancho de banda permitido, puede existir el riesgo de que los modos correspondientes, en presencia de una carga en la cavidad, sean identificados en los mínimos de reflexión correspondientes a frecuencias fuera del ancho de banda permitido (p. ej., debajo de 2,4 GHz).

La velocidad de la luz en el vacío se considera igual a 299792458 m/s. También se seleccionan los índices de modo de interés para los dos modos predefinidos. En el presente ejemplo, el primer modo se selecciona para ser un modo TM_{411} y el segundo modo se selecciona para ser un modo TM_{312} . Los dos modos pueden también definirse como modo 1 y modo 2, respectivamente, que tienen los siguientes valores para los índices n (ancho), m (profundidad) y p (altura):

Modo 1 (para la primera frecuencia): $n_1 = 4$; $m_1 = 1$; $p_1 = 1$; y

Modo 2 (para la segunda frecuencia): $n_2 = 3$; $m_2 = 1$; $p_2 = 2$. La altura de la cavidad puede luego calcularse de acuerdo con la Ecuación 2:

$$z = \frac{(m_1 \times p_2)^2 - (m_2 \times p_1)^2}{\sqrt{\left(\frac{2 \times m_1 \times f_2}{c}\right)^2 - \left(\frac{m_1 \times n_2}{w}\right)^2 - \left(\frac{2 \times m_2 \times f_1}{c}\right)^2 + \left(\frac{m_2 \times n_1}{w}\right)^2}} \quad \text{(Ecuación 2).}$$

En el presente ejemplo, la altura de la cavidad es entonces igual a 0,169 m. La profundidad de la cavidad puede entonces calcularse de acuerdo con la Ecuación 3:

$$y = \frac{m_2}{\sqrt{\left(\frac{2 \times f_2}{c}\right)^2 - \left(\frac{n_2}{w}\right)^2 - \frac{p_2}{\sqrt{\left(\frac{2 \times m_1 \times f_2}{c}\right)^2 - \left(\frac{m_1 \times n_2}{w}\right)^2 - \left(\frac{2 \times m_2 \times f_1}{c}\right)^2 + \left(\frac{m_2 \times n_1}{w}\right)^2}}}}.$$

(Ecuación 3).

En el presente ejemplo, la profundidad de la cavidad es entonces igual a 0,228 m.

Si bien el ejemplo anterior se basa en una cavidad que tiene una superficie recubridora rectangular definida por coordenadas cartesianas, se apreciará que la condición de resonancia puede también aplicarse para una superficie recubridora definida por coordenadas cilíndricas o esféricas.

Asimismo, la siguiente condición para el diseño de una cavidad se ha observado empíricamente:

$$(m_1 \times p_2)^2 > (m_2 \times p_1)^2 \quad \text{(Ecuación 4).}$$

Con referencia a las Figuras 4-8, se describen los resultados de las pruebas de simulación realizadas en una cavidad que tiene el diseño (o las dimensiones) anteriormente mencionado. La cavidad 150 se considera una cavidad vacía y rellena de aire con una geometría rectangular, que tiene un ancho de 280 mm, una profundidad de 228 mm y una altura de 169 mm. La cavidad, teóricamente, tiene resonancias por lo menos para el modo TM_{411} a 2410 MHz y para el modo TM_{312} a 2485 MHz. En la presente realización, la fuente de microondas 110 se considera una fuente puntual ideal (es decir, la ubicación del puerto de alimentación 120 no tiene importancia en este ejemplo). Cuando la fuente de tipo puntual (agrumada) está impulsando una resonancia en la cavidad, la corriente arrastrada desde la fuente es mínima. La Figura 4a ilustra un gráfico de la señal reflejada desde la cavidad como una función de la frecuencia obtenida por investigación numérica, usando el llamado método de diferencias finitas. La Figura 4a muestra que se obtienen las

resonancias muy próximas a las frecuencias de resonancia conocidas para los modos predefinidos, a saber, una resonancia en una frecuencia de 2408,5 MHz (primeros mínimos de reflexión $R_{\min1}$ en el gráfico) y en una frecuencia de 2481,3 MHz (terceros mínimos de reflexión $R_{\min3}$ en el gráfico). Además, también se observa una resonancia en una frecuencia de 2412,7 MHz (segundos mínimos de reflexión $R_{\min2}$ en el gráfico). Por tanto, en el presente ejemplo, la unidad de control alternará la frecuencia de las microondas entre la frecuencia correspondiente a $R_{\min1}$ y $R_{\min3}$ ya que éstas corresponden a los dos modos predefinidos.

Las Figuras 5-8 ilustran los patrones de campo cuando la cavidad diseñada de acuerdo con lo expuesto anteriormente se excita usando una forma de onda sinusoidal en las frecuencias de 2408,5 MHz y 2481,3 MHz.

Las Figuras 5a y 5b muestran el patrón de campo (campo eléctrico vertical) en un corte horizontal de la cavidad de un horno de microondas, donde la cavidad tiene dimensiones de 280x228x169 mm, para el modo TM_{411} excitado con una frecuencia de 2408,5 MHz. La Figura 5a muestra una vista tridimensional (3D) del patrón de campo en la cavidad, mientras que la Figura 5b muestra una vista bidimensional (2D) del mismo patrón de campo en un plano (x, y). En las figuras, se muestra la amplitud del campo eléctrico vertical para el modo TM_{411} , que se genera en la cavidad. Las áreas que tienen una gran amplitud 51 están sustancialmente simétricamente distribuidas en la dirección x, separadas por áreas que tienen una amplitud pequeña 52. Entre estas áreas 51, 52, la amplitud varía continuamente. Se ha de apreciar que el modo TM_{411} exhibe cuatro máximos del campo eléctrico en la dirección x.

Las Figuras 6a y 6b muestran, para la misma cavidad descrita anteriormente, el patrón de campo (campo eléctrico vertical) en un corte vertical de la cavidad para el modo TM_{411} excitado con una frecuencia de 2408,5 MHz. La Figura 6a muestra una vista en 3D del patrón de campo en la cavidad, mientras que la Figura 6b muestra una vista en 2D del mismo patrón de campo en un plano (y, z). Las áreas que tienen una gran amplitud 61 están sustancialmente simétricamente distribuidas en la dirección z, separadas por áreas que tienen una amplitud pequeña 62. Entre estas áreas 61, 62, la amplitud varía continuamente. Se ha de apreciar que el modo TM_{411} exhibe dos máximos del campo eléctrico en la dirección z.

Las Figuras 7a y 7b muestran, para la misma cavidad descrita anteriormente, el patrón de campo (campo eléctrico vertical) en un corte horizontal de la cavidad para el modo TM_{312} excitado con una frecuencia de 2481,3 MHz. La Figura 7a muestra una vista en 3D del patrón de campo en la cavidad, mientras que la Figura 7b muestra una vista en 2D del mismo patrón de campo en un plano (x, y). Las áreas que tienen una gran amplitud 71 están sustancialmente simétricamente distribuidas en la dirección z, separadas por áreas que tienen una amplitud pequeña 72. Entre estas áreas 71, 72, la amplitud varía continuamente. Se ha de apreciar que el modo TM_{312} exhibe tres máximos del campo eléctrico en la dirección x.

Las Figuras 8a y 8b muestran, para la misma cavidad descrita anteriormente, el patrón de campo (campo eléctrico vertical) en un corte vertical de la cavidad para el modo TM_{312} excitado con una frecuencia de 2481,3 MHz. La Figura 8a muestra una vista en 3D del patrón de campo en la cavidad, mientras que la Figura 8b muestra una vista en 2D del mismo patrón de campo en un plano (y, z). Las áreas que tienen una gran amplitud 81 están sustancialmente simétricamente distribuidas en la dirección z, separadas por áreas que tienen una amplitud pequeña 82. Entre estas áreas 81, 82, la amplitud varía continuamente. Se ha de apreciar que el modo TM_{312} exhibe tres máximos del campo eléctrico en la dirección z.

