

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 779 531**

51 Int. Cl.:

**G01N 27/90** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.08.2008 PCT/JP2008/065504**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2009 WO09037954**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2008 E 08831388 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020 EP 2199785**

54 Título: **Método de detección de defectos por corrientes inducidas, dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas y sonda de detección de defectos por corrientes inducidas**

30 Prioridad:

**20.09.2007 JP 2007244461**

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

**18.08.2020**

73 Titular/es:

**NUCLEAR ENGINEERING, LTD. (100.0%)  
1-3-7 Tosabori Nishi-ku  
Osaka-shi, Osaka 550-0001, JP**

72 Inventor/es:

**HARADA, YUTAKA;  
SHIMONE, JUNRI y  
MAEDA, KOTARO**

74 Agente/Representante:

**SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro**

ES 2 779 531 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

Método de detección de defectos por corrientes inducidas, dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas y sonda de detección de defectos por corrientes inducidas

5

**Antecedentes****1. Campo técnico**

10 La presente invención se refiere a mejoras de un método de detección de defectos por corrientes inducidas, a un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas y a una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que se utilizan en la inspección no destructiva (ensayos de detección de defectos por corrientes inducidas) de un tubo de transferencia de calor dentro de un intercambiador de calor.

**15 2. Descripción de la técnica relacionada**

La figura 1 es un dibujo en perspectiva que ilustra esquemáticamente el aspecto externo de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas convencional que se utiliza en un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas para un tubo de metal delgado, que es un tubo de transferencia de calor (tubo conductor) dentro de un intercambiador de calor.

20

Los ensayos de detección de defectos por corrientes inducidas consisten en inspecciones no destructivas que aplican un campo magnético que cambia con el tiempo (corriente de CA o similar) a un conductor y que detectan cuándo una corriente inducida, que tiene lugar en el conductor, cambia como consecuencia de defectos; y en los ensayos de detección de defectos por corrientes inducidas de un tubo de metal delgado, la detección se lleva a cabo mientras se mueve una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que se ha insertado con cuidado dentro del tubo de metal delgado.

25

Esta sonda de detección de defectos por corrientes inducidas comprende una carcasa 141 (alojamiento) en forma de columna que está formada de tal modo que se puede insertar con cuidado dentro de un tubo de metal delgado, y ocho bobinas 111 a 118, 121 a 128, 131 a 138, que están alineadas en torno a la superficie exterior de la carcasa 141, están espaciadas de manera uniforme en cada una de las tres filas. Las bobinas 111 a 118 de la primera fila de las tres filas están dispuestas de tal modo que están ubicadas en una posición en la dirección circunferencial que difiere de la de las bobinas 121 a 128 y 131 a 138 de las otras dos filas en 1/2 del espaciado total entre bobinas.

30

La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra la construcción del circuito dentro de la carcasa 141 y el dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas.

35

Las bobinas 111 a 118 de la primera fila son bobinas que se utilizan en conjunto como bobinas de excitación de campo magnético y como bobinas de detección de campo magnético, y cada una de ellas está conectada a un multiplexor 151 (circuito de conmutación) para la excitación de campo magnético, y a un multiplexor 152 (circuito de conmutación) para la detección de campo magnético.

40

Un hilo conductor 159 está conectado al multiplexor 151 para la excitación de campo magnético, y se aplica una corriente de CA para excitar un campo magnético al hilo conductor 159 desde la unidad 164 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas. Un amplificador 156, que amplifica la señal de salida del campo magnético que es detectado por las bobinas 111 a 118, está conectado al multiplexor 152 para la detección de campo magnético, y la señal que es amplificada por el amplificador 156 es enviada a la unidad 164 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas a través de un hilo conductor 160.

45

Así mismo, las bobinas 121 a 128 de la segunda fila también son bobinas que se utilizan en conjunto como bobinas de excitación de campo magnético y como bobinas de detección de campo magnético, y cada una de estas bobinas está conectada a un multiplexor 153 (circuito de conmutación) para la excitación de campo magnético, y a un multiplexor 154 (circuito de conmutación) para la detección de campo magnético.

50

Un hilo conductor 161 está conectado al multiplexor 153 para la excitación de campo magnético, y se aplica una corriente de CA para excitar un campo magnético al hilo conductor 161 desde la unidad 164 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas. Un amplificador 157, que amplifica la señal de salida del campo magnético que es detectado por las bobinas 121 a 128, está conectado al multiplexor 154 para la detección de campo magnético, y la señal que es amplificada por el amplificador 157 se envía a la unidad 164 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas a través de un hilo conductor 162.

55

Las bobinas 131 a 138 de la tercera fila son bobinas de detección de campo magnético y cada una de ellas está conectada a un multiplexor 155 (circuito de conmutación) para la detección de campo magnético.

60

Un amplificador 158, que amplifica la señal de salida del campo magnético que es detectado por las bobinas 131 a

65

138, está conectado al multiplexor 155 para la detección de campo magnético, y la señal que es amplificada por el amplificador 158 se envía a la unidad 164 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas a través de un hilo conductor 163.

5 Como se muestra en la figura 1, los hilos conductores 159 a 163 están almacenados dentro de un cable 142 que conecta la sección central de la superficie en un extremo de la carcasa 141 de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas con la unidad 164 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas.

10 Un circuito 165 de oscilación que produce una corriente de CA para excitar un campo magnético mediante las bobinas 111 a 118 y 121 a 128, un circuito 166 de detección de señal que obtiene señales de detección amplificadas de campos magnéticos que son detectadas por las bobinas 111 a 118, 121 a 128 y 131 a 138, y una unidad 167 de comunicación para estar comunicada con un ordenador personal 168 (o una estación de trabajo) está almacenada dentro de la unidad 164 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas. El ordenador personal 168 recibe la señal de detección que es obtenida por el circuito 166 de detección de señal a través de la unidad 167 de comunicación como datos de detección y registra y muestra los datos de detección recibidos.

15 Las figuras 3A a 3D son vistas ampliadas que explican el funcionamiento de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que tiene este tipo de construcción y que ilustran una expansión en planta de las bobinas 111 a 118, 121 a 128 y 131 a 138 que se muestran en la figura 1.

20 De acuerdo con tal sonda de detección de defectos por corrientes inducidas, en un primer intervalo de tiempo que representa un ciclo de funcionamiento (figura 3A), el multiplexor 151 selecciona la bobina 111 como la bobina T de excitación de campo magnético, y el multiplexor 152 selecciona la bobina 113, que está ubicada en una posición que difiere por una cantidad de dos bobinas por delante de la bobina 111 en la dirección circunferencial de selección, como la bobina R de detección de campo magnético. Además, el multiplexor 155 selecciona las bobinas 131 y 132 de la tercera fila, que están separadas de la bobina 111 por una cantidad de 0,5 bobinas en la dirección circunferencial, como bobinas R de detección de campo magnético.

25 De acuerdo con la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas, en un segundo intervalo de tiempo (figura 3B), el multiplexor 153 selecciona la bobina 121 de la segunda fila, que está ubicada en una posición que difiere por una cantidad de 0,5 bobinas por detrás de la bobina 111 en la dirección circunferencial de selección, como la bobina T de excitación de campo magnético, y el multiplexor 154 selecciona la bobina 123, que está ubicada en una posición que difiere por una cantidad de dos bobinas por delante de la bobina 121 en la dirección circunferencial de selección, como la bobina R de detección de campo magnético.

