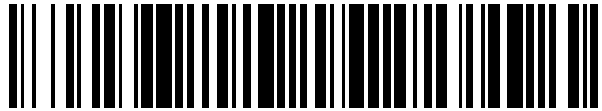


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 491 225**

51 Int. Cl.:

G01K 7/32 (2006.01)

G01K 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2007 E 07755512 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.06.2014 EP 2008069**

54 Título: **Medición de temperatura usando los cambios de la constante dieléctrica y la resonancia asociada**

30 Prioridad:

13.04.2006 US 791810 P

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

05.09.2014

73 Titular/es:

**RADATEC, INC. (100.0%)
144 Harvey Road
Londonderry, NH 03053, US**

72 Inventor/es:

**BILLINGTON, SCOTT;
GEISHEIMER, JONATHAN y
HOLST, THOMAS**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 491 225 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

Medición de temperatura usando los cambios en la constante dieléctrica y la resonancia asociada

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a la medición de temperatura y más particularmente al diseño y uso de un dispositivo de medición de temperaturas dentro de entornos de alta temperatura.

10 **Antecedentes de la invención**

La medición de temperatura se realiza normalmente midiendo el cambio en alguna magnitud proporcional a la temperatura. Más frecuentemente en entornos industriales, esta se realiza usando un termopar. Un termopar usará la diferencia de voltaje entre dos metales distintos y se mapeará ese voltaje a una temperatura usando una curva de calibración. Otras técnicas de medición pueden usar la emisividad espectral, mientras que otros dispositivos de medición de temperatura, tales como un termómetro estándar, medirán la expansión de un líquido o metal a medida que cambia la temperatura.

Los dispositivos de turbinas de gas proporcionan algunos de los entornos más calientes para la medición de temperatura. Las temperaturas de las vías de gas pueden exceder 1093,3 °C (2000 °F), que está por encima de los puntos de fusión de la mayor parte de los metales. La patente de los Estados Unidos N° 6.489.917 de *Geisheimer* y otros desvela técnicas de microondas para medir otros parámetros físicos dentro de un dispositivo de turbina de gas, tal como la holgura de las puntas de los álabes.

Las antenas que operan dentro de un entorno de temperatura extrema, tal como un entorno de un dispositivo de turbina de gas, normalmente usan algún tipo de enfriamiento activo. Casi todos los componentes en el área de la turbina del dispositivo contienen algún tipo de enfriamiento activo ya que la temperatura de la vía de gas está normalmente más caliente que el punto de fusión de los metales. El aire de enfriamiento se proporciona normalmente por aire extraído del compresor y conducido a través del exterior de la carcasa de la turbina así como a través de los propios álabes. Por lo tanto, está disponible una fuente fácil de enfriamiento por aire, y la instalación de la antena está típicamente diseñada para usar parte del aire de enfriamiento para mantener la antena a una temperatura que le permitirá funcionar durante muchos miles de horas.

El diseño del enfriamiento por aire se realiza creando un modelo térmico de realización de cálculos térmicos que realizan suposiciones acerca de la temperatura de la vía del gas, la temperatura de aire de enfriamiento y la presión, así como la tasa a la cual se transfiere el calor desde la vía de gas a la pared de la turbina. Los valores de diseño típicos representan escenarios del caso peor y por lo tanto puede ser difícil de determinar con precisión la temperatura de funcionamiento de la sonda.

Es posible la incorporación de termopares u otros dispositivos de medición de la temperatura dentro de la antena. Sin embargo representa una complejidad adicional. A menudo prima el espacio y no es deseable el enrutamiento exterior de otros hilos así como tratar con problemas de fiabilidad del funcionamiento de un termopar a tan alta temperatura. Por lo tanto, es deseable deducir una técnica para medir la temperatura usando la estructura de antena existente.

Las antenas se usan para transmitir y recibir energía electromagnética. Típicamente, se usan dentro de entornos de temperatura ambiente y se usan en dispositivos tales como los teléfonos móviles, radios, receptores de posicionamiento global y sistemas de radar. Un tipo particular de antena, conocido como antena de micro-banda o de parche, se construye formando un patrón geométrico de metal sobre un sustrato dieléctrico. Muchos de tales diseños se construyen con procesos de grabado de la tarjeta de circuito impreso comunes en la fabricación de circuitos impresos. La geometría del diseño es típicamente rectangular o circular, pero son posibles otras geometrías para proporcionar un funcionamiento mejorado tal como un ancho de banda o direccionalidad aumentadas.

Los materiales usados como sustrato eléctrico para una antena a menudo son materiales de circuito impreso, tales como FR4, u otros materiales cerámicos tales como la alúmina (Coors AD-995 o similar). Todos los materiales dieléctricos exhiben algún cambio en la constante dieléctrica como una función de la temperatura. La frecuencia central de una antena de parche se basa en una frecuencia de resonancia diseñada que es una función de la geometría de la metalización así como la constante dieléctrica. Para la mayor parte de los materiales dieléctricos, el cambio en la constante dieléctrica no es lineal en función de la temperatura, aumentando la tasa de cambio de la constante dieléctrica a medida que aumenta la temperatura.

La frecuencia central de la antena se puede medir usando un analizador de redes, u otro dispositivo de medición similar, que mide la cantidad de energía transmitida por la antena. El método de medición típico mide el coeficiente de reflexión de la antena, que consiste de transmitir una señal a lo largo de un cable y medir la cantidad de energía que se devuelve. Si no se devuelve energía, entonces se asume que la mayor parte de la misma pasó al exterior a través de la antena y no se devuelve. El coeficiente de reflexión se mide a través de un intervalo de frecuencias para

determinar la frecuencia en la que la antena transmite de forma más eficiente.

Para la mayor parte de las aplicaciones de antena, la temperatura de operación es lo suficientemente baja para que los cambios en la constante dieléctrica por la temperatura no impacten significativamente en cómo funciona la antena. Sin embargo, en aplicaciones tales como la medición de la holgura de las puntas dentro de los dispositivos de turbinas de gas, el cambio de temperatura puede ser lo suficientemente alto para que se puedan observar cambios significativos en la constante dieléctrica.

A la vista de lo anterior, se apreciará que el hecho de medir el nivel de temperatura afrontada por una antena localizada dentro de un entorno de alta temperatura requiere un enfoque diferente que el que se encuentra en la técnica anterior. De este modo, existe una necesidad no resuelta hasta ahora en la industria para tratar las deficiencias y la falta de adecuación mencionadas anteriormente.