Los patrones de campo que se muestran en las Figuras 5-8 ilustran claramente que la cavidad que tiene el diseño anteriormente descrito (dimensiones 280x228x169 mm) y modos predefinidos (TM_{312} en aproximadamente 2480 MHz y TM_{411} en aproximadamente 2410 MHz) provee patrones de calentamiento complementarios, generando así un calentamiento uniforme. La cavidad ha sido diseñada en un modo tal que las zonas frías o áreas frías en el primer modo (p. ej., las áreas 52 y 62) corresponden a zonas tibias en el segundo modo (p. ej., las áreas 71 y 81) y viceversa.

Haciendo referencia nuevamente a la Figura 1, para, p. ej., probar una cavidad recién diseñada, el horno de microondas puede además comprender una hilera de sensores IR 200 para medir la distribución de temperatura de una carga dispuesta en la cavidad.

Con referencia a las Figuras 9-15, se presenta otra realización de la presente invención.

La Figura 9 muestra una cavidad 950 que ha sido diseñada usando el método anteriormente descrito con referencia a las Ecuaciones 1-4. En la presente realización, la cavidad 950 tiene un ancho w de 280 mm, una profundidad d de 214 mm y una altura de 175 mm. La cavidad está provista con dos aperturas separadas o puertos de alimentación para alimentar microondas a la cavidad. La cavidad está diseñada para soportar un primer modo TM_{411} en una primera frecuencia próxima a 2410 MHz y un segundo modo TM_{312} en una frecuencia próxima a 2450 MHz. Un primer puerto de alimentación 920a o guía de ondas del techo ($z = h$) está dispuesto en la superficie recubridora a mitad del ancho ($x = w/2$) y mitad de la profundidad ($y = d/2$), mientras que un segundo puerto de alimentación 920b está dispuesto en la superficie recubridora en una pared lateral (del lado izquierdo al abrir la puerta de la cavidad, $x = 0$) a mitad de la altura ($z = h/2$) y mitad de la profundidad ($y = d/2$), tal como se muestra en la Figura 9. Las dimensiones de la guía de ondas transversal a la dirección de propagación son, en este ejemplo, 80 x 10 mm. Se ha de apreciar que las ubicaciones de los puertos de alimentación en la cavidad no se limitan a los presentes ejemplos, y que los puertos de alimentación pueden estar ubicados de manera diferente en la cavidad.

Si bien la cavidad de la presente realización comprende dos puertos de alimentación separados, se ha de apreciar que la presente invención no se limita a dicha realización, y que una cavidad que comprenda un solo puerto de alimentación o más de dos puertos de alimentación está también dentro del alcance de la presente invención.

5 Preferiblemente, el puerto de alimentación para un modo particular se dispone en una posición correspondiente a un valor máximo del campo.

A su vez, en el presente ejemplo, se supone que una carga descongelada ($\epsilon = 4 - j2$) que cubre la mitad del corte transversal está ubicada 10 mm encima del piso de la cavidad.

Se describirán ahora el campo y los patrones de calentamiento resultantes para los dos modos predefinidos en la cavidad 950 descrita con referencia a la Figura 9.

10 La Figura 10 muestra el patrón de campo (campo eléctrico) en un corte horizontal de la cavidad 950 para el modo TM_{411} excitado con una frecuencia de aproximadamente 2410 MHz. La carga dispuesta en la cavidad 950 causa una distorsión del patrón de modo en una comparación con el aspecto del patrón de modo con una cavidad vacía (Figuras 5-8). La figura muestra que el patrón de modo está algo distorsionado y, por consiguiente, las áreas que tienen una gran amplitud 101 y las áreas que tienen, en comparación, una amplitud pequeña 102 parecen distintas del caso en el que una cavidad se encuentra vacía. La comparación del patrón de campo que se muestra en la Figura 10 con el patrón de campo que se muestra en la Figura 5b ilustra claramente el efecto de distorsión en el patrón de campo. La Figura 11 muestra la amplitud del campo eléctrico (patrón de calentamiento) en un plano horizontal en un nivel con el lado superior o la superficie de la carga ($\epsilon = 4 - j2$), en este caso 10 mm, más la altura de la carga por encima del plano inferior de la cavidad que se muestra en la Figura 9.

20 La Figura 12 muestra un patrón de campo algo distorsionado (campo eléctrico) en un corte horizontal de la cavidad 950 para el modo TM_{312} excitado con una frecuencia de aproximadamente 2450 MHz. Como para el modo TM_{411} , la carga dispuesta en la cavidad 950 causa una distorsión del patrón de modo, en comparación con el aspecto del patrón de modo con una cavidad vacía. El patrón de modo que se muestra en la Figura 12 puede compararse con, p. ej., el patrón de modo que se muestra en la Figura 7b para ilustrar el efecto de distorsión en el patrón de campo. Los ejemplos de áreas que tienen una gran amplitud se representan con 121, y los ejemplos de áreas que tienen, en comparación, una amplitud pequeña se representan con 122. La Figura 13 muestra la amplitud del campo eléctrico (patrón de calentamiento) en un plano horizontal en un nivel con el lado superior o la superficie de la carga ($\epsilon = 4 - j2$), en este caso de 10 mm más la altura de la carga por encima del plano inferior de la cavidad que se muestra en la Figura 9.

30 Como se puede observar, los patrones de calentamiento que se muestran en las Figuras 10 y 12 son relativamente complementarios. Por tanto, alternando entre los dos campos de modo o patrones de calentamiento en las Figuras 10 y 12, es decir, alternando entre las frecuencias correspondientes a estos dos modos, se puede obtener una "seu-rotación" del campo en la cavidad, resultando así en una uniformidad de calentamiento mayor. Se ha de apreciar que el calentamiento uniforme puede también requerir que la equiparación sea bastante equivalente para las dos resonancias. En los ejemplos anteriores, no se considera la equiparación entre la cavidad y las guías de ondas ficticias muy cortas. 35 La equiparación se explica en más detalle a continuación.

Si se equiparan las dos guías de ondas de alimentación para la carga considerada en el ejemplo, es decir, una carga con $\epsilon = 4 - j2$ (p. ej., una pieza congelada de carne picada), las características de reflexión se convierten en aquella que se muestra en la Figura 4b.

40 La Figura 4b muestra las características de reflexión para el modo TM_{411} excitado desde una apertura del techo 920a (línea punteada en la Figura 4b) y para el modo TM_{312} excitado desde una apertura 920b ubicada en una pared izquierda en la cavidad 950 (línea continua en la Figura 4b) con una equiparación de las guías de ondas de alimentación obtenida mediante la introducción de un elemento de sintonización en cada guía de ondas. Para la característica de reflexión correspondiente a la apertura del techo 920a, se identifica un mínimo de reflexión en aproximadamente 2410 MHz, que corresponde al modo TM_{411} . Para la característica de reflexión correspondiente a la apertura de la pared lateral 920b, se identifica un mínimo de reflexión en aproximadamente 2450 MHz, que corresponde al modo TM_{312} . Un elemento de sintonización (p. ej., un poste capacitivo) es un artículo saliente, que se abulta hacia adentro de la guía de ondas, que cambia localmente la impedancia de la guía de ondas o la línea de transmisión.