30 Después de esto, en intervalos de tiempo de números impares, el multiplexor 151 selecciona secuencialmente las bobinas 112, 113, 114, ..., como la bobina T de excitación de campo magnético, y el multiplexor 152 selecciona secuencialmente las bobinas 114, 115, 116, ..., como la bobina R de detección de campo magnético. Así mismo, el multiplexor 155 selecciona secuencialmente dos bobinas 132 · 133, 133 · 134, 134 · 135, ..., como las bobinas R de detección de campo magnético.

35 En intervalos de tiempo de números pares, el multiplexor 153 selecciona secuencialmente las bobinas 122, 123, 124, ... como la bobina T de excitación de campo magnético, y el multiplexor 154 selecciona secuencialmente las bobinas 124, 125, 126 como la bobina R de detección de campo magnético.

40 De acuerdo con la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas, en un decimoquinto intervalo de tiempo (figura 3C), el multiplexor 151 selecciona la bobina 118 como la bobina T de excitación de campo magnético, y el multiplexor 152 selecciona la bobina 112, que está ubicada en una posición que difiere por una cantidad de dos bobinas por delante de la bobina 118 en la dirección circunferencial de selección, como la bobina R de detección de campo magnético. Además, el multiplexor 155 selecciona las bobinas 138, 131 de la tercera fila, que están separadas de la bobina 118 por una cantidad de 0,5 bobinas en la dirección circunferencial, como bobinas R de detección de campo magnético.

45 De acuerdo con la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas, en un decimosexto intervalo de tiempo (figura 3D), el multiplexor 153 selecciona la bobina 128 en la segunda fila, que está ubicada en una posición que difiere por una cantidad de 0,5 bobinas por detrás de la bobina 118 en la dirección circunferencial de selección, como la bobina T de excitación de campo magnético, y el multiplexor 154 selecciona la bobina 122, que está ubicada en una posición que difiere por una cantidad de dos bobinas por delante de la bobina 128 en la dirección circunferencial de selección, como la bobina R de detección de campo magnético.

50 A partir de lo anterior, esta sonda de detección de defectos puede obtener, para cada circunferencia en torno a un tubo de metal delgado, ocho canales de salida desde las bobinas 111 a 118 para detectar defectos en la dirección circunferencial, ocho canales de salida desde las bobinas 121 a 128 para detectar defectos en la dirección circunferencial y 16 canales de salida desde las bobinas 131 a las bobinas 111 a 118, y las señales de salida desde las bobinas 121 a 128 están en una relación de posición que se interpolan entre sí en la dirección circunferencial, de tal modo que la salida para detectar defectos en la dirección circunferencial se convierte en un total de 16 canales.

La solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública n.º 2000-235018 divulga una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que comprende una pluralidad de bobinas de excitación, una pluralidad de bobinas de detección y un circuito de conmutación para el accionamiento para la división en el tiempo de estas bobinas, y que además comprende un circuito de conmutación de aislamiento entre las bobinas y el circuito de conmutación.

La solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública n.º 2000-235019 divulga una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que comprende una pluralidad de elementos de excitación de campo magnético, una pluralidad de elementos de detección de campo magnético, un circuito de conmutación para el accionamiento en la división en el tiempo de estos elementos, y un circuito de amplificación de señal de detección que está provisto más lejos en el lado del instrumento de medición que el circuito de conmutación en el que la división en el tiempo acciona la pluralidad de elementos de detección de campo magnético.

La solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública n.º 2000-235020 divulga un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas que comprende una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que tiene una pluralidad de elementos de excitación de campo magnético y pares de elementos de detección de campo magnético, y medios para el accionamiento en la división en el tiempo de los elementos de excitación de campo magnético y los pares de elementos de detección de campo magnético de esa sonda, y que además comprende un dispositivo de control que incluye medios para mantener las señales de salida de cada par de elementos durante varias etapas de división por tiempo y medios para encontrar la diferencia entre las señales de salida desde los pares de elementos adyacentes.

La patente de los Estados Unidos 5.506.503 se refiere a una sonda de la corriente inducida para su inserción en un elemento tubular que se va a inspeccionar que comprende una bobina transmisora y un par de bobinas sensoras.

La solicitud de patente internacional publicada como WO 00/47987 se refiere a una sonda de ensayo no destructivo de elementos múltiples, tal como una sonda de ultrasonido o de ensayo por corrientes inducidas.

La solicitud de patente europea publicada como EP 1 153 289 se refiere a una sonda de ensayo por corrientes inducidas.

### Sumario

En la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas convencional descrita anteriormente, hay un desplazamiento de posición en la dirección axial entre la salida de los 8 canales desde las bobinas 111 a 118 y la salida de los 8 canales desde las bobinas 121 a 128 para detectar defectos en la dirección circunferencial, y cuando hay fluctuación en la velocidad de exploración de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas, es difícil compensar ese desplazamiento de posición en la dirección axial. Cuando no es posible compensar el desplazamiento de posición en la dirección axial, existe el problema de que la resolución espacial de las señales de detección de defectos disminuye, así como disminuye la reproducibilidad de la señal durante la redetección de defectos.

Así mismo, en la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas descrita anteriormente, las bobinas 111 a 118 y 121 a 128 se utilizan en conjunto como bobinas de excitación de campo magnético y como bobinas de detección de campo magnético, y están conectadas tanto a un circuito de conmutación para la excitación de campo magnético como a un circuito de conmutación para la detección de campo magnético, por lo que existe el problema de que la construcción del circuito se complica y tienen lugar señales de interferencia como consecuencia de la diafonía.

La presente invención se ha realizado con el objetivo de resolver los problemas anteriores y es un objeto del primer aspecto de la invención proporcionar un método de detección de defectos por corrientes inducidas que mejore la resolución espacial de las señales de detección de defectos y la reproducibilidad de la señal durante la redetección de defectos, y reducir la interferencia de la señal como consecuencia de la diafonía con una construcción de circuito simple.

El objeto de otros aspectos de la invención es proporcionar un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas que mejore la resolución espacial de las señales de detección de defectos y la reproducibilidad de la señal durante la redetección de defectos, y que reduzca la interferencia de la señal como consecuencia de la diafonía con una construcción de circuito simple.

El objeto de otros aspectos de la invención es proporcionar una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que mejore la resolución espacial de las señales de detección de defectos y la reproducibilidad de la señal durante la redetección de defectos, y que reduzca la interferencia de la señal como consecuencia de la diafonía con una construcción de circuito simple.