El documento DE 40 06 885 A1 describe un sensor para una medición sin contacto de la temperatura de un disco de freno. Se fija una combinación LC al disco de freno y se posiciona un dispositivo transmisor en una localización fija opuesta al disco de freno, que comprende una bobina inductiva que puede estar acoplada inductivamente a la combinación LC del disco de freno. Periódicamente se puede realizar un barrido de frecuencia del dispositivo de transmisión.

Sumario de la invención

La presente invención implementa una metodología para medición de la temperatura dentro de entornos de alta temperatura reconociendo el cambio en la constante dieléctrica de un dispositivo resonante, tal como una antena de parche, con el uso de dispositivos electrónicos de microondas apropiados, tal como un analizador de redes. La técnica inventiva usualmente se implementa con una antena de parche u otra antena similar basada en dieléctrico, que tiene un elemento de antena radiante y un sustrato dieléctrico, usualmente colocado dentro de una carcasa o conjunto de sonda. La técnica inventiva también se puede extender para la operación, sin embargo, con otros tipos de estructuras resonantes que tienen materiales dieléctricos tales como ventanas dieléctricas, guías de ondas rellenas de dieléctrico o cualquier otra estructura similar. El material dieléctrico puede ser cualquier material que sea compatible con los entornos de operación de la aplicación y podría ser un material dieléctrico cerámico o basado en plástico.

Para un escenario de medición de temperatura que incluye una antena que opera en un entorno de alta temperatura, la antena está conectada, normalmente a través de un cable de microondas, a un dispositivo electrónico de microondas capaz de enviar una señal electromagnética a lo largo de un cable en una pluralidad de frecuencias y medir la cantidad de energía devuelta a través del cable. Los dispositivos electrónicos están usualmente equipados con un procesamiento de señal analógico o digital capaz de registrar la cantidad de energía reflejada hacia atrás a lo largo del cable, relacionando la energía reflejada con la cantidad de energía que se transmitió y desarrollando un gráfico o un informe que muestra el coeficiente de reflexión como una función de la frecuencia. Los dispositivos electrónicos, usualmente un analizador de red, incluyen la capacidad de procesamiento de señal suficiente para calcular el punto sobre un gráfico del coeficiente de reflexión donde se devuelve la menor cantidad de energía al dispositivo electrónico y que identifica la frecuencia de operación. Para un ejemplo representativo, los dispositivos electrónicos pueden almacenar una curva de calibración que mapea el centro de la frecuencia de la antena a la temperatura de operación. A continuación se puede calcular la temperatura a partir de la frecuencia central actual de la antena y sacarla al usuario a través de una pantalla, técnica digital o analógica.

Un proceso de medición de temperatura representativo comprende calcular una temperatura para una antena que opera en un entorno de alta temperatura. Se realiza un barrido de la frecuencia de transmisión de la antena con una fuente de señal electromagnética y se recogen las características de la señal devuelta, usualmente con el soporte de un analizador de red. Estas características incluyen las formas de onda en fase y en cuadratura extraídas a partir de la señal devuelta que se refleja desde la antena y se recibe por un receptor o dispositivo de recogida. Se realiza una transformada inversa de Fourier compleja sobre las formas de onda para transformar el voltaje registrado respecto a los datos de frecuencia desde el dominio de la frecuencia al dominio del tiempo. Para reducir los lóbulos laterales, se puede realizar la transformada de Fourier estándar recortada temporalmente sobre los datos grabados. Los datos resultantes de la aplicación de la transformada de Fourier representan la magnitud y la fase respecto al tiempo para las reflexiones asociadas con la señal de recepción. A su vez, se selecciona la reflexión de la antena de interés - la reflexión asociada con la antena en lugar de las reflexiones asociadas con el cableado o las conexiones del sistema de antena - y las reflexiones restantes se eliminan de los datos resultantes. Los datos resultantes se transforman a continuación desde el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, dando como resultado por lo tanto un coeficiente de reflexión S11 para la antena. Se detecta un punto mínimo para la curva de respuesta representada por el coeficiente de reflexión S11 para localizar la frecuencia central para la antena. Finalmente, se aplica un mapa o curva de calibración para el punto mínimo detectado para identificar una temperatura asociada con la frecuencia central de la antena. La curva de respuesta y los resultados de la aplicación del mapa de calibración para la curva de respuesta se pueden presentar al usuario mediante una pantalla, un informe impreso u otros medios de presentación.

Otros sistemas, métodos, características y ventajas de la presente invención serán evidentes para un experto en la materia una vez examinados los siguientes dibujos y la descripción detallada. Se pretende que todos los sistemas adicionales, métodos, características y ventajas que se incluyen dentro de esta descripción, estén dentro del ámbito de la presente invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

5

Breve descripción de los dibujos

Muchos aspectos de la invención se pueden entender mejor con referencia a los siguientes dibujos. Los componentes de los dibujos no están necesariamente a escala, se hará énfasis en cambio en ilustrar claramente los principios de las realizaciones ejemplares de la presente invención. Además, en los dibujos, las referencias numéricas designan las partes correspondientes a través de las diversas vistas.

10

La FIG. 1a es la vista superior de una implementación ejemplar de una antena de parche con metalización aplicada usando un proceso de película gruesa o de película fina de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

15

La FIG. 1b es la vista lateral de una implementación ejemplar de una antena de parche con metalización aplicada usando un proceso de película gruesa o de película fina de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques del sistema que ilustra un sistema de medición representativo que comprende dispositivos electrónicos de microondas con procesamiento de señal digital conectados a un cable y una antena de acuerdo con una realización de la presente invención.

20

La FIG. 3 es una representación típica del coeficiente de reflexión para una antena de parche típica de acuerdo con una realización de la presente invención.

25

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de un proceso para la medición de temperatura calculando un coeficiente de reflexión, o representación de S11, para una antena colocada dentro de un entorno de alta temperatura de acuerdo con una realización de la presente invención.

30

La FIG. 5 es un gráfico representativo que muestra las reflexiones a lo largo de un cable y la aplicación de una puerta de intervalo sobre la reflexión de la antena de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones ejemplares

Las realizaciones ejemplares de la presente invención proporcionan un método para la medición de la temperatura midiendo el cambio en la constante dieléctrica de una antena que tiene un material dieléctrico y un elemento radiante, típicamente una antena de parche, dentro de un entorno de alta temperatura. Para el propósito de esta revelación, se define un entorno de alta temperatura como un entorno que tiene una temperatura igual o superior a 315,6 °C (600 °F).