50 Como ya se mencionó, la carga, debido a sus propiedades dieléctricas, alterará el tamaño eléctrico de la cavidad. Cuanto más alta sea la constante dieléctrica, más grande será la alteración. Por ende, durante el diseño, el sistema(s) de alimentación debe ser sintonizado para una carga intencionada típica, es decir, las propiedades dieléctricas eficaces de, p. ej., una porción de comida típica enfriada en un refrigerador. En este proceso, las dimensiones teóricas de la cavidad pueden reducirse ligeramente a escala según:

$$x_{res} = x_{teoría} \cdot \xi_x(\epsilon) \quad \text{Ecuación 5}$$

$$y_{res} = y_{teoría} \cdot \xi_y(\epsilon) \quad \text{Ecuación 6}$$

$$z_{res} = z_{teoría} \cdot \xi_z(\epsilon) \quad \text{Ecuación 7}$$

5 donde $0 \leq \xi_x, \xi_y, \xi_z \leq 1$ y ξ_x, ξ_y y ξ_z son una función de las propiedades dieléctricas de la carga. Normalmente, resulta suficiente considerar la modificación de la altura de la cavidad sola, es decir, definiendo ξ_z . En las ecuaciones de arriba, x_{res} , y_{res} y z_{res} representan los nuevos valores o los valores reducidos a escala de las dimensiones de la cavidad, a saber, el ancho, la profundidad y la altura, respectivamente (véase, p. ej., la Figura 1), y

$x_{teoría}$, $y_{teoría}$ y $z_{teoría}$ son los valores calculados teóricamente para el ancho, la profundidad y la altura de la cavidad.

10 Para el propósito de ilustrar el efecto de un cambio en la carga, las Figuras 14 y 15 muestran los patrones de campo para una cavidad en la que se dispone una carga que tiene una permitividad superior que aquella descrita con referencia a las Figuras 10-13. En este ejemplo, una carga que tiene una permitividad de, p. ej., 40-j8, es decir algún alimento típico para recalentar, está dispuesta en la cavidad 950. Las Figuras 14 y 15 muestran, en un corte horizontal de la cavidad, los patrones de calentamiento en la superficie superior de la carga obtenidos cuando se excitó la cavidad con el modo TM_{411} y con el modo TM_{312} , respectivamente. Una comparación de los patrones de campo que se muestran en las Figuras 14 y 15 indica que un patrón de calentamiento complementario puede también obtenerse para una carga que tenga datos dieléctricos similares a aquel de una carga de comida para recalentamiento típica.

15 Haciendo referencia nuevamente a la Figura 4a, un cambio en la carga (o permitividad de la carga) llevaría a un cambio en la frecuencia de los mínimos de reflexión. Generalmente, la permitividad ϵ de una carga depende de la naturaleza de la carga, p. ej., el tipo de alimento, y/o el estado de la carga (líquido en vez de sólido, o lo contrario).

20 Además, se utiliza ventajosamente un umbral con el fin de limitar el número de mínimos de reflexión que se han de analizar por el procesador. Como se ilustra en el gráfico de corriente de la fuente puntual (ficticia) como función de frecuencia que se muestra en la Figura 4a, se puede emplear un umbral T1 para eliminar o filtrar los segundos mínimos de reflexión R_{min2} , que no corresponden a uno de los modos predefinidos. En el presente ejemplo, el procesador identifica y procesa dos mínimos de reflexión, aunque haya tres en la señal medida.

25 En general, haciendo referencia a los ejemplos de arriba, los campos de modo preferidos seleccionados durante el diseño de una cavidad son los campos de modo que generan patrones de calentamiento complementarios, mejorando de esta forma el calentamiento uniforme.

30 Las etapas generales del método 1600 según la presente invención se señalan en la Figura 16. El método 1600 se lleva a cabo en una cavidad 150 adaptada para recibir una carga. La cavidad está diseñada para soportar por lo menos dos modos predefinidos. Para cada modo predefinido, se conoce una frecuencia de resonancia en la cavidad. El método comprende entonces una etapa de proveer 1610 una cavidad adaptada para recibir una carga. La cavidad se adapta para soportar por lo menos dos modos para los cuales se conoce una frecuencia de resonancia, respectivamente. Además, se provee una fuente de microondas controlable por frecuencia para alimentar microondas a la cavidad mediante por lo menos un puerto de alimentación 1620. El método comprende también la etapa de medir 1630 una señal reflejada desde la cavidad como una función de la frecuencia de las microondas generadas por la fuente de microondas (es decir, la frecuencia operativa de la fuente de microondas). En una etapa 1640, las frecuencias de resonancia en la cavidad se identifican en base a la señal medida. En la etapa 1650, para los modos predefinidos, por lo menos dos de las frecuencias de resonancia identificadas se seleccionan en base a las frecuencias de resonancia conocidas. Luego, en la etapa 1660, la frecuencia de operación de la fuente de microondas se alterna usando las frecuencias seleccionadas.

40 De acuerdo con una realización, la unidad de control 180 se adapta para regular el orden secuencial de las frecuencias seleccionadas utilizadas para alternar durante un ciclo de operación. Por ejemplo, si se seleccionan cuatro frecuencias F1, F2, F3 y F4, puede ser preferible, dependiendo de los patrones de calentamiento respectivos o de los modos predefinidos asociados con estas cuatro frecuencias, operar la fuente de microondas 110 en el orden secuencial (F4, F2, F1, F3) en vez del orden secuencial (F1, F2, F3, F4). Dado que la cavidad está diseñada para modos predefinidos y conocidos, el orden secuencial óptimo puede determinarse fácilmente por la unidad de control 180.

45 A su vez, la unidad de control 180 puede adaptarse para regular el tiempo de operación y /o el nivel de potencia de salida de cada una de las frecuencias utilizadas para alternar. Por ejemplo, si un gráfico de la señal de reflexión frente a la frecuencia muestra dos mínimos de reflexión en dos frecuencias F1 y F2 con dos niveles de reflexión R1 y R2, respectivamente, puede ser preferible ajustar el tiempo de operación y/o el nivel de potencia de salida de la fuente de microondas 110 en F1 y F2 para asegurar el calentamiento uniforme como una función de la relación entre R1 y R2. Por

ejemplo, si R1 es inferior a R2, puede ser preferible operar la fuente de microondas 110 a un nivel de potencia de salida superior y/o por una porción de tiempo más prolongada en la primera frecuencia F1 que en la segunda frecuencia F2.

5 Como se mencionó precedentemente, los parámetros óptimos (orden secuencial, tiempo de operación y nivel de potencia de salida) pueden también depender de una función de cocción predeterminada y/o de un tipo de carga predeterminado ingresado por un usuario.

Ventajosamente, el medio de almacenamiento 186 de la unidad de control 180 se implementa como una tabla de consulta en la que se establece una correspondencia entre las frecuencias de resonancia conocidas y las funciones de cocción predefinidas y/o entre las frecuencias de resonancia conocidas y las cargas predefinidas.

10 La presente invención es aplicable para electrodomésticos que usan microondas para calentar, como un horno de microondas. Un ejemplo específico de aplicación para la presente invención es un horno de microondas dedicado a entibiar una lonchera (carga en el intervalo de 350 g), es decir, un horno de microondas que tenga una cavidad relativamente pequeña. El método de la presente invención como se describió anteriormente puede también implementarse en un programa de ordenador que, cuando se ejecuta, pone en práctica el método inventivo en un horno de microondas. El programa de ordenador puede, por ejemplo, cargarse como una mejora al horno de microondas que ya comprende una fuente de microondas controlable por frecuencia, p. ej., una fuente de microondas de estado sólido.

15 Si bien se han descrito realizaciones específicas, el experto en la técnica entenderá que se pueden concebir diversas modificaciones y alteraciones dentro del alcance definido en las reivindicaciones anejas.

20 Por ejemplo, si bien se ha descrito en la solicitud una cavidad que tiene un corte rectangular, también se contempla implementar la presente invención en una cavidad que puede describirse en cualquier conjunto de coordenadas curvilíneas ortogonales, p. ej., coordenadas cilíndricas o esféricas.