El método de detección de defectos por corrientes inducidas de acuerdo con un primer aspecto implica llevar a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas de un tubo conductor utilizando: grupos de elementos magnéticos de los que los elementos magnéticos, que o excitan o detectan un campo magnético, están espaciados de manera

uniforme en cada una de las al menos primera y segunda filas que están formadas, en la dirección circunferencial, en torno a la superficie de una carcasa en forma de columna que está formada de tal modo que puede insertarse en el tubo conductor, estando la primera fila ubicada en una posición que difiere de la segunda fila en la que los elementos magnéticos que detectan el campo magnético están ubicados en 1/2 del espaciado uniforme de los elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial; un grupo de elementos magnéticos que está ubicado en una tercera fila en torno a la superficie de la carcasa en la dirección circunferencial adyacente al grupo de elementos magnéticos de la segunda fila; y un primer, un segundo y un tercer circuitos de conmutación para seleccionar cada elemento magnético en la primera, segunda y tercera filas respectivas de los grupos de elementos magnéticos, caracterizado por que comprende: una etapa de provocar que el primer circuito de conmutación seleccione a su vez cada elemento magnético de la primera fila durante los intervalos de tiempo correspondientes con el fin de excitar un campo magnético; una etapa para provocar que el segundo circuito de conmutación seleccione, durante los intervalos de tiempo correspondientes, los elementos magnéticos de la segunda fila de dos en dos de manera secuencial, estando cada uno de los dos elementos magnéticos seleccionados de la segunda fila ubicado en posiciones que difieren del elemento magnético que excitó el campo magnético en 3/2 del espaciado uniforme de los elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial con el fin de detectar el campo magnético excitado; y una etapa para provocar que el tercer circuito de conmutación seleccione, durante los intervalos de tiempo correspondientes, los elementos magnéticos de la tercera fila de dos en dos de manera secuencial, estando cada uno de los dos elementos magnéticos seleccionados de la tercera fila ubicado en posiciones que difieren del elemento magnético que excitó el campo magnético en 1/2 del espaciado uniforme de los elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial con el fin de detectar el campo magnético excitado.

De acuerdo con un aspecto adicional, está provista una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que comprende: grupos de elementos magnéticos de los que los elementos magnéticos, que o excitan o detectan un campo magnético, están espaciados de manera uniforme en cada una de las al menos primera y segunda filas que están formadas, en la dirección circunferencial, en torno a la superficie de una carcasa en forma de columna que está formada de tal modo que puede insertarse en un tubo conductor, estando la primera fila ubicada en una posición que difiere de la segunda fila en la que los elementos magnéticos que detectan el campo magnético están ubicados en 1/2 del espaciado uniforme de los elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial, un grupo de elementos magnéticos que está ubicado en una tercera fila adyacente al grupo de elementos magnéticos de la segunda fila; y un primer, un segundo y un tercer circuitos de conmutación para seleccionar cada elemento magnético en la primera, segunda y tercera filas respectivas de los grupos de elementos magnéticos, caracterizado por que los elementos magnéticos de la primera fila están contruidos como elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético al ser seleccionados a su vez durante los intervalos de tiempo correspondientes por el primer circuito de conmutación, estando los elementos magnéticos de la segunda fila contruidos como elementos de detección de campo magnético que detectan un campo magnético al ser seleccionados a su vez durante los intervalos de tiempo correspondientes por el segundo circuito de conmutación, y estando la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas adaptada para ejecutar la detección de defectos por corrientes inducidas mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento magnético que funciona como el elemento de excitación de campo magnético mediante la selección por el segundo circuito de conmutación de elementos magnéticos de la segunda fila de dos en dos de manera secuencial durante los intervalos de tiempo correspondientes, funcionando cada uno de los dos elementos magnéticos seleccionados de la segunda fila como elementos de detección de campo magnético y estando ubicados en posiciones que difieren del elemento de excitación de campo magnético en 3/2 del espaciado uniforme de los elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial y detectando el campo magnético excitado seleccionando mediante el tercer circuito de conmutación los elementos magnéticos de la tercera fila de dos en dos de manera secuencial durante los intervalos de tiempo correspondientes, estando cada uno de los dos elementos magnéticos seleccionados magnéticos de la tercera fila ubicados en posiciones que difieren del elemento de excitación de campo magnético en 1/2 del espaciado uniforme de los elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial.

El método de detección de defectos por corrientes inducidas podría incluir una etapa de preparación de un grupo de elementos magnéticos que está ubicado en una fila en torno a la superficie de la carcasa adyacente a la otra fila y un circuito de conmutación para conmutar el grupo de elementos magnéticos en la división en el tiempo; y una etapa para provocar que el circuito de conmutación conmute, en la división en el tiempo, dos elementos magnéticos que están ubicados en la fila con el fin de detectar el campo magnético excitado.

Un ejemplo de un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas no cubierto por la invención es un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas para llevar a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas de un tubo conductor y que comprende: un grupo de elementos magnéticos del que un número específico de elementos magnéticos está espaciado de manera uniforme en cada una de al menos dos filas que están formadas en torno a la superficie de una carcasa en forma de columna que está formada de tal modo que se puede insertar en el tubo conductor, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la otra fila en 1/2 del espaciado uniforme en la dirección de la fila; y circuitos de conmutación para conmutar los elementos magnéticos de la fila respectiva del grupo de elementos magnéticos en la división en el tiempo, y caracterizado por que comprende: medios de excitación de campo magnético para provocar que los elementos magnéticos de una fila funcionen como elementos de excitación de campo magnético que excitan campos magnéticos al ser conmutados en la división en el tiempo por

- el circuito de conmutación; y medios de detección de campo magnético para provocar que los elementos magnéticos de la otra fila funcionen como elementos de detección de campo magnético que detectan campos magnéticos al ser conmutados en la división en el tiempo por el circuito de conmutación, en donde el dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas lleva a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas del tubo conductor mediante la
- 5 detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento de excitación de campo magnético de los medios de excitación de campo magnético por dos elementos de detección de campo magnético del medio de detección de campo magnético que están ubicados en posiciones que difieren de la del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila.
- 10 Está provisto un grupo de elementos magnéticos del que un número específico de elementos magnéticos está espaciado de manera uniforme en cada una de al menos dos filas que están formadas en torno a la superficie de una carcasa en forma de columna que está formada de tal modo que puede insertarse en el tubo conductor, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila, conmutando cada circuito de conmutación los elementos magnéticos de la fila respectiva en la división en el tiempo, y llevándose a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas del tubo conductor. Los elementos
- 15 magnéticos de una fila funcionan como elementos de excitación de campo magnético que excitan los campos magnéticos al ser conmutados en la división en el tiempo, y los elementos magnéticos de la otra fila funcionan como elementos de detección de campo magnético que detectan campos magnéticos al ser conmutados en la división en el tiempo. La detección de defectos por corrientes inducidas de un tubo conductor se lleva a cabo mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento de excitación de campo magnético por dos de los
- 20 elementos de detección de campo magnético que están ubicados en posiciones que difieren del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila.
- El dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas es un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas para llevar a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas de un tubo conductor y que comprende: un grupo de elementos magnéticos del que un número específico de elementos magnéticos están espaciados de manera uniforme en cada una de al menos dos filas que están formadas en torno a la superficie de una carcasa en forma de columna que está formada de tal modo que se puede insertar en el tubo conductor, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila; y circuitos de conmutación para conmutar los elementos magnéticos de la fila respectiva del grupo de elementos
- 25 magnéticos en la división en el tiempo, y caracterizado por que los elementos magnéticos de una fila son elementos de excitación de campo magnético que excitan campos magnéticos, siendo los elementos magnéticos de la otra fila elementos de detección de campo magnético que detectan campos magnéticos y llevándose a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas del tubo conductor mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento de excitación de campo magnético que es conmutado en la división en el tiempo por el circuito de conmutación por dos elementos de detección de campo magnético que están ubicados cada uno en la otra fila en posiciones que difieren del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila.
- 30
- 40 En el método de detección de defectos por corrientes inducidas y el dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas está provisto un grupo de elementos magnéticos del que un número específico de elementos magnéticos está espaciado de manera uniforme en cada una de al menos dos filas que están formadas en torno a la superficie de una carcasa en forma de columna formada de tal manera que puede insertarse en el tubo conductor, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila, conmutando cada circuito de conmutación los elementos magnéticos de la fila respectiva en la división en el tiempo, y llevándose a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas del tubo conductor. Los elementos magnéticos de una fila son elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético y los elementos magnéticos de la otra fila son elementos de detección magnética que detectan un campo magnético. La detección de defectos por corrientes inducidas del tubo conductor se lleva a cabo mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento de excitación de campo magnético que es conmutado en la división en el tiempo por dos elementos de detección de campo magnético que están ubicados en la otra fila en posiciones que difieren del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila y que son conmutados en la división en el tiempo.
- 45
- 50
- 55 El dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas es un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas que comprende un grupo de elementos magnéticos del que un número específico de elementos magnéticos está espaciado de manera uniforme en cada una de al menos dos filas, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila, y circuitos de conmutación para conmutar los elementos magnéticos en la fila respectiva del grupo de elementos magnéticos en la división en el tiempo; y caracterizado por que comprende: medios de excitación de campo magnético para provocar que los elementos magnéticos de una fila funcionen como elementos de excitación de campo magnético que excitan campos magnéticos al ser conmutados en la división en el tiempo por el circuito de conmutación, y medios de detección de campo magnético para provocar que los elementos magnéticos de la otra fila funcionen como elementos de detección de campo magnético que detectan campos magnéticos al ser conmutados en la división en el tiempo por el
- 60
- 65
- circuito de conmutación, en donde el dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas lleva a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por