40

Las realizaciones ejemplares de la presente invención se describirán ahora más completamente en este documento con referencia a las FIG. 1 - 5, en las que se muestran las realizaciones de la invención. La FIG. 1a es la vista superior de una implementación ejemplar de una antena de parche con metalización aplicada usando un proceso de película gruesa o de película fina de acuerdo con una realización de la presente invención. La FIG. 1b es la vista lateral de una implementación ejemplar de una antena de parche con metalización aplicada usando un proceso de película gruesa o de película fina de acuerdo con una realización de la presente invención. La FIG. 2 es un diagrama de bloques del sistema que ilustra un sistema de medición representativo que comprende dispositivos electrónicos de microondas con procesamiento de señal digital conectados a un cable y una antena de acuerdo con una realización de la presente invención. La FIG. 3 es una representación del coeficiente de reflexión típico para una antena de parche típica de acuerdo con una realización de la presente invención. La FIG. 4 es un diagrama de flujo de un proceso para la medición de la temperatura calculando un coeficiente de reflexión, o representación de S11, para una antena colocada dentro de un entorno de alta temperatura de acuerdo con una realización de la presente invención. La FIG. 5 es un gráfico representativo que muestra reflexiones a lo largo de un cable y la aplicación de una puerta de intervalo sobre la reflexión de antena de acuerdo con una realización de la presente invención.

50

La FIG. 1 muestra una antena de parche ejemplar 100 que comprende un sustrato dieléctrico 102, una metalización de alta temperatura 101 y un agujero de alimentación 103 para colocación de un cable de microondas. El sustrato dieléctrico 101 es típicamente un material cerámico de alta temperatura, tal como Coors AD995, que es una cerámica 99,5 % de alúmina pura con una constante dieléctrica a temperatura ambiente de aproximadamente 9,7. A temperaturas de 800 °C, la constante dieléctrica puede aumentar por encima de 11. En otras palabras, la constante dieléctrica de un material dieléctrico usualmente aumenta con un aumento en la temperatura. La antena de parche 100 es un ejemplo representativo de una antena que se puede usar para soportar la medición de una temperatura en un entorno de alta temperatura.

60

Como conocerán los expertos en la materia, el tamaño de la antena de parche de micro-banda 100 está relacionado

65

inversamente con la constante dieléctrica del material usado para el sustrato 101 dada una frecuencia de transmisión constante. Por ejemplo, el diseño de una antena con una frecuencia central de aproximadamente 5,8 GHz obtendría una parche de micro-banda 100 de aproximadamente 8,89 mm (0,35 pulgadas) de diámetro cuando se usa un material Coors AD995. Hay otros materiales de alta temperatura que se pueden usar como el sustrato dieléctrico 101, incluyendo pero sin limitarnos a estos, óxido de titanio, óxido de circonio, y dióxido de silicio. Se puede usar cualquier material como sustrato dieléctrico 101 siempre que el material tenga una constante dieléctrica compatible con el diseño de microondas y las propiedades del material sean tales que el sustrato sobreviva en la aplicación. Por ejemplo, el material Coors AD995 puede sobrevivir en aplicaciones de alta temperatura que exceden a 1.092,3 °C (2000 °F).

Hay cerámicas adicionales disponibles para su uso como el sustrato dieléctrico 101 que añaden aditivos de óxido de titanio u óxido de calcio a la fórmula de la alúmina; estos materiales son conocidos por reducir significativamente el cambio de la constante dieléctrica como una función de la temperatura. Realizaciones ejemplares de la invención usan estos materiales para minimizar el cambio en la frecuencia central de la antena como una función de la temperatura.

La metalización a alta temperatura 101 es un metal que se aplica a un sustrato dieléctrico 102. Aunque el sustrato dieléctrico 102 es capaz de resistir temperaturas muy altas con una alta supervivencia en entornos corrosivos, la metalización 101 puede ser vulnerable en exposiciones más largas. Los materiales incluyen platino - paladio - plata, renio, platino elemental, e incluso cerámicas conductoras tal como el óxido de estaño indio. La geometría de la metalización 101 puede ser de cualquier diseño de antena estándar. Hasta la fecha, los diseños ejemplares incluyen un parche circular, o variantes de un parche circular, incluyendo un parche de ranura en U y un parche de ranura recta. Cualquier geometría que consiga la frecuencia central y el ancho de banda deseados se podría usar para implementar la metalización.

La alimentación para la antena 100 es a través del agujero 103. En diseños ejemplares, el conductor central de un cable coaxial se alimenta a través del agujero 103 y se pega a la metalización 101 usando una soldadura, soldadura TIG, soldadura láser, o cualquier otra técnica de unión de metal a metal, como se conoce por los expertos en la materia. La antena se podría alimentar usando una clavija en lugar de un cable coaxial o se podría rediseñar la alimentación para acomodar cualquier otro tipo de alimentación de la antena de parche encontrada en la técnica anterior.

La antena de parche ejemplar puede operar para soportar la transmisión y recepción de señales electromagnéticas, mientras que está expuesta a altas temperaturas, en base a una selección de materiales de alta temperatura para impedir la fusión, oxidación o ataque químico como se ha descrito anteriormente en conexión con la Fig. 1. Las técnicas de unión de alta temperatura, tal como la soldadura o pegado de difusión, se usan usualmente para unir los componentes de la antena de parche.

Aunque una realización ejemplar usa una antena de parche para las aplicaciones de medición de temperatura, los inventores reconocen que también se podrían usar que otras estructuras resonantes que usan un material dieléctrico para tales aplicaciones. Estas estructuras resonantes incluyen, por ejemplo, materiales dieléctricos tales como antenas de ventana de dieléctrico o antenas de dieléctrico de relleno de guía de ondas y cualquier otra estructura resonante que está cargada con un material dieléctrico.