REIVINDICACIONES

1. Un horno de microondas (100) que comprende:
 - 5 una cavidad (150) adaptada para recibir una carga que se ha de calentar, estando dicha cavidad diseñada para soportar por lo menos dos modos predefinidos, donde para cada modo predefinido, se conoce una frecuencia de resonancia en la cavidad;
 - una fuente de microondas controlable por frecuencia (110) conectada a dicha cavidad para alimentar microondas a la cavidad mediante por lo menos un puerto de alimentación (120);
 - 10 una unidad de medición (162) adaptada para medir una señal reflejada desde dicha cavidad como una función de la frecuencia de operación de dicha fuente de microondas; y una unidad de control (180) conectada a dicha fuente de microondas y adaptada para:
 - identificar frecuencias de resonancia en la cavidad en base a la señal medida;
 - caracterizado porque la unidad de control se adapta para
 - 15 seleccionar, para los modos predefinidos, por lo menos dos de las frecuencias de resonancia identificadas en base a dichas frecuencias de resonancia conocidas;
 - y alternar la frecuencia de operación de la fuente de microondas usando las frecuencias seleccionadas.
2. El horno de microondas según la reivindicación 1, en el que dicha unidad de control se adapta para seleccionar, para un modo predefinido, una frecuencia de resonancia, comparando las frecuencias de resonancia identificadas con la frecuencia de resonancia conocida del modo predefinido.
- 20 3. El horno de microondas según la reivindicación 1 o 2, en el que dicha unidad de control se adapta para seleccionar, para un modo predefinido, una frecuencia de resonancia, equiparando las frecuencias de resonancia identificadas con un intervalo de frecuencia del modo predefinido.
4. El horno de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las frecuencias de resonancia identificadas son las frecuencias correspondientes a mínimos de reflexión en la señal medida.
- 25 5. El horno de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha unidad de control se adapta para identificar las frecuencias de resonancia cuyos mínimos de reflexión están por debajo de un valor predeterminado.
6. El horno de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha unidad de control se adapta para seleccionar las frecuencias para alternar en base a una función de cocción predeterminada y/o a una carga predeterminada.
- 30 7. El horno de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha unidad de control se adapta para seleccionar frecuencias que resultan en patrones de calentamiento complementarios.
8. El horno de microondas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la cavidad posee dos o más puertos de alimentación dispuestos para excitar modos complementarios en la cavidad.
- 35 9. El horno de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que además comprende un medio de almacenamiento (186) para almacenar dichas frecuencias de resonancia y/o dichos intervalos de frecuencia representativos de dichas frecuencias de resonancia.
10. El horno de microondas según la reivindicación 9, en el que dicho medio de almacenamiento se implementa como una tabla de consulta, donde se establece una correspondencia entre dichas frecuencias de resonancia conocidas y funciones de cocción predefinidas, o entre dichas frecuencias de resonancia conocidas y cargas predefinidas.
- 40 11. El horno de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha unidad de control se adapta también para regular, durante un ciclo de operación, el orden secuencial de las frecuencias seleccionadas utilizadas para alimentar la cavidad.
12. El horno de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha unidad de control se adapta también para regular el tiempo de operación en cada una de las frecuencias utilizadas para alimentar la cavidad.
- 45 13. El horno de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha unidad de control se adapta también para regular el nivel de potencia de salida de la fuente de microondas en cada una de las frecuencias utilizadas para alimentar la cavidad.

14. El horno de microondas según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha fuente de microondas es un generador de microondas basado en estado sólido que comprende elementos semiconductores.

15. Método para calentar una carga usando microondas, comprendiendo dicho método las etapas de:

5 proveer (1610) una cavidad adaptada para recibir dicha carga, estando dicha cavidad diseñada para soportar por lo menos dos modos predefinidos donde, para cada modo predefinido, se conoce una frecuencia de resonancia en la cavidad;

proveer (1620) una fuente de microondas controlable por frecuencia para alimentar microondas a dicha cavidad mediante por lo menos un puerto de alimentación;

10 medir (1630) una señal reflejada desde dicha cavidad como una función de la frecuencia de operación de dicha fuente de microondas;

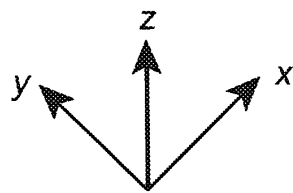
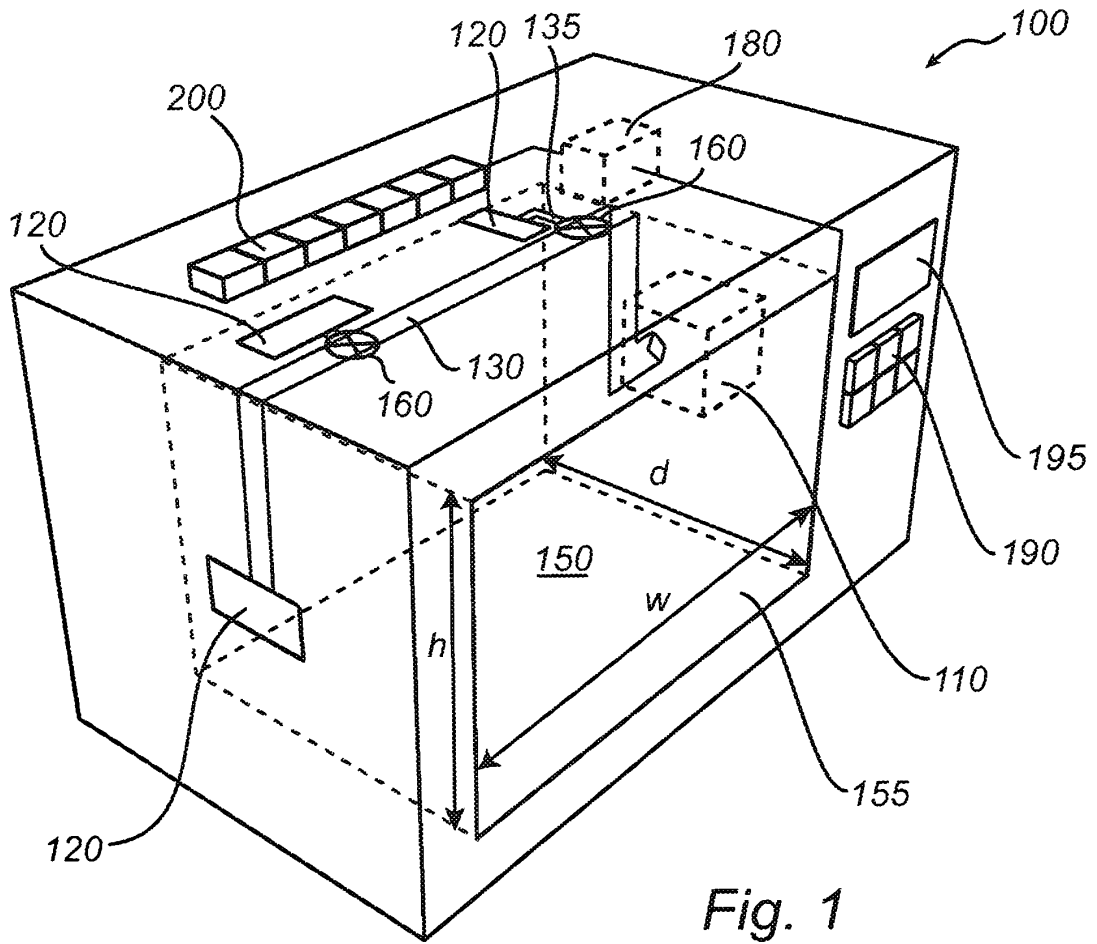
identificar (1640) las frecuencias de resonancia en la cavidad en base a la señal medida;

caracterizado por las etapas de

seleccionar (1650), para los modos predefinidos, por lo menos dos de las frecuencias de resonancia identificadas en dichas frecuencias de resonancia conocidas; y

15 alternar (1660) la frecuencia de operación de la fuente de microondas usando las frecuencias seleccionadas.