cada elemento de excitación de campo magnético de los medios de excitación de campo magnético por uno o dos elementos de detección de campo magnético del medio de detección de campo magnético que están ubicados en posiciones que difieren de la del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila.

5 En el dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas está provisto un grupo de elementos magnéticos del cual un número específico de elementos magnéticos están espaciados de manera uniforme en cada una de al menos dos filas, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila, y conmutando cada circuito de conmutación los elementos magnéticos de cada fila  
10 en la división en el tiempo. Los elementos magnéticos en una fila funcionan como elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético al ser conmutados en la división en el tiempo, y los elementos magnéticos de la otra fila funcionan como elementos de detección magnética que detectan un campo magnético al ser conmutados en la división en el tiempo. La detección de defectos por corrientes inducidas se lleva a cabo mediante la detección de  
15 cada campo magnético que es excitado por cada elemento de excitación de campo magnético por uno o dos elementos de detección de campo magnético que están ubicados en posiciones que difieren del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila.

El dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas es un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas que comprende: un grupo de elementos magnéticos del que un número específico de elementos magnéticos está espaciado de manera uniforme en cada una de al menos dos filas, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila; y circuitos de conmutación para conmutar los elementos magnéticos de la fila respectiva del grupo de elementos magnéticos en la división en el tiempo, y caracterizado por que los elementos magnéticos de una fila son elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético, siendo los elementos magnéticos de la otra fila elementos de  
20 detección de campo magnético que detectan un campo magnético y llevándose a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento de excitación de campo magnético que es conmutado en la división en el tiempo por el circuito de conmutación por uno o dos elementos de detección de campo magnético que están ubicados cada uno en la otra fila en posiciones que difieren del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila y que son  
25 conmutados en la división en el tiempo por el circuito de conmutación.

En el dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas está provisto un grupo de elementos magnéticos del cual un número específico de elementos magnéticos están espaciados de manera uniforme en cada una de al menos dos filas, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la otra fila en  $1/2$  del espaciado  
35 uniforme en la dirección de la fila, y conmutando cada circuito de conmutación los elementos magnéticos en la fila respectiva en la división en el tiempo. Los elementos magnéticos de una fila son elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético y los elementos magnéticos de la otra fila son elementos de detección de campo magnético que detectan un campo magnético. La detección de defectos por corrientes inducidas se lleva a cabo mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento de excitación de campo magnético que es conmutado en la división en el tiempo por uno o dos elementos de detección de campo magnético que están ubicados en la otra fila en posiciones que difieren de la del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila y que son conmutados en la división en el tiempo.

El dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas se caracteriza por que comprende además un grupo de elementos magnéticos que está ubicado en una fila en torno a la superficie de la carcasa adyacente a la otra fila y un circuito de conmutación para conmutar el grupo de elementos magnéticos en la división en el tiempo, y llevar a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas mediante la detección de un campo magnético excitado por dos elementos magnéticos que están ubicados en la fila y que son conmutados por el circuito de conmutación.

50 En el método de detección de defectos por corrientes inducidas y el dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas de la invención, otro grupo de elementos magnéticos está ubicado de manera adicional en una fila en torno a la superficie de la carcasa adyacente a la otra fila, y ese grupo de elementos magnéticos provisto de manera adicional es conmutado en la división en el tiempo mediante un circuito de conmutación provisto de manera adicional. La detección de defectos por corrientes inducidas se lleva a cabo mediante la detección de un campo magnético excitado  
55 por dos elementos magnéticos que están ubicados en la fila adicional y que son conmutados en la división en el tiempo por el circuito de conmutación.

El dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas de acuerdo con un aspecto adicional se caracteriza por que comprende además un circuito amplificador para amplificar una señal de que cada uno de los elementos de  
60 detección de campo magnético emite a través del circuito de conmutación.

La sonda de detección de defectos por corrientes inducidas es una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas para llevar a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas de un tubo conductor y que comprende: un grupo de elementos magnéticos del que un número específico de elementos están espaciados de manera uniforme en cada una de al menos dos filas que están formadas en torno a la superficie de una carcasa en forma de columna que está formada de tal modo que se puede insertar en el tubo conductor, estando una de las dos filas ubicada en una

posición que difiere de la de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila; y circuitos de conmutación para conmutar los elementos magnéticos de la fila respectiva del grupo de elementos magnéticos en la división en el tiempo, y caracterizado por que los elementos magnéticos de una fila están contruidos como elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético al ser conmutados en la división en el tiempo por el circuito de conmutación, los elementos magnéticos de la otra fila están contruidos como elementos de detección de campo magnético que detectan un campo magnético al ser conmutados en la división en el tiempo por el circuito de conmutación, y la detección de defectos por corrientes inducidas del tubo conductor se lleva a cabo mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento magnético que funciona como el elemento de excitación de campo magnético por dos elementos magnéticos que funcionan como los elementos de detección de campo magnético y que están ubicados en posiciones que difieren de la del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila.

En la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas está provisto un grupo de elementos del que un número específico de elementos magnéticos está espaciado de manera uniforme en cada una de al menos dos filas que están formadas en torno a la superficie de una carcasa en forma de columna formada de tal manera que puede insertarse en un tubo conductor, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila. La detección de defectos por corrientes inducidas se lleva a cabo provocando que los circuitos de conmutación conmuten los elementos magnéticos de la fila respectiva en la división en el tiempo. Los elementos magnéticos en una fila funcionan como elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético al ser conmutados en la división en el tiempo, y los elementos magnéticos de la otra fila funcionan como elementos de detección de campo magnético que detectan un campo magnético al ser conmutados en la división en el tiempo. La detección de defectos por corrientes inducidas de un tubo conductor se lleva a cabo mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento magnético que funciona como el elemento de excitación de campo magnético por dos de los elementos magnéticos que funcionan como elementos de detección de campo magnético que están ubicados en posiciones que difieren de la del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila.