La FIG. 2 muestra un diagrama de bloques de un sistema de medición ejemplar para medir la temperatura a partir de un cambio de la constante dieléctrica de una antena de parche que opera en un entorno de alta temperatura. El sistema de medición ejemplar comprende un cuerpo de sonda 201 que alberga la antena de parche 100 basada en la colocación de la antena dentro del interior de la sonda. El cuerpo de la sonda 201 alberga la antena 100 y está usualmente diseñada para compaginar con la geometría del tamaño de instalación deseado. Por ejemplo, el cuerpo de la sonda 201 puede tener roscas, bridas, recortes o cualesquiera otras características mecánicas necesarias para ayudar en la instalación para la aplicación particular. El cuerpo de la sonda 201 está conectado a los dispositivos electrónicos plasmados por un transceptor de microondas 203, típicamente un analizador de red, a través de un cable de alta temperatura 202.

El transceptor de microondas 203 comprende dispositivos electrónicos para la generación de señales de microondas para la propagación a lo largo del cable 202 a la antena 100 y la demodulación de la señal reflejada. En la realización preferida, se usaría un analizador de red, tal como el Agilent 8722, sin embargo, se puede usar la arquitectura típica de receptor de IF cero o cualquier otro receptor de microondas estándar tal como IQ digital o un receptor superheterodino. Un requisito del componente receptor del transceptor 203 es que sea capaz de la medición en cuadratura, lo que permite al receptor medir tanto la magnitud como la fase de la señal recibida. Como conocen los expertos en la materia, hay una diversidad de técnicas de receptor de microondas que pueden medir la amplitud y la fase de la señal recibida, todas las cuales se pueden usar. El transceptor 203, también es capaz de cambiar la frecuencia de transmisión sobre un gran ancho de banda, preferiblemente 500 MHz o mayor.

El sistema de medición también comprende el procesamiento de señales analógicas o digitales 204 útil para calcular el coeficiente de reflexión, también denominado como S11. Como conocen los expertos en la materia, S11 es la

proporción de la señal recibida a la señal transmitida y puede explicarse además como la proporción de la señal recibida dividida por la señal transmitida. Esta funcionalidad de procesamiento de señales se realiza del mejor modo en un analizador de red, tal como el Agilent 8722. S11 se puede medir sobre un amplio intervalo de frecuencias, generando una representación de S11 respecto a la frecuencia para su presentación sobre una pantalla o presentación en un informe. Para una antena de parche típica, el punto en el cual se refleja la menor cantidad de energía devuelta representa la frecuencia central de la antena.

El procesamiento de señal 204 es capaz de realizar un recorte temporal sobre una señal. Por ejemplo, el procesamiento de señal 204 puede realizar la transformada inversa de Fourier usando una transformada inversa rápida de Fourier (IFFT), la transformada de Fourier incorporada dentro de un algoritmo de transformada rápida de Fourier (FFT), y otras operaciones de compaginación simples. La aplicación del procesamiento de señales al método de medición de temperaturas se explicará adicionalmente en las FIG. 4 y 5.

El procesamiento de señal 204 es también capaz de calcular el punto mínimo en la representación de la magnitud de S11 usando operaciones matemáticas simples. Un método ejemplar de cómo se realizaría esta operación sería almacenar todos los valores de la magnitud de S11 dentro de la memoria del procesador de señal como una disposición y realizar a continuación un bucle (tal como un bucle *for* en lenguaje C), buscando el valor mínimo en la disposición. A medida que el bucle indexa a través de cada posición de la disposición se realiza una comparación entre el valor de S11 actual en ese índice y el mínimo global encontrado hasta el momento. Si el valor actual es menor que el mínimo global, el mínimo global se reemplaza con el nuevo valor mínimo, y se almacena también el índice en el cual se produce el valor. Toda la disposición se indexa a continuación hasta que se encuentra el valor mínimo global y se encuentra el índice en el cual se produce ese valor. El procesador de señal almacena un mapeo de los valores de frecuencia para cada índice del valor de S11. De ese modo, a través de una simple tabla de búsqueda, se puede usar el índice para encontrar la frecuencia en la que se produce el valor mínimo de S11. Además, el procesamiento de señal 204 es capaz de almacenar una curva de calibración que mapea la frecuencia central de la antena a la temperatura de la constante dieléctrica. La curva de calibración se puede generar colocando la antena dentro de un horno y aumentando la temperatura mientras que se registra tanto la temperatura en el interior del horno junto con la frecuencia central de la antena usando un analizador de red. Un proceso ejemplar para generar la curva de calibración sería colocar en primer lugar un termopar dentro del horno, y a continuación colocar la sonda dentro del horno. El hilo conductor de la sonda saldría por una puerta en el horno y se conectaría a un analizador de red. A continuación se engancharía un sistema de adquisición de datos al analizador de red que registraría y almacenaría el valor mínimo de S11 en el tiempo. La capacidad de controlar el analizador de red desde un ordenador externo y ejecutar funciones de compaginación como encontrar el valor mínimo de S11 son funciones normalizadas dentro los modernos analizadores de red. Se pueden usar GBIP, u otros protocolos de comunicaciones soportados para controlar el analizador de red desde el ordenador. Mientras que el ordenador está grabando el valor mínimo de S11 y la frecuencia correspondiente desde el analizador de red en el tiempo, la temperatura del horno se va aumentando en el valor máximo esperado en el dispositivo. Cuando se completa, se puede generar un gráfico X - Y que representa la temperatura respecto a la frecuencia central y una curva ajustada a la representación. Se puede usar cualquier técnica de ajuste de curva normalizada tal como una interpolación lineal, ajuste polinómico, o ajuste de arcos circulares (spline). El ajuste de la curva resultante se convierte en la calibración usada para mapear la frecuencia central a la temperatura.

Una salida de la medición de temperatura se puede presentar al usuario 205. Las salidas típicas incluyen una pantalla o un informe, una salida digital a otro dispositivo de adquisición de datos a través de Ethernet, RS-232, RS-485, MODBUS, u otro protocolo digital similar, una salida analógica tal como un voltaje proporcional a la temperatura, o una corriente proporcional a la temperatura.