16. Un producto de programa de ordenador, cargable a un horno de microondas (100), que comprende porciones con código de software para causar que un medio de procesamiento de dicho horno de microondas realice las etapas de medir, identificar, seleccionar y alternar según la reivindicación 15.



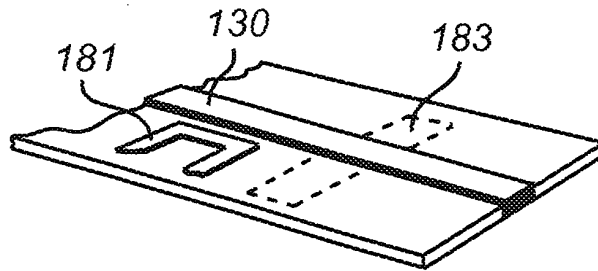


Fig. 2

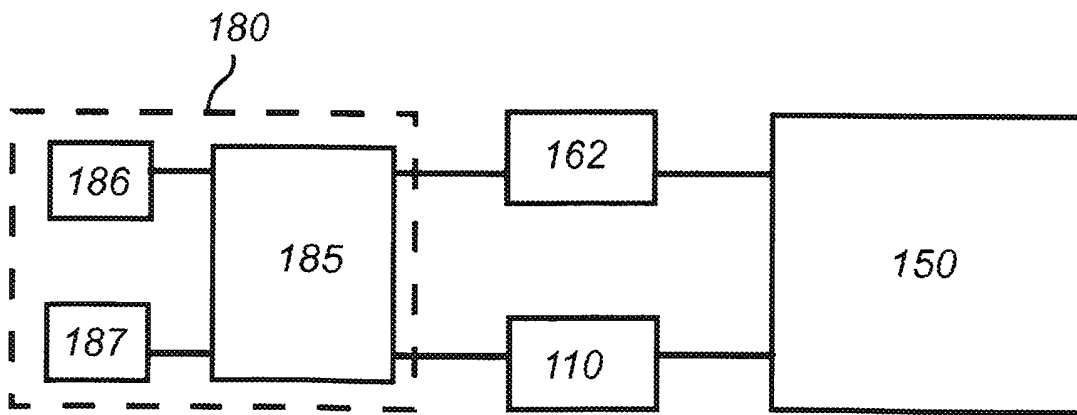


Fig. 3

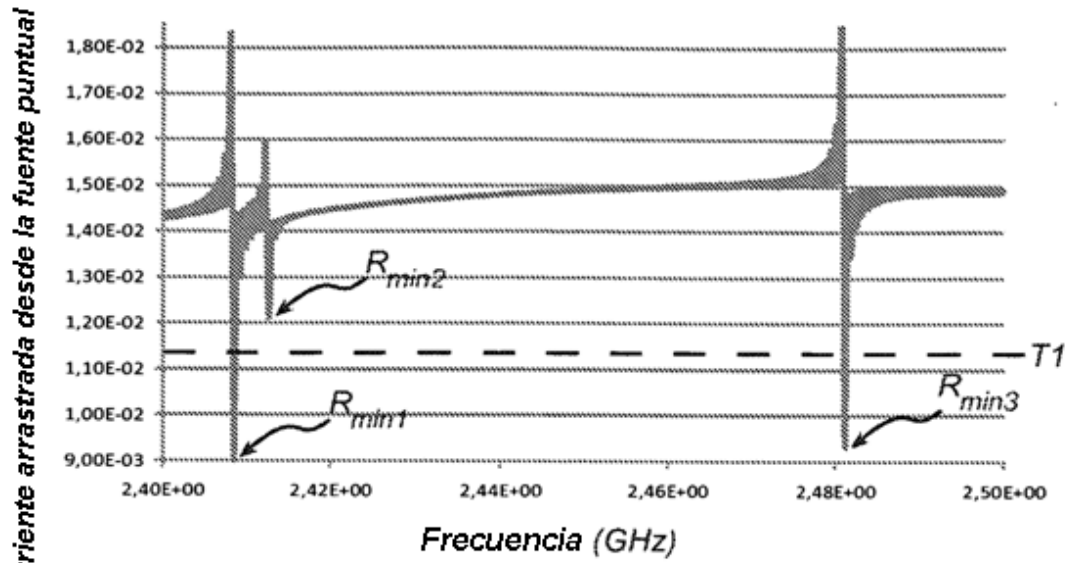


Fig. 4a

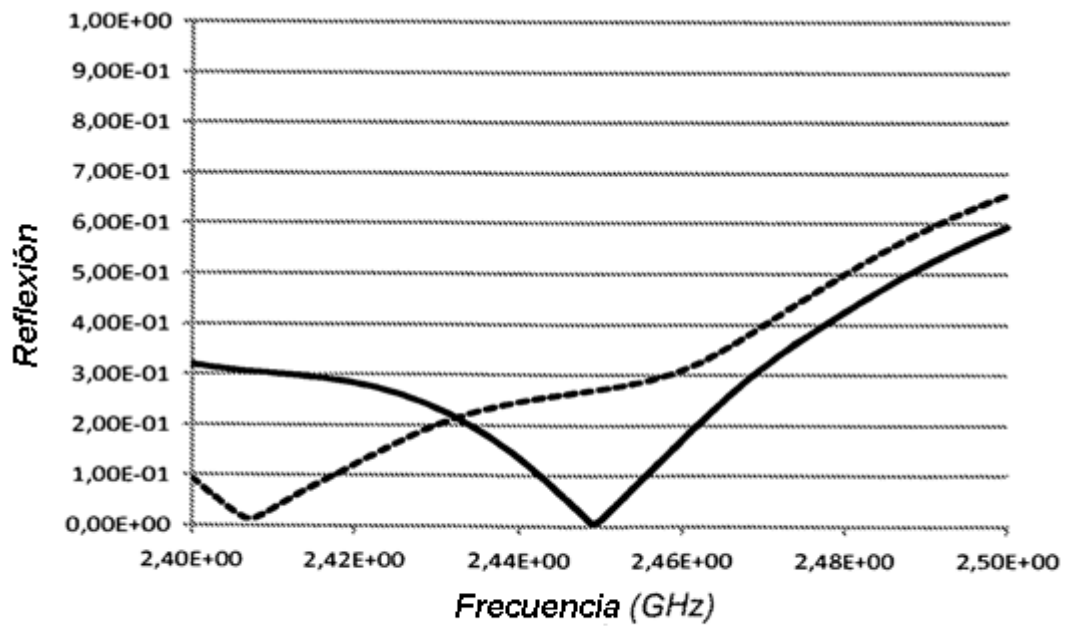


Fig. 4b

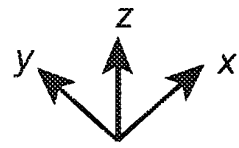
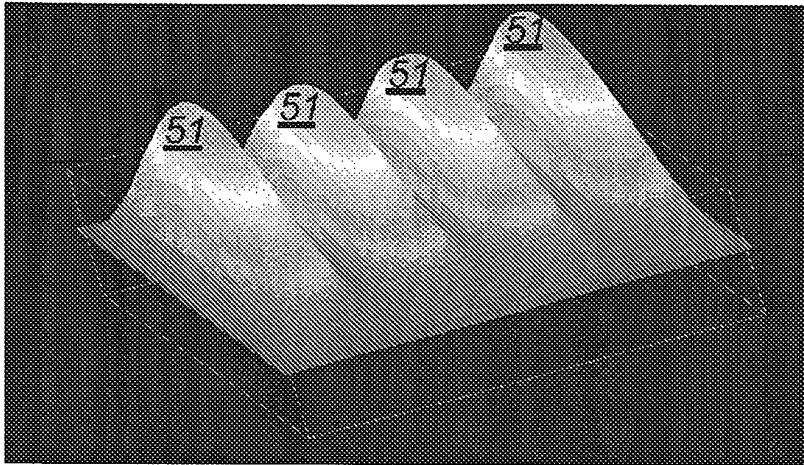