La sonda de detección de defectos por corrientes inducidas es una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas para llevar a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas de un tubo conductor y que comprende: un grupo de elementos magnéticos del que un número específico de elementos están espaciados de manera uniforme en cada una de al menos dos filas que están formadas en torno a la superficie de una carcasa en forma de columna que está formada de tal modo que se puede insertar en el tubo conductor, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila; y circuitos de conmutación para conmutar los elementos magnéticos de la fila respectiva del grupo de elementos magnéticos en la división en el tiempo, y caracterizado por que los elementos magnéticos de una fila son elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético, siendo los elementos magnéticos de la otra fila elementos de detección de campo magnético que detectan un campo magnético y llevándose a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas del tubo conductor mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento de excitación de campo magnético que es conmutado en la división en el tiempo por el circuito de conmutación por dos elementos de detección de campo magnético que están ubicados cada uno en la otra fila en posiciones que difieren del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila y que son conmutados en la división en el tiempo por el circuito de conmutación.

En la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas está provisto un grupo de elementos magnéticos del que un número específico de elementos magnéticos está espaciado de manera uniforme en cada una de al menos dos filas que están formadas en torno a la superficie de una carcasa en forma de columna que está formada de tal modo que puede insertarse en un tubo conductor, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila. La detección de defectos por corrientes inducidas se lleva a cabo provocando que los circuitos de conmutación conmuten los elementos magnéticos de la fila respectiva en la división en el tiempo. Los elementos magnéticos de una fila son elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético y los elementos magnéticos de la otra fila son elementos de detección de campo magnético que detectan un campo magnético. La detección de defectos por corrientes inducidas del tubo conductor se lleva a cabo mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento de excitación de campo magnético que es conmutado en la división en el tiempo por dos elementos de detección de campo magnético que están ubicados en la otra fila en posiciones que difieren del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila y que son conmutados en la división en el tiempo.

La sonda de detección de defectos por corrientes inducidas es una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que comprende: un grupo de elementos magnéticos del que un número específico de elementos está espaciado de manera uniforme en cada una de al menos dos filas, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila; y circuitos de conmutación para conmutar los elementos magnéticos de la fila respectiva del grupo de elementos magnéticos en la división en el tiempo, y caracterizado por que los elementos magnéticos de una fila están contruidos como elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético al ser conmutados en la división en el tiempo por el circuito de conmutación, los elementos magnéticos de la otra fila están contruidos como elementos de detección de campo magnético que detectan un campo magnético al ser conmutados en la división en el tiempo por el circuito de

5 conmutación, y la detección de defectos por corrientes inducidas se lleva a cabo mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento magnético que funciona como un elemento de excitación de campo magnético por uno o dos elementos magnéticos que funcionan como elementos de detección de campo magnético y que están ubicados en posiciones que difieren de la del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila.

10 En la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas está provisto un grupo de elementos magnéticos del cual un número específico de elementos magnéticos están espaciados de manera uniforme en cada una de al menos dos filas, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila, y conmutando cada circuito de conmutación los elementos magnéticos en la fila respectiva en la división en el tiempo. Los elementos magnéticos en una fila funcionan como elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético al ser conmutados en la división en el tiempo, y los elementos magnéticos de la otra fila funcionan como elementos de detección de campo magnético que detectan un campo magnético al ser conmutados en la división en el tiempo. La detección de defectos por corrientes inducidas se lleva a cabo mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento magnético que funciona como el elemento de excitación de campo magnético por uno o dos de los elementos magnéticos que funcionan como los elementos de detección de campo magnético que están ubicados en posiciones que difieren de la del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila.

20 La sonda de detección de defectos por corrientes inducidas es una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que comprende: un grupo de elementos magnéticos del que un número específico de elementos está espaciado de manera uniforme en cada una de al menos dos filas, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila; y circuitos de conmutación para conmutar los elementos magnéticos de la fila respectiva del grupo de elementos magnéticos en la división en el tiempo, y caracterizado por que los elementos magnéticos de una fila son elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético, siendo los elementos magnéticos de la otra fila elementos de detección de campo magnético que detectan un campo magnético y llevándose a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento de excitación de campo magnético que es conmutado en la división en el tiempo por el circuito de conmutación por uno o dos elementos de detección de campo magnético que están ubicados cada uno en la otra fila en posiciones que difieren del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila y que son conmutados en la división en el tiempo por el circuito de conmutación.

35 En la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas está provisto un grupo de elementos magnéticos del cual un número específico de elementos magnéticos están espaciados de manera uniforme en cada una de al menos dos filas, estando una de las dos filas ubicada en una posición que difiere de la de la otra fila en  $1/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila, conmutando cada circuito de conmutación los elementos magnéticos en la fila respectiva en la división en el tiempo. Los elementos magnéticos de una fila son elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético y los elementos magnéticos de la otra fila son elementos de detección de campo magnético que detectan un campo magnético. La detección de defectos por corrientes inducidas se lleva a cabo mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento de excitación de campo magnético que es conmutado en la división en el tiempo por uno o dos elementos de detección de campo magnético que están ubicados en la otra fila en posiciones que difieren de la del elemento de excitación de campo magnético en  $3/2$  del espaciado uniforme en la dirección de la fila y que son conmutados en la división en el tiempo.

45 La sonda de detección de defectos por corrientes inducidas se caracteriza por que comprende además: un grupo de elementos magnéticos que está ubicado en una fila en torno a la superficie de la carcasa adyacente a la otra fila; y un circuito de conmutación para conmutar el grupo de elementos magnéticos en la división en el tiempo, y llevar a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas mediante la detección del campo magnético excitado por dos elementos magnéticos que están ubicados en la fila y que son conmutados en la división en el tiempo.

50 En la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas, está provisto de manera adicional un grupo de elementos magnéticos en una fila en torno a la superficie de la carcasa adyacente a la otra fila, y un circuito de conmutación adicional conmuta el grupo de elementos magnéticos provisto de manera adicional en la división en el tiempo. La detección de defectos por corrientes inducidas se lleva a cabo mediante la detección del campo magnético excitado conmutando dos elementos magnéticos de ese grupo de elementos magnéticos en la división en el tiempo.

60 La sonda de detección de defectos por corrientes inducidas de acuerdo con un aspecto adicional se caracteriza por que comprende además un circuito amplificador para amplificar una señal de que cada uno de los elementos de detección de campo magnético emite a través de un circuito de conmutación.

65 Con el método de detección de defectos por corrientes inducidas de acuerdo con la invención, es posible proporcionar un método de detección de defectos por corrientes inducidas que mejora la resolución espacial de las señales de detección de defectos, así como la reproducibilidad de la señal durante la redetección de defectos, y reduce la interferencia de la señal como consecuencia de la diafonía con una construcción de circuito simple.