La FIG. 3 es una representación del coeficiente de reflexión que muestra una representación ejemplar 300 de S11. La curva 302 se traza como una función de la amplitud en función de la frecuencia para una antena de parche típica, tal como la antena 100. La representación de S11 300 muestra la profundidad característica en la representación de la frecuencia central de la antena 301. Otras estructuras dieléctricas resonantes, tales como las ventanas de dieléctrico, las guías de ondas rellenas de dieléctrico, y otras estructuras cargadas de dieléctrico tendrían representaciones de S11 similares. A medida que la antena aumenta su temperatura en un entorno de alta temperatura, la constante dieléctrica aumentará para la mayor parte de los materiales dieléctricos. Para una cerámica de alúmina tal como Coors AD-995 la constante dieléctrica puede aumentar desde 9,7 hasta 11 como resultado de un aumento de temperatura. A medida que la constante dieléctrica aumenta en valor, las ondas electromagnéticas se comprimen y la antena de parche parece eléctricamente mayor. El impacto sobre la resonancia de la antena es disminuir la frecuencia resonante para la antena de parche. A medida que aumenta la temperatura y disminuye la frecuencia de resonancia de la antena, la representación de S11 cambia como se muestra en la curva 304 con una menor frecuencia central de la antena 303. A medida que la temperatura continúa aumentando en el entorno de operación de la antena de parche, la curva 304 continuará moviéndose a frecuencias más bajas.

A la vista de lo anterior, se puede apreciar que el cambio en la frecuencia de resonancia para una antena está asociado con la aplicación de un aumento de temperatura para el material dieléctrico de esa antena. En otras palabras, existe una relación entre un cambio en la frecuencia de resonancia para una antena y un cambio en la

temperatura para el entorno de operación de la antena.

La FIG. 4 muestra un diagrama de flujo de un proceso ejemplar 400 para el cálculo de la temperatura para un entorno de operación de una antena. La primera etapa 405 comprende el uso de dispositivos electrónicos, tales como un analizador de red, para realizar un barrido de las frecuencias de transmisión de la antena y después de esto grabar los datos resultantes de las formas de onda en fase y en cuadratura para la señal devuelta. Las formas de onda en fase y en cuadratura se pueden generar usando métodos de transceptores coherentes conocidos, siempre que la magnitud y la fase se puedan extraer de la señal devuelta. A continuación, como se muestra en 410, se realiza una transformada inversa compleja de Fourier sobre los datos grabados para transformar los datos del voltaje respecto a la frecuencia desde el dominio de la frecuencia al dominio del tiempo. Para reducir los lóbulos laterales, se puede realizar la aplicación de una función de ventana a la transformada de Fourier estándar sobre los datos grabados. En la realización preferida, se puede aplicar una ventana de Kaiser a estos datos. Los datos resultantes de la aplicación de la transformada de Fourier representan la magnitud y la fase respecto al tiempo para las diversas reflexiones en el sistema. Las operaciones de la etapa 410 se describen con más detalle a continuación en conexión con la FIG. 5.

Una vez que los datos están en el dominio del tiempo, la siguiente etapa 420, es seleccionar la reflexión de antena de interés y "anular" las otras reflexiones. Los datos resultantes se transforman a continuación de nuevo al dominio de la frecuencia a través de la etapa 425, dando como resultado el coeficiente de reflexión S11 para la antena (con todas las demás reflexiones eliminadas). La aplicación desvelada de la "puerta de recorte temporal" impide la incorporación de todas las reflexiones en el sistema y el cable en la medición del coeficiente de reflexión, que pueden distorsionar significativamente la respuesta de antena deseada y dar un resultado erróneo.

La siguiente tarea en la etapa 430 comprende detectar el punto mínimo de la respuesta de S11. Esto se puede realizar mediante una búsqueda en la disposición para encontrar el valor mínimo del coeficiente de reflexión S11 y observar la frecuencia asociada con el valor mínimo detectado. La etapa final, 435, involucra la aplicación de un mapa de calibración de la frecuencia central con la temperatura. La curva o mapa de calibración se desarrolla midiendo la frecuencia central de la antena para la antena de interés dentro de un horno, como se ha tratado anteriormente, en base a la aplicación de aumentos de temperatura a la antena.

La FIG. 5 muestra una representación de una reflexión ejemplar respecto al tiempo, similar a la representación que se generaría en la etapa 410 del proceso ejemplar 400. La representación 500 muestra dos reflexiones en el sistema 501 y 505. La primera reflexión 505 es probablemente una reflexión de señal generada por el conector de microondas en el cable coaxial, un pliegue en el cable o cualquier parte del sistema de antena. Pueden ocurrir múltiples reflexiones dependiendo de la longitud del cable y el número de conectores en el sistema de antena. En la representación 500, la reflexión 501 es la reflexión generada por la antena. Esta reflexión se recorta temporalmente en un intervalo seleccionando la reflexión de interés. En este caso, la reflexión 501 está marcada por las líneas de frontera 502 y 503. Cualesquiera reflexiones fuera de estas bandas se fijan a cero antes de que los datos se transformen del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia mediante una transformada de Fourier. Se entenderá que la representación 500 muestra solo la magnitud de un conjunto de datos complejos. Cuando se realizan las transformadas de Fourier, sin embargo, los datos de fase se deberían incluir en la transformación como conocen los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Un método para calcular una temperatura en un entorno de alta temperatura que tiene una temperatura igual o mayor de 315,6 °C, que comprende las etapas de
- 5 usar una fuente de señal electromagnética para sacar una señal electromagnética con un intervalo de frecuencias de transmisión de una antena que opera en el entorno de alta temperatura, caracterizada la antena por un intervalo de frecuencias centrales diferentes para las diferentes temperaturas de operación;
- 10 recibir una señal devuelta que representa las características de reflexión de la antena dentro del intervalo de frecuencias de transmisión, estando el método caracterizado por
- 15 aplicar una transformación de frecuencia a tiempo a las formas de onda en fase y en cuadratura extraídas a partir de la señal devuelta para generar los datos resultantes que representan las características de magnitud y fase en el dominio del tiempo para las reflexiones asociadas con la señal devuelta;
- 20 generar la curva de respuesta para un coeficiente de reflexión S11 para la antena aplicando una transformación de tiempo a frecuencia a una porción de los datos resultantes que comprenden una reflexión asociada con la frecuencia central de la antena;
- 25 identificar un punto mínimo para la curva de respuesta para detectar la frecuencia central para la antena; y
- 30 aplicar un mapa de calibración para el punto mínimo para identificar una temperatura asociada con la frecuencia central de la antena; y
- 35 proporcionar la temperatura asociada con la frecuencia central de la antena como la temperatura del entorno de alta temperatura.
2. El método de la Reivindicación 1 que comprende además la etapa de eliminar las reflexiones distintas de la reflexión asociada con la antena en el entorno de alta temperatura, antes de analizar la transformada de tiempo a frecuencia a los datos resultantes, resultando un coeficiente de reflexión S11 para la antena.
3. El método de la Reivindicación 2, en el que la etapa de eliminar las reflexiones distintas de la reflexión asociada con la antena comprende usar un procesamiento de señal para aplicar un recorte temporal a los datos resultantes, que consigue por lo tanto la anulación de las reflexiones.
4. El método de la Reivindicación 1, en el que la antena comprende una estructura resonante que se carga con un material dieléctrico que tiene una constante dieléctrica que aumenta con el aumento de temperatura en el entorno de alta temperatura.
5. El método de la Reivindicación 1, en el que la antena comprende una antena de parche que comprende un sustrato dieléctrico que tiene una constante dieléctrica que aumenta con el aumento de temperatura en el entorno de alta temperatura.
6. El método de la Reivindicación 5, en el que el cuerpo de una sonda alberga la antena de parche y se instala para su funcionamiento dentro del entorno de alta temperatura.