Fig. 5a

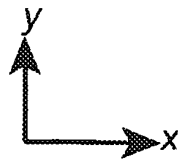
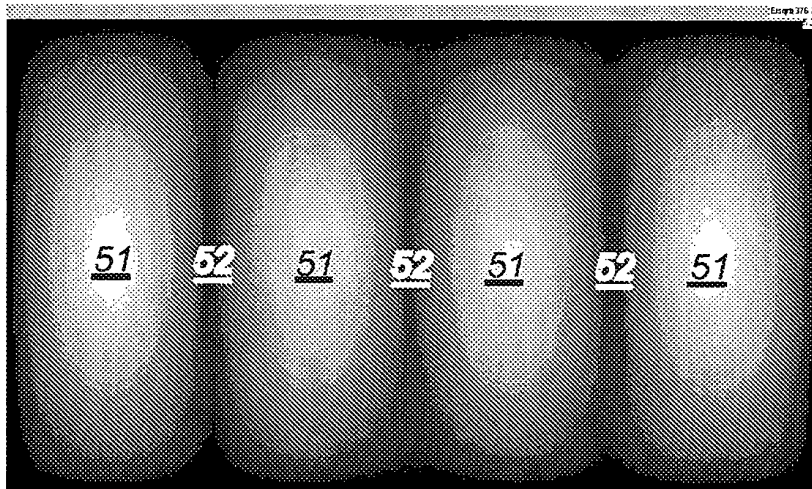


Fig. 5b

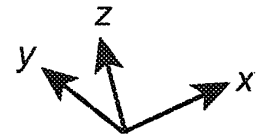
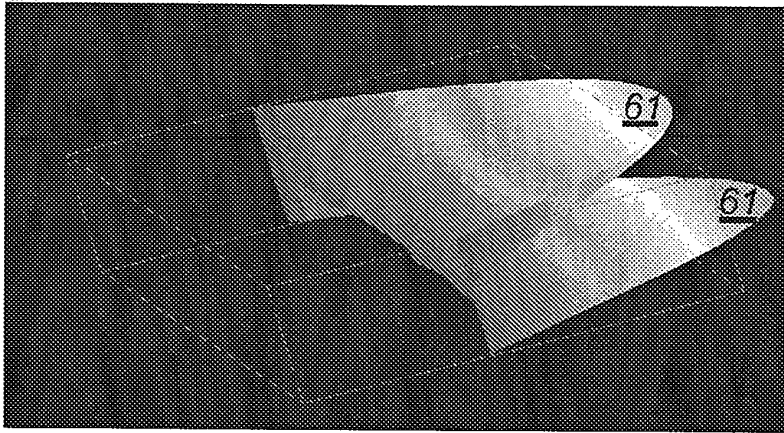


Fig. 6a

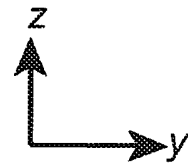
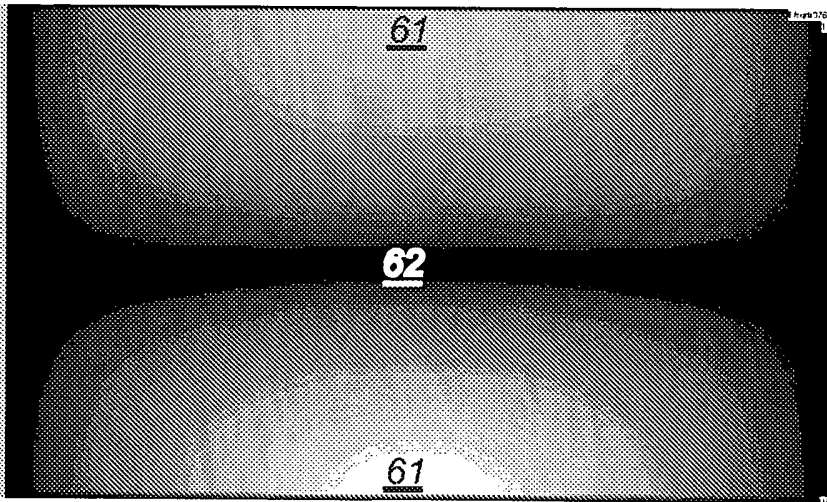


Fig. 6b

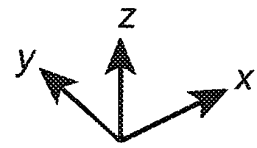
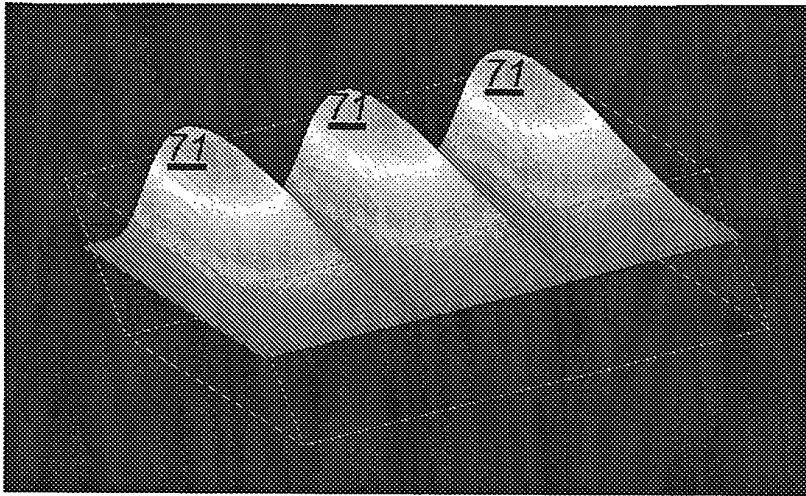


Fig. 7a

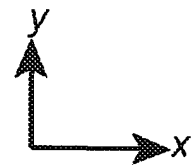
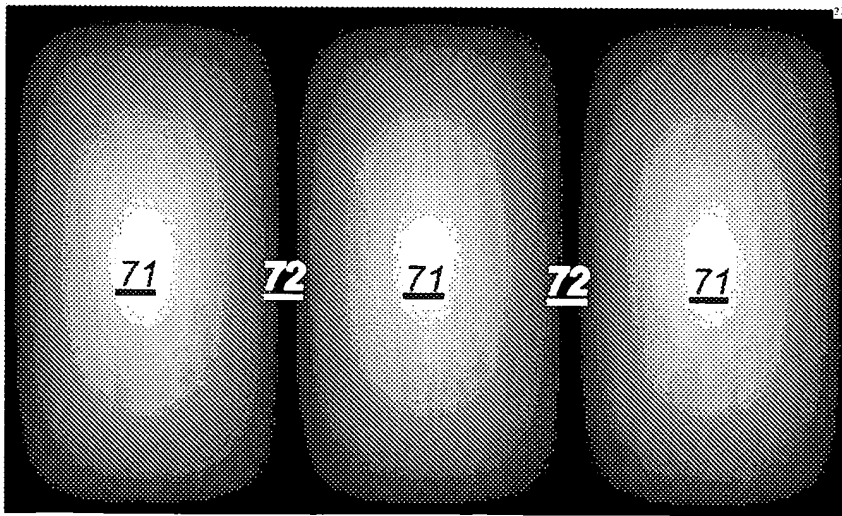