Con el dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas de acuerdo con la invención, es posible proporcionar un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas que mejora la resolución espacial de las señales de detección de defectos, así como la reproducibilidad de la señal durante la redetección de defectos, y reduce la interferencia de la señal como consecuencia de la diafonía con una construcción de circuito simple.

Con la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas de acuerdo con la invención, es posible proporcionar una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que mejora la resolución espacial de las señales de detección de defectos, así como la reproducibilidad de la señal durante la redetección de defectos, y reduce la interferencia de la señal como consecuencia de la diafonía con una construcción de circuito simple.

**Breve descripción de las distintas vistas de los dibujos**

La figura 1 es un dibujo en perspectiva que ilustra esquemáticamente el aspecto externo de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas convencional;

la figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra la construcción del circuito dentro de la carcasa de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas convencional y un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas;

la figura 3A es una vista ampliada que explica el funcionamiento de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas convencional durante un primer intervalo de tiempo y que ilustra una expansión plana de las bobinas que se muestran en la figura 1;

la figura 3B es una vista ampliada que explica el funcionamiento de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas convencional durante un segundo intervalo de tiempo y que ilustra una expansión plana de las bobinas que se muestran en la figura 1;

la figura 3C es una vista ampliada que explica el funcionamiento de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas convencional durante un decimoquinto intervalo de tiempo y que ilustra una expansión plana de las bobinas que se muestran en la figura 1;

la figura 3D es una vista ampliada que explica el funcionamiento de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas convencional durante un decimosexto intervalo de tiempo y que ilustra una expansión plana de las bobinas que se muestran en la figura 1;

la figura 4 es un dibujo en perspectiva que ilustra esquemáticamente el aspecto externo de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que se utiliza en una realización de un método de detección de defectos por corrientes inducidas, un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas y una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas de la presente invención;

la figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra la construcción del circuito dentro de la carcasa de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas y un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas de la presente invención;

la figura 6A es una vista ampliada que explica el funcionamiento del método de detección de defectos por corrientes inducidas, del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas y de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas de la presente invención durante un primer intervalo de tiempo y que ilustra una expansión en planta de las bobinas que se muestran en la figura 4;

la figura 6B es una vista ampliada que explica el funcionamiento del método de detección de defectos por corrientes inducidas, del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas y de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas de la presente invención durante un segundo intervalo de tiempo y que ilustra una expansión en planta de las bobinas que se muestran en la figura 4;

la figura 6C es una vista ampliada que explica el funcionamiento del método de detección de defectos por corrientes inducidas, del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas y de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas de la presente invención durante un séptimo intervalo de tiempo y que ilustra una expansión en planta de las bobinas que se muestran en la figura 4; y

la figura 6D es una vista ampliada que explica el funcionamiento del método de detección de defectos por corrientes inducidas, del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas y de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas de la presente invención durante un octavo intervalo de tiempo y que ilustra una expansión en planta de las bobinas que se muestran en la figura 4.

**Descripción detallada**

La siguiente descripción explicará la presente invención en detalle en relación con los dibujos que ilustran algunas realizaciones de esta.

la figura 4 es un dibujo en perspectiva que ilustra esquemáticamente el aspecto externo de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que se utiliza en una realización del método de detección de defectos por corrientes inducidas, un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas y una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas de la presente invención.

Esta sonda de detección de defectos por corrientes inducidas comprende una carcasa 41 (alojamiento) en forma de columna que está formada de tal modo que se puede insertar con cuidado dentro de un tubo de metal delgado, y ocho bobinas 11 a 18, 21 a 28, 31 a 38, que están alineadas en torno a la superficie exterior de la carcasa 41, están

## ES 2 779 531 T3

espaciadas de manera uniforme en cada una de las tres filas. Las bobinas 11 a 18 de la primera fila de las tres filas están dispuestas de tal modo que están ubicadas en una posición en la dirección circunferencial que difiere de la de las bobinas 21 a 28 y 31 a 38 de las otras dos filas en 1/2 del espaciado total.

- 5 La figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra la construcción del circuito dentro de la carcasa 41 y el dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas.

10 Las bobinas 11 a 18 (elementos magnéticos, medios de excitación de campo magnético) de la primera fila son bobinas que se utilizan como bobinas de excitación de campo magnético (elementos de excitación de campo magnético) que generan una corriente inducida en la sección de espesor desde la superficie interior de un tubo de metal delgado, y que cada una está conectada a un multiplexor 51 (circuito de conmutación) para la excitación de campo magnético.

15 Un hilo conductor 56 está conectado al multiplexor 51 para la excitación de campo magnético, y se aplica una corriente de CA para excitar un campo magnético al hilo conductor 56 desde la unidad 59 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas.

20 Así mismo, las bobinas 21 a 28 (elementos magnéticos, medios de detección de campo magnético) de la segunda fila son bobinas que se utilizan como bobinas de detección de campo magnético (elementos de detección de campo magnético) que detectan un campo magnético de acuerdo con una corriente inducida que se genera en la sección de espesor de un tubo de metal delgado, y cada uno está conectado a un multiplexor (circuito de conmutación) 52 para la detección de campo magnético. Un amplificador 54 (medios de detección de campo magnético), que amplifica la señal de salida del campo magnético que es detectado por las bobinas 21 a 28, está conectado al multiplexor 52 para la detección de campo magnético y la señal amplificada desde el amplificador 54 es enviada a la unidad 59 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas a través de un hilo conductor 57.

25 Las bobinas 31 a 38 (elementos magnéticos, medios de detección de campo magnético) de la tercera fila son bobinas utilizadas para la detección de campo magnético y cada una está conectada a un multiplexor 53 (circuito de conmutación) para la detección de campo magnético. Un amplificador 55 (medios de detección de campo magnético), que amplifica la señal de salida del campo magnético que es detectado por las bobinas 31 a 38, está conectado al multiplexor 53 para la detección de campo magnético, y la señal amplificada desde el amplificador 55 es enviada a la unidad 59 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas a través de un hilo conductor 58.

30 Como se muestra en la figura 4, los hilos conductores 56 a 58 están almacenados dentro de un cable 42 que conecta la sección central de la superficie en un extremo de la carcasa 41 de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas con la unidad 59 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas.

35 Un circuito 60 de oscilación (medios de excitación de campo magnético) que genera una corriente de CA para excitar un campo magnético por las bobinas 11 a 18, un circuito 61 de detección de señal que obtiene señales de detección amplificadas de campos magnéticos que son detectados por las bobinas 21 a 28 y 31 a 38, y una unidad 62 de comunicación para comunicarse con una computadora personal 63 (o estación de trabajo) están ubicados dentro de la unidad 59 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas. El ordenador personal 63 recibe la señal de detección que es obtenida por el circuito 61 de detección de señal a través de la unidad 62 de comunicación como datos de detección y registra y muestra los datos de detección recibidos.

40 Los amplificadores 54 y 55 también pueden estar ubicados dentro de la unidad 59 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas y, cuando hay una pequeña cantidad de bobinas en cada fila, los multiplexores 51 a 53 también podrían estar ubicados dentro de la unidad 59 principal del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas.

45 Las figuras 6A a 6D son vistas ampliadas que explican el funcionamiento de una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que tiene este tipo de construcción y que ilustran una expansión en planta de las bobinas 11 a 18, 21 a 28 y 31 a 38 que se muestran en la figura 4.