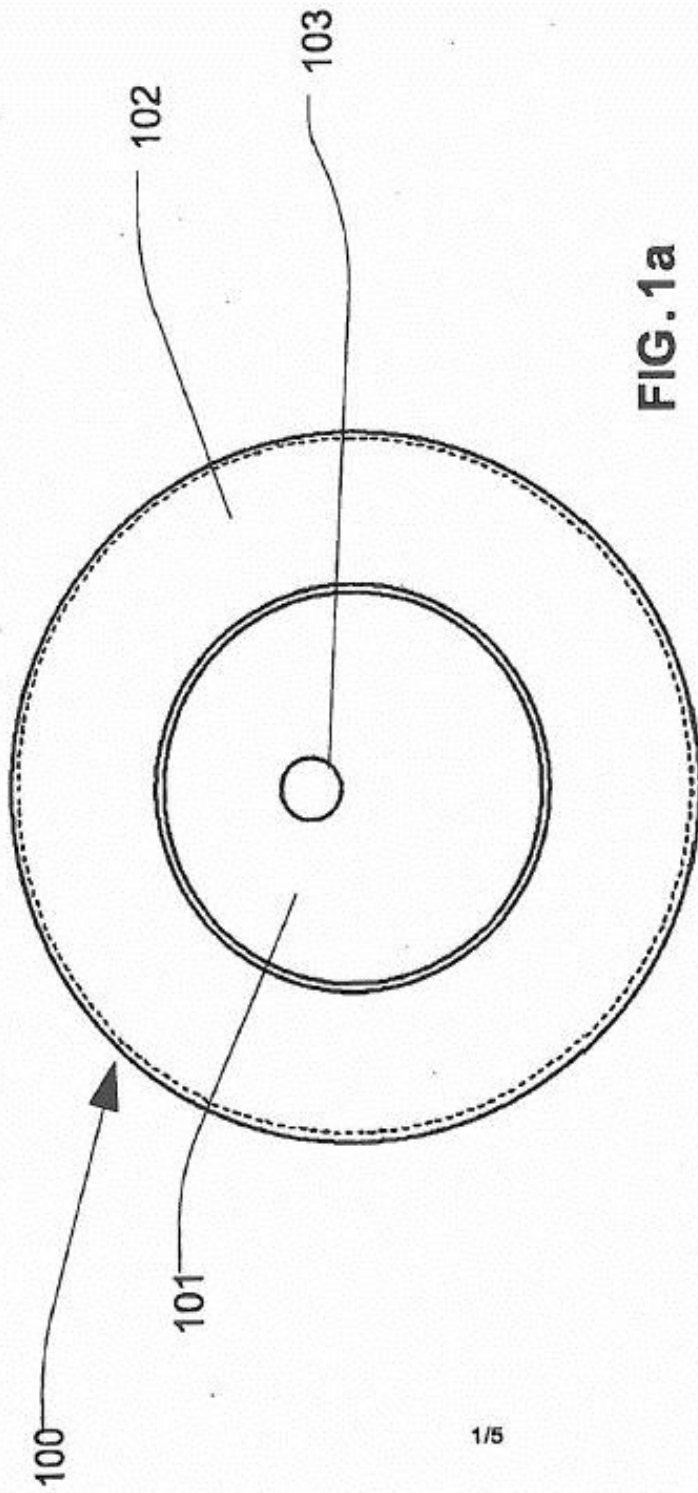


FIG. 1a

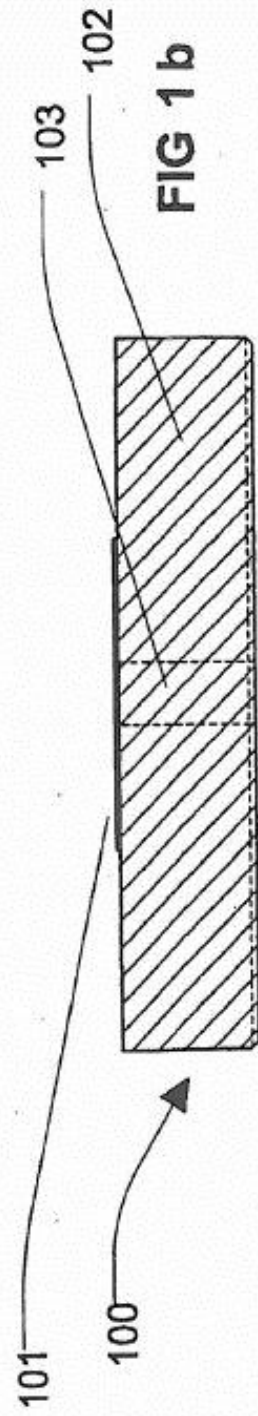