Fig. 7b

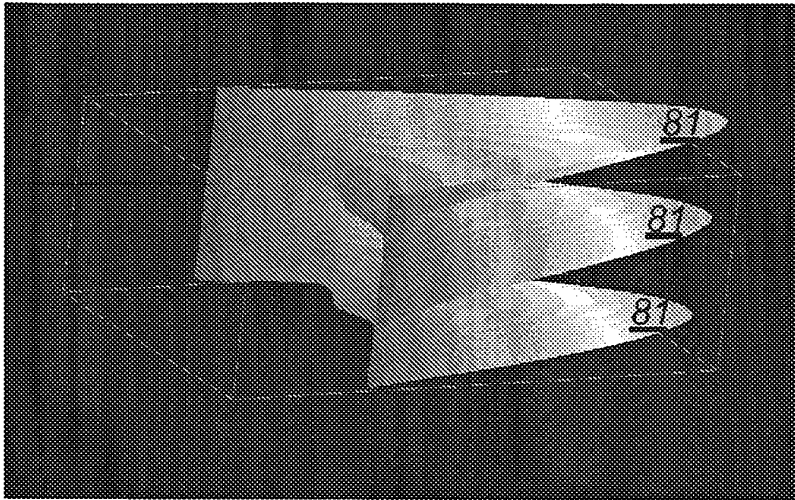


Fig. 8a

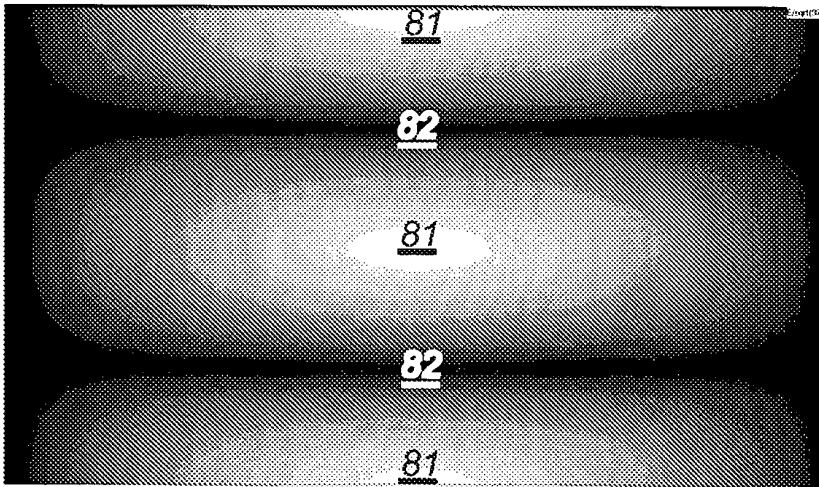


Fig. 8b

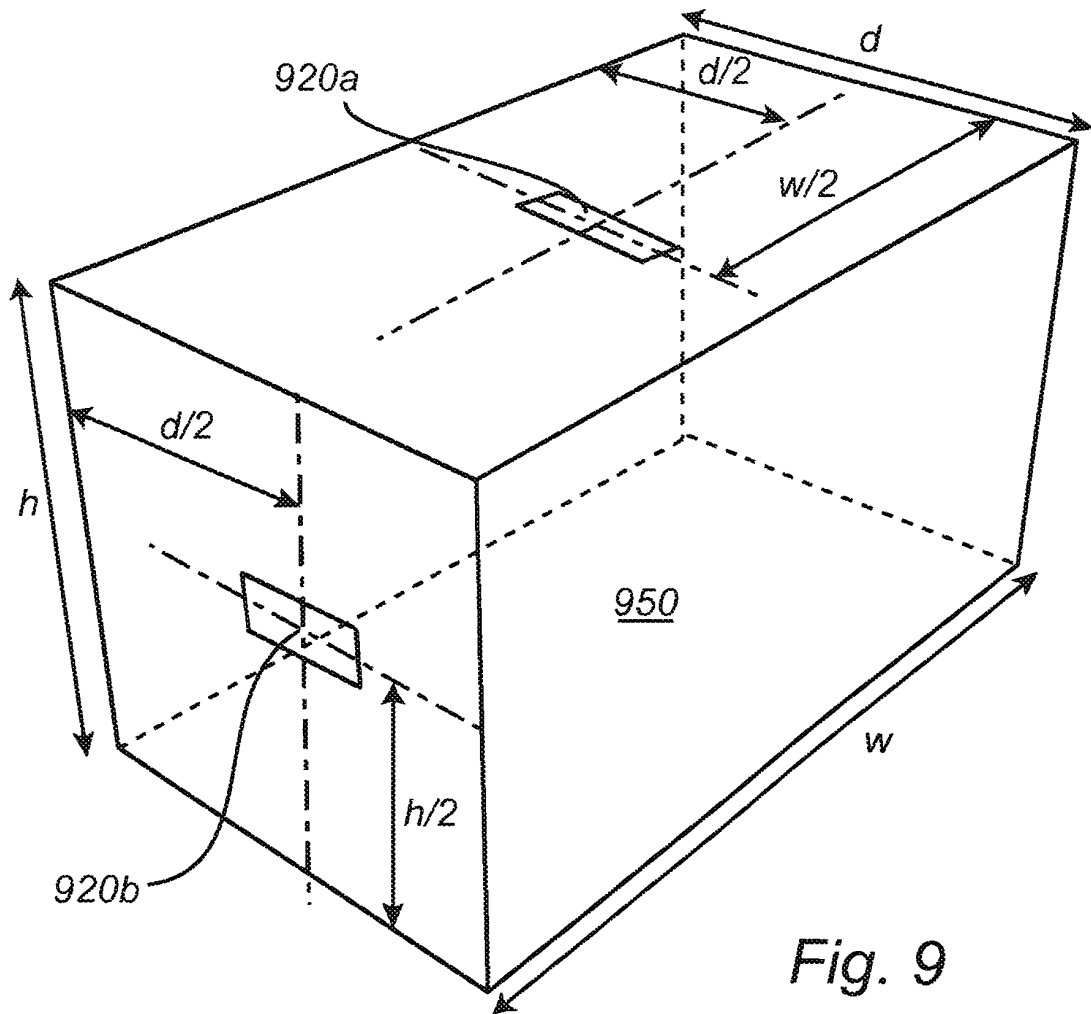


Fig. 9

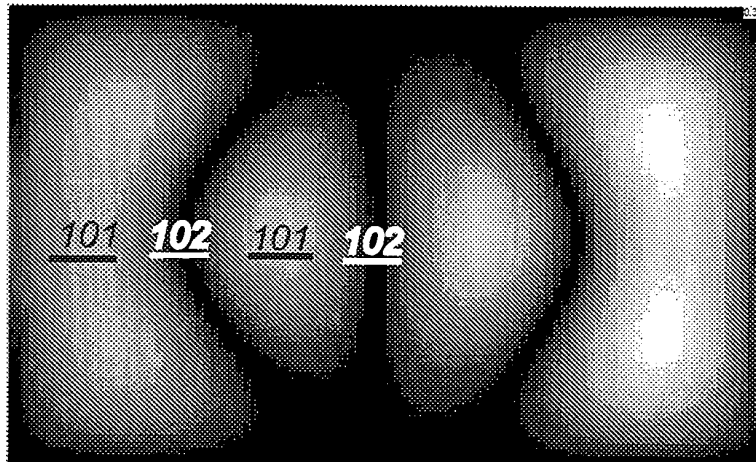


Fig. 10

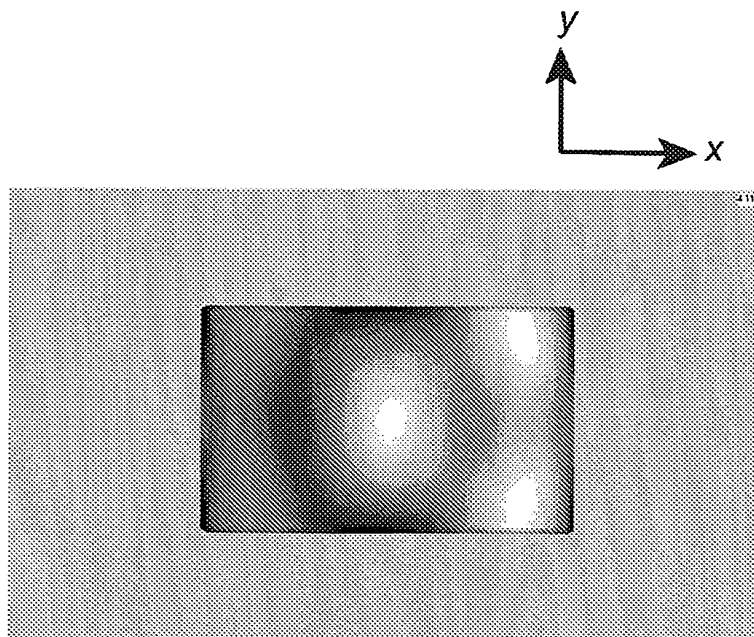


Fig. 11