50 Esta sonda de detección de defectos por corrientes inducidas detecta defectos por la cantidad de una circunferencia de la superficie interior de un tubo de metal delgado en intervalos de tiempo primero a octavo que indican el ciclo de la operación.

55 De acuerdo con la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas, en el primer intervalo de tiempo (figura 6A), el multiplexor 51 selecciona la bobina 11 como la bobina T de excitación de campo magnético y el multiplexor 52 selecciona las bobinas 28 y 23 de la segunda fila, que están separadas de la bobina 11 por la cantidad de 3/2 bobinas en la dirección circunferencial, como bobinas R1 y R2 de detección de campo magnético. De manera adicional, el multiplexor 53 selecciona las bobinas 31 y 32 de la tercera fila, que están separadas de la bobina 11 por la cantidad de 0,5 bobinas en la dirección circunferencial, como bobinas R3 y R4 de detección de campo magnético.

60 Las señales de detección que son emitidas por las bobinas R1, R2 de detección de campo magnético se utilizan para detectar defectos en la dirección circunferencial del tubo de metal delgado (dirección que cruza ortogonalmente la

dirección de avance de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas) y las señales de detección emitidas por las bobinas R3, R4 de detección de campo magnético se utilizan para detectar defectos en la dirección axial del tubo de metal delgado (dirección de avance de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas).

5 De acuerdo con la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas, en el segundo intervalo de tiempo (figura 6B), el multiplexor 51 selecciona la bobina 12 como la bobina T de excitación de campo magnético y el multiplexor 52 selecciona las bobinas 21 y 24 de la segunda fila, que están separadas de la bobina 12 por la cantidad de 3/2 bobinas en la dirección circunferencial, como bobinas R1 y R2 de detección de campo magnético. De manera adicional, el multiplexor 53 selecciona las bobinas 32 y 33 de la tercera fila, que están separadas de la bobina 12 por la cantidad  
10 de 0,5 bobinas en la dirección circunferencial, como bobinas R3 y R4 de detección de campo magnético.

En cada intervalo de tiempo después de ese, el multiplexor 51 selecciona secuencialmente las bobinas 13, 14, 15, ..., como la bobina T de excitación de campo magnético, y el multiplexor 52 selecciona secuencialmente pares de bobinas 22-25, 23-26, 24-27, ..., como las bobinas R1 · R2 de detección de campo magnético. De manera adicional, el  
15 multiplexor 53 selecciona secuencialmente pares de bobinas 33-34, 34-35, 35-36, ..., como las bobinas R3, R4 de detección de campo magnético.

De acuerdo con la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas, en el séptimo intervalo de tiempo (figura 6C), el multiplexor 51 selecciona la bobina 17 como la bobina T de excitación de campo magnético y el multiplexor 52  
20 selecciona las bobinas 26 y 21 de la segunda fila, que están separadas de la bobina 17 por la cantidad de 3/2 bobinas en la dirección circunferencial, como bobinas R1 y R2 de detección de campo magnético. De manera adicional, el multiplexor 53 selecciona las bobinas 37 y 38 de la tercera fila, que están separadas de la bobina 17 por la cantidad de 0,5 bobinas en la dirección circunferencial, como bobinas R3 y R4 de detección de campo magnético.

25 De acuerdo con la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas, en el octavo intervalo de tiempo (figura 6D), el multiplexor 51 selecciona la bobina 18 como la bobina T de excitación de campo magnético y el multiplexor 52 selecciona las bobinas 27 y 22 de la segunda fila, que están separadas de la bobina 18 por la cantidad de 3/2 bobinas en la dirección circunferencial, como bobinas R1 y R2 de detección de campo magnético. De manera adicional, el  
30 multiplexor 53 selecciona las bobinas 38 y 31 de la tercera fila, que están separadas de la bobina 18 por la cantidad de 0,5 bobinas en la dirección circunferencial, como bobinas R3 y R4 de detección de campo magnético.

Dependiendo de los intervalos de tiempo primero a octavo descritos anteriormente, las combinaciones de la bobina T de excitación de campo magnético y la bobina R1 de detección de campo magnético, y la bobina T de excitación de campo magnético y la bobina R2 de detección de campo magnético están ubicadas adecuadamente para detectar  
35 defectos en la dirección circunferencial del tubo de metal delgado (dirección que cruza ortogonalmente la dirección de avance de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas). También, las combinaciones de la bobina T de excitación de campo magnético y la bobina R3 de detección de campo magnético, y la bobina T de excitación de campo magnético y la bobina R4 de detección de campo magnético están ubicadas adecuadamente para detectar defectos en la dirección axial del tubo de metal delgado (dirección de avance de la sonda de detección de defectos  
40 por corrientes inducidas).

En el caso de esta realización, dado que la salida de los 16 canales por las bobinas 21 a 28 se obtiene para la misma circunferencia por una circunferencia del tubo de metal delgado, no es necesario compensar el desplazamiento en la dirección axial y, por lo tanto, se mejora la resolución espacial de las señales de detección de defectos y la  
45 reproducibilidad durante la redetección de defectos.

Así mismo, como se muestra en la figura 5, cuando se compara con el circuito convencional que se muestra en la figura 2, no existe la necesidad de dos multiplexores, así como tampoco existe la necesidad de cableado desde las bobinas 11 a 18 de la primera fila y las bobinas 21 a 28 de la segunda fila a cada uno de los dos multiplexores, de tal modo que la construcción del circuito puede hacerse más compacta, y todo el circuito puede estar almacenado dentro  
50 de la carcasa 41 de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas. De manera adicional, mediante la reducción de la cantidad de cableado, las señales de interferencia como consecuencia de la diafonía pueden reducirse.

Dependiendo del rendimiento y similares del dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas, es posible combinar dos intervalos de tiempo. Por ejemplo, en el primer intervalo de tiempo, es posible seleccionar simultáneamente las bobinas 11 y 15 como bobinas de excitación de campo magnético, y seleccionar simultáneamente las bobinas 31, 32, 28, 23, 35, 36, 24 y 27 como bobinas de detección de campo magnético.  
55

Normalmente, es necesario un circuito amplificador con el fin de amplificar las señales de detección del multiplexor, aunque, en los casos en los que el deterioro de las señales de detección no es especialmente un problema, también es posible omitir el circuito amplificador.  
60

Así mismo, esta realización ilustra un ejemplo de una sonda de tipo inserto que se inserta dentro de un tubo de metal delgado, aunque la presente invención también se puede aplicar a un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas de tipo de ubicación superior o de tipo penetrante y a una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas.  
65

Por otra parte, en esta realización, las bobinas se utilizaron tanto como elementos de excitación de campo magnético como elementos de detección de campo magnético, aunque la invención no está limitada a esto y, por supuesto, es posible utilizar otros elementos. También, se hace una distinción clara entre los grupos de elementos de excitación de campo magnético y los grupos de elementos de detección de campo magnético, por lo que, por ejemplo, es posible combinar diferentes tipos de elementos, tal como utilizar una bobina como elemento de excitación de campo magnético, y utilizar un elemento de detección magnética, tal como un elemento de agujero, un elemento de efecto de resistencia magnética y similares como elemento de detección de campo magnético.