FIG 1 b

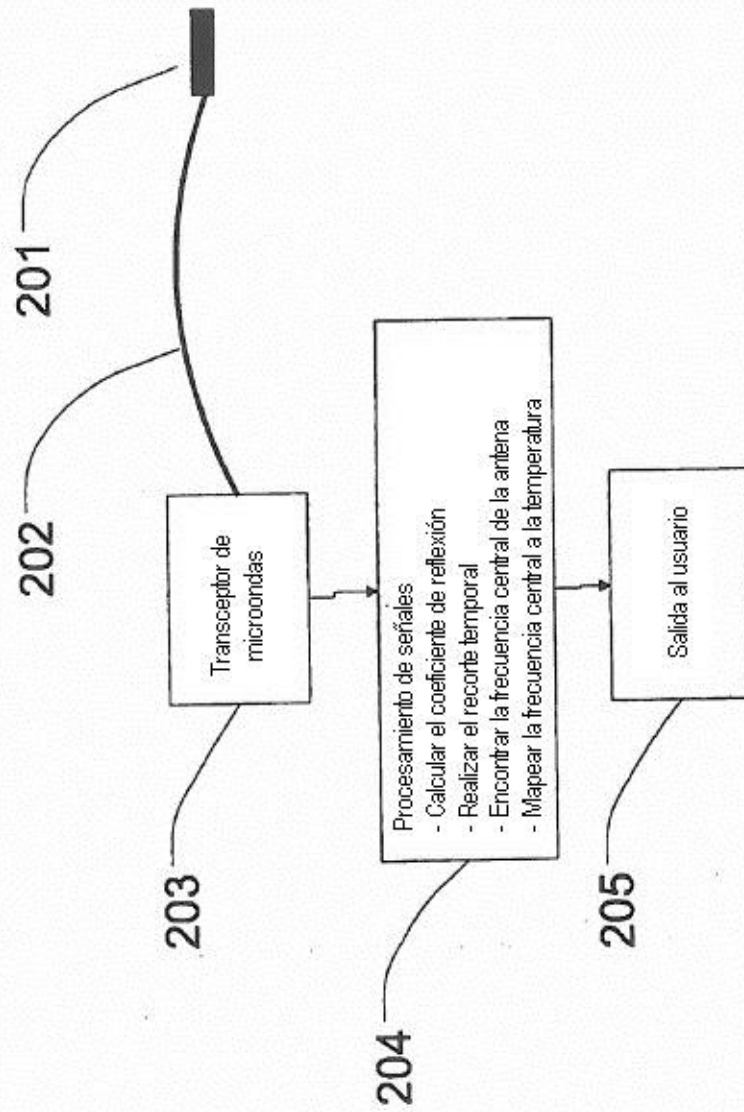
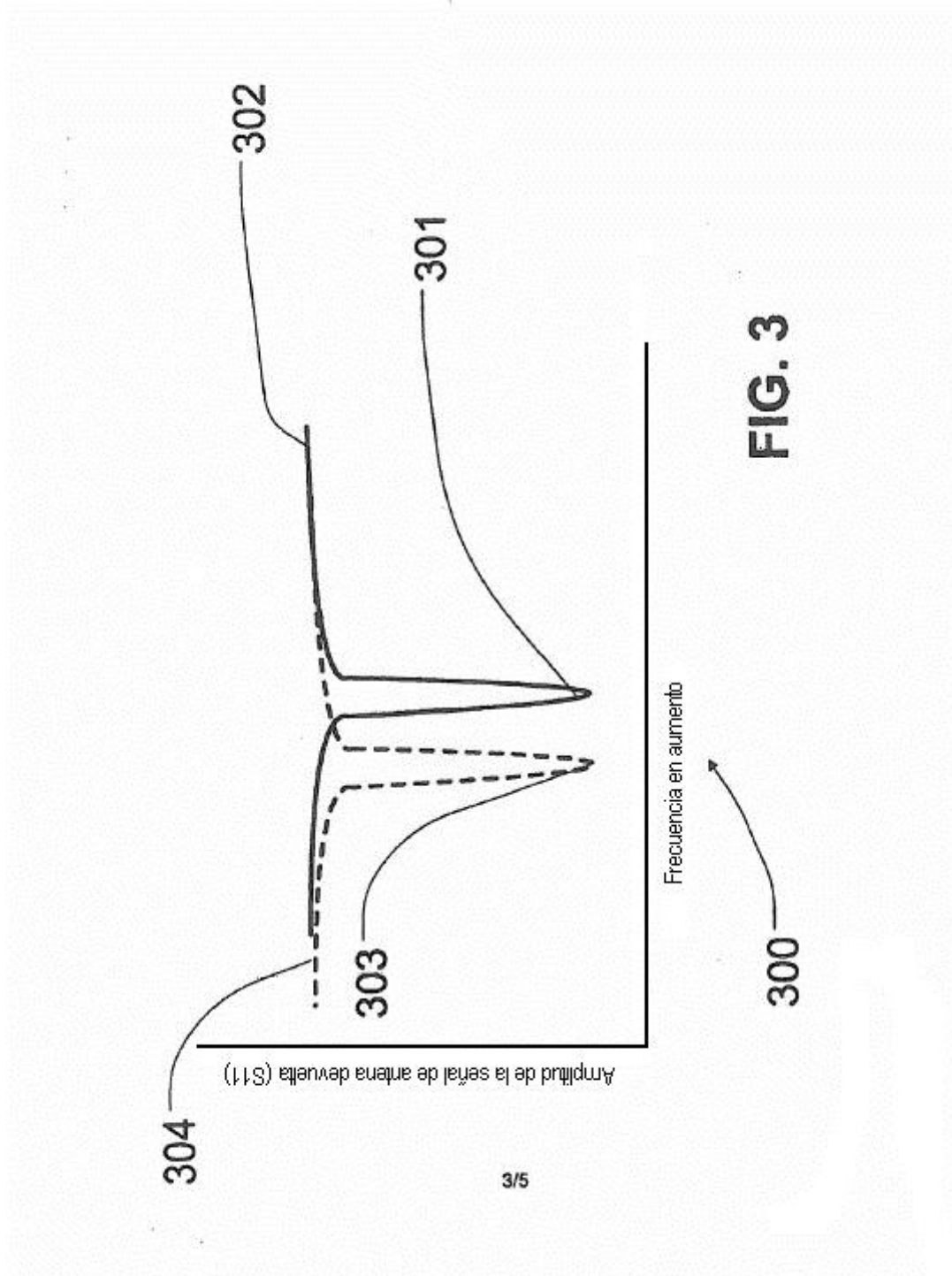