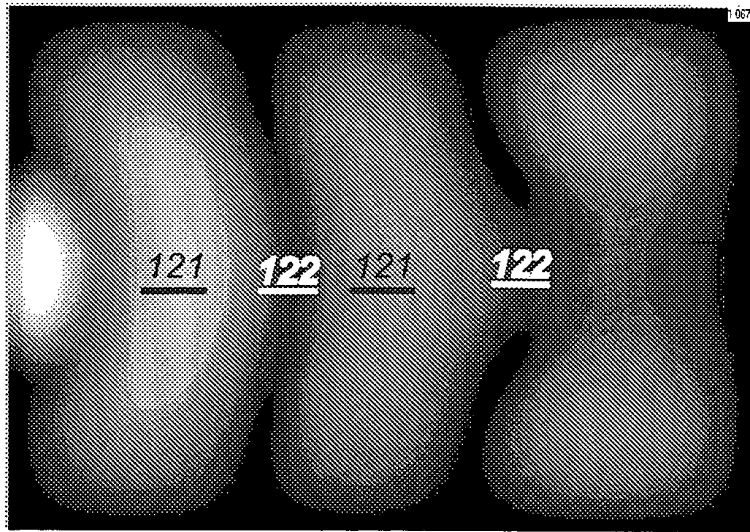


Fig. 12

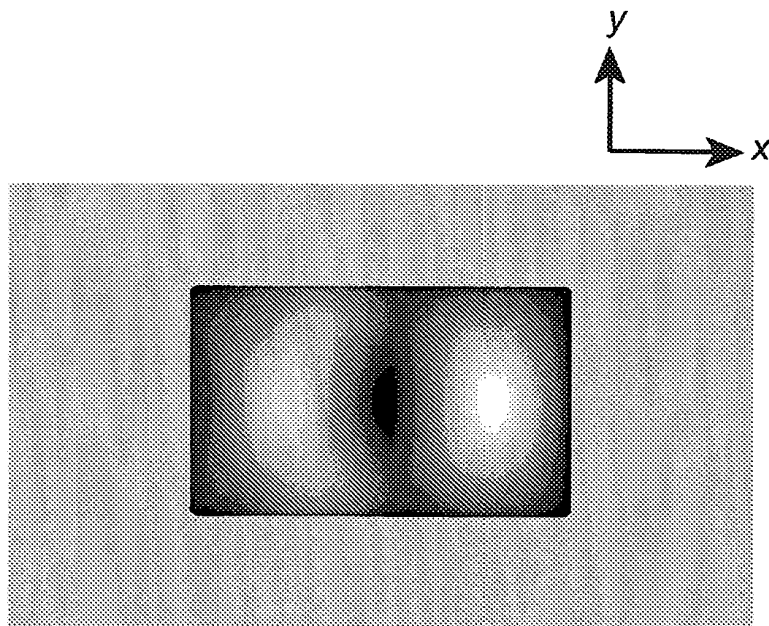


Fig. 13

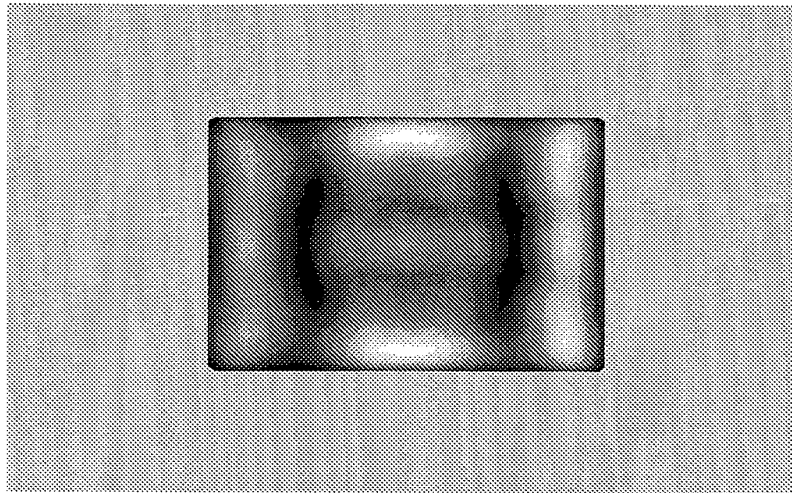


Fig. 14

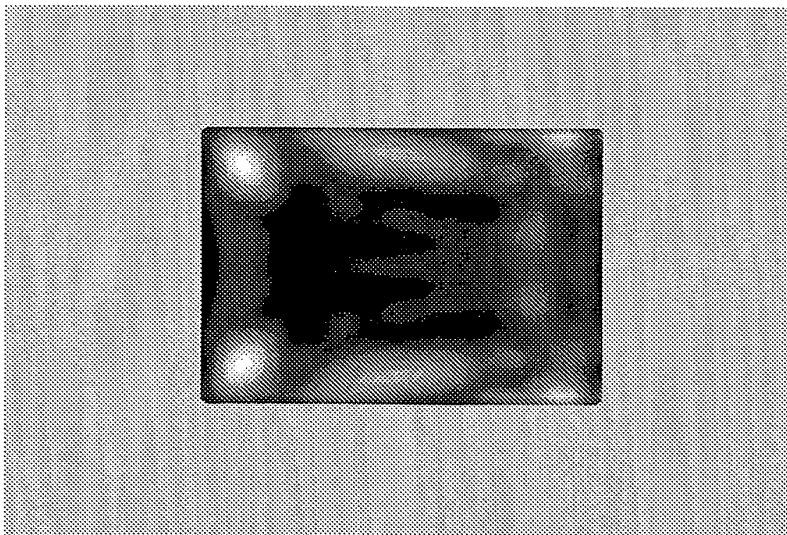
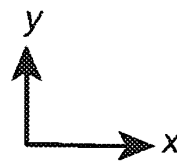


Fig. 15

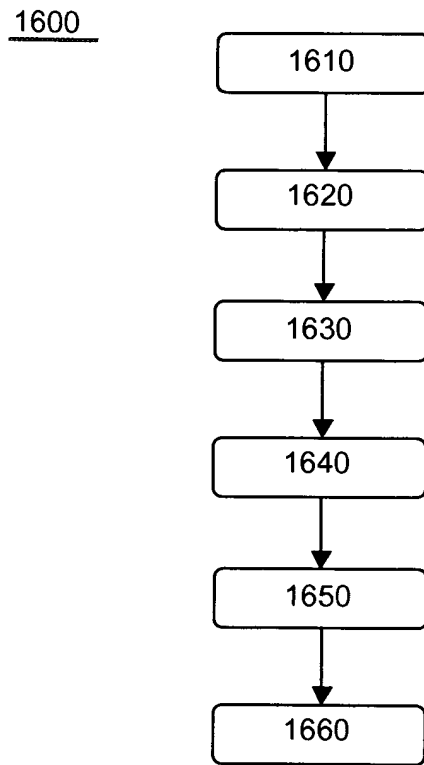


Fig. 16