FIG. 2



3/5

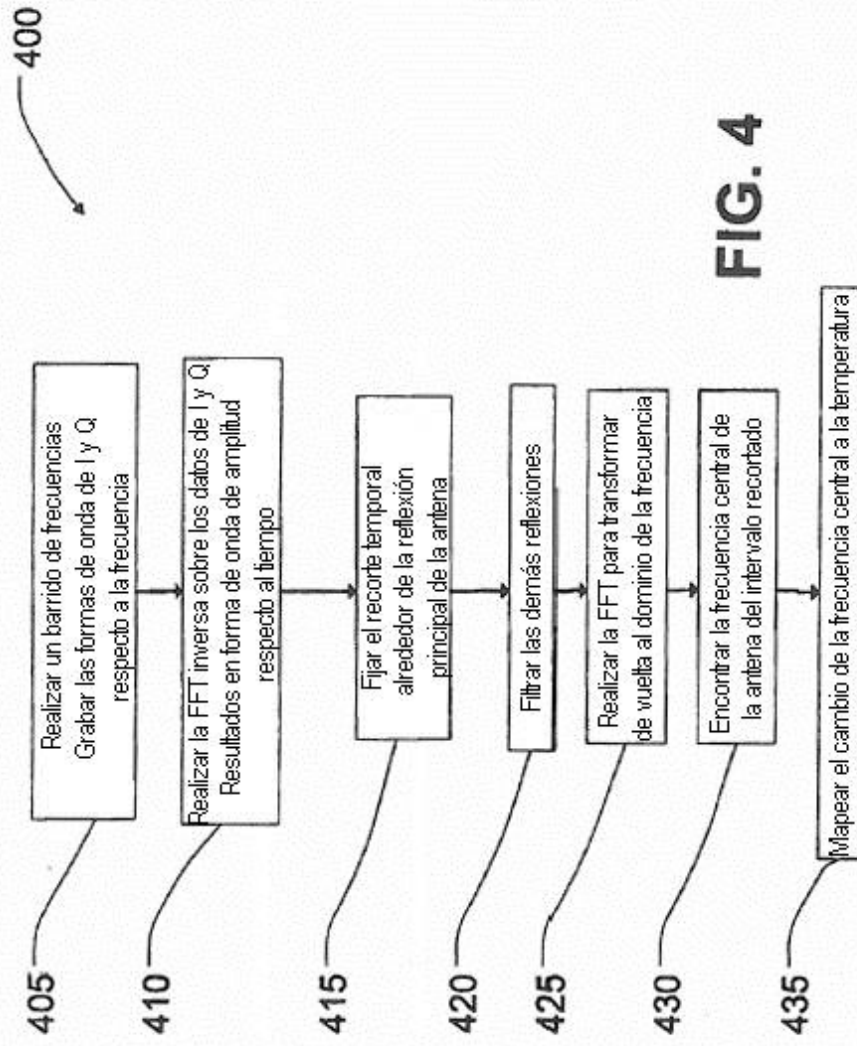


FIG. 4

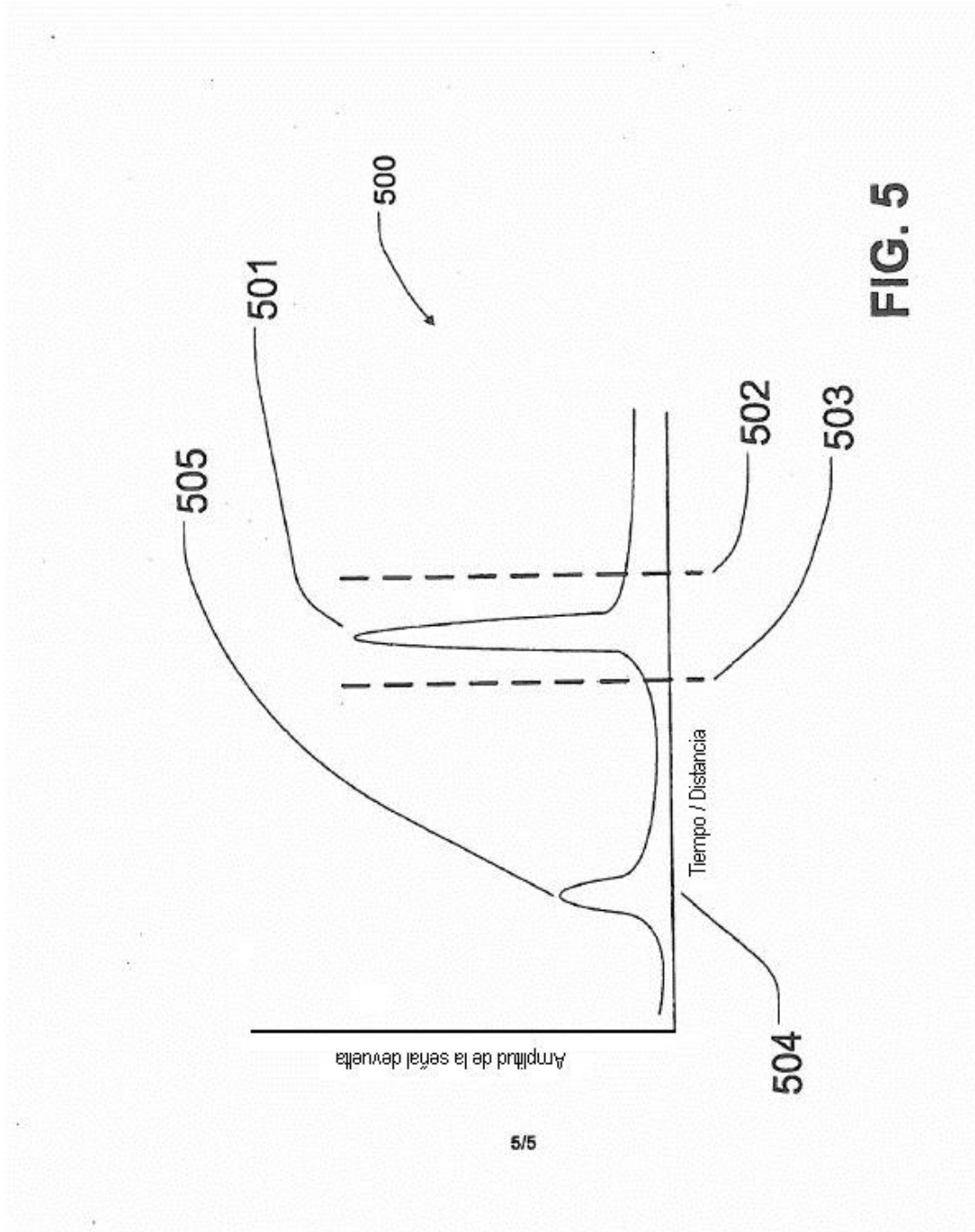


FIG. 5