10 Así mismo, la dirección de las bobinas no está limitada a la que se muestra en la figura 4, y es posible la construcción utilizando otras direcciones.

Por otra parte, el número de bobinas no está limitado necesariamente a ocho bobinas por fila y puede aumentarse o disminuirse adecuadamente según sea necesario. De manera adicional, del mismo modo, el número de canales del multiplexor, que es un circuito de conmutación, puede aumentarse o disminuirse adecuadamente según sea necesario. También, la ubicación más preferente para ubicar el circuito es dentro de la carcasa de la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas, aunque, en el caso de que eso sea físicamente imposible, el circuito puede estar provisto dentro o en torno a el tubo que almacena el cableado.

20 La presente invención se puede aplicar a un método de detección de defectos por corrientes inducidas, a un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas y a una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que se utilizan en la inspección no destructiva (ensayos de detección de defectos por corrientes inducidas) de un tubo de transferencia de calor dentro de un intercambiador de calor.

## REIVINDICACIONES

1. Un método de detección de defectos por corrientes inducidas para llevar a cabo la detección de defectos por corrientes inducidas de un tubo conductor mediante el uso de: grupos de elementos magnéticos de los que los  
 5 elementos magnéticos (11 a 18, 21 a 28), que o excitan o detectan un campo magnético, están espaciados de manera uniforme en cada una de la primera y segunda filas que están formadas, en la dirección circunferencial, en torno a la superficie de una carcasa (41) en forma de columna, estando ubicado un grupo de elementos magnéticos (31 a 38) en una tercera fila en torno a la superficie de la carcasa (41) en la dirección circunferencial adyacente al grupo de elementos magnéticos (21 a 28) de la segunda fila, estando formada la carcasa (41) en forma de columna de tal modo  
 10 que puede insertarse en el tubo conductor, estando la primera fila ubicada en una posición que difiere de cada una de la segunda y la tercera filas en las que los elementos magnéticos que detectan el campo magnético están ubicados en 1/2 del espaciado uniforme de los elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial; y un primer, un segundo y un tercer circuitos de conmutación (51, 52, 53) para seleccionar cada elemento magnético (11 a 18, 21 a 28, 31 a 38) en la primera, segunda y tercera filas respectivas de los grupos de  
 15 elementos magnéticos, **caracterizado por que** comprende:

una etapa de provocar que el primer circuito de conmutación (51) seleccione a su vez cada elemento magnético (11 a 18) de la primera fila durante los intervalos de tiempo correspondientes con el fin de excitar un campo magnético;

20 una etapa de provocar que el segundo circuito de conmutación (52) seleccione, durante los intervalos de tiempo correspondientes, los elementos magnéticos (21 a 28) de la segunda fila de dos en dos de forma secuencial, estando cada uno de los dos elementos magnéticos seleccionados de la segunda fila ubicado en posiciones que difieren del elemento magnético (11 a 18) que excitó el campo magnético en 3/2 del espaciado uniforme de los elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial con el fin de detectar el  
 25 campo magnético excitado; y

una etapa de provocar que el tercer circuito de conmutación (53) seleccione, durante los intervalos de tiempo correspondientes, los elementos magnéticos (31 a 38) de la tercera fila de dos en dos de manera secuencial, estando cada uno de los dos elementos magnéticos seleccionados de la tercera fila ubicado en posiciones que difieren del elemento magnético (11 a 18) que excitó el campo magnético en 1/2 del espaciado uniforme de los  
 30 elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial con el fin de detectar el campo magnético excitado.

2. Una sonda de detección de defectos por corrientes inducidas que comprende: grupos de elementos magnéticos de los que los elementos magnéticos (11 a 18, 21 a 28), que o excitan o detectan un campo magnético, están espaciados  
 35 de manera uniforme en cada una de la primera y segunda filas que están formadas, en la dirección circunferencial, en torno a la superficie de una carcasa (41) en forma de columna, estando ubicado un grupo de elementos magnéticos (31 a 38) en una tercera fila en torno a la superficie de la carcasa (41) en la dirección circunferencial adyacente al grupo de elementos magnéticos (21 a 28) de la segunda fila, estando la carcasa en forma de columna formada de tal modo que puede insertarse en un tubo conductor, estando la primera fila ubicada en una posición que difiere de cada  
 40 una de la segunda y la tercera filas en las que los elementos magnéticos que detectan el campo magnético están ubicados en 1/2 del espaciado uniforme de los elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial; y un primer, un segundo y un tercer circuitos de conmutación (51, 52, 53) para seleccionar cada elemento magnético (11 a 18, 21 a 28, 31 a 38) en la primera, segunda y tercera filas respectivas de los grupos de  
 45 elementos magnéticos, **caracterizada por que**

el primer circuito de conmutación (51) está adaptado para seleccionar a su vez durante los intervalos de tiempo correspondientes los elementos magnéticos (11 a 18) de la primera fila para excitar un campo magnético, el segundo circuito de conmutación (52) está adaptado para seleccionar a su vez durante los intervalos de tiempo correspondientes los elementos magnéticos (21 a 28) de la segunda fila para detectar un campo magnético, y  
 50 la sonda de detección de defectos por corrientes inducidas está adaptada para ejecutar la detección de defectos por corrientes inducidas mediante la detección de cada campo magnético que es excitado por cada elemento magnético (11 a 18) que funciona como el elemento de excitación de campo magnético seleccionando, por el segundo circuito de conmutación (53), los elementos magnéticos (21 a 28) de la segunda fila de dos en dos de forma secuencial durante los intervalos de tiempo correspondientes, funcionando cada uno de los dos elementos magnéticos seleccionados de la segunda fila como elementos de detección de campo magnético y estando ubicados en posiciones que difieren del  
 55 elemento de excitación (11 a 18) de campo magnético en 3/2 del espaciado uniforme de los elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial y detectando el campo magnético excitado seleccionando mediante el tercer circuito de conmutación (53) los elementos magnéticos (31 a 38) de la tercera fila de dos en dos de manera secuencial durante los intervalos de tiempo correspondientes, estando cada uno de los dos elementos magnéticos seleccionados magnéticos de la tercera fila ubicados en posiciones que difieren del elemento  
 60 de excitación (11 a 18) de campo magnético en 1/2 del espaciado uniforme de los elementos magnéticos espaciados de manera uniforme en la dirección circunferencial.

3. La sonda de detección de defectos por corrientes inducidas de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además un circuito (54, 55) amplificador para amplificar una señal que cada uno de los elementos de detección (21 a  
 65 28, 31 a 38) de campo magnético emite a través del circuito de conmutación (52, 53).

4. Un dispositivo de detección de defectos por corrientes inducidas que comprende:

la sonda de la reivindicación 2 o 3;

5 medios (60) de excitación de campo magnético para provocar que los elementos magnéticos (11 a 18) de la primera fila funcionen como elementos de excitación de campo magnético que excitan un campo magnético al ser seleccionados a su vez durante los intervalos de tiempo correspondientes por el circuito de conmutación (51); y  
medios (61) de detección de campo magnético para provocar que los elementos magnéticos (21 a 28) de la segunda fila funcionen como elementos de detección de campo magnético que detectan un campo magnético al ser seleccionados durante los intervalos de tiempo correspondientes por el circuito de conmutación (52).

FIG. 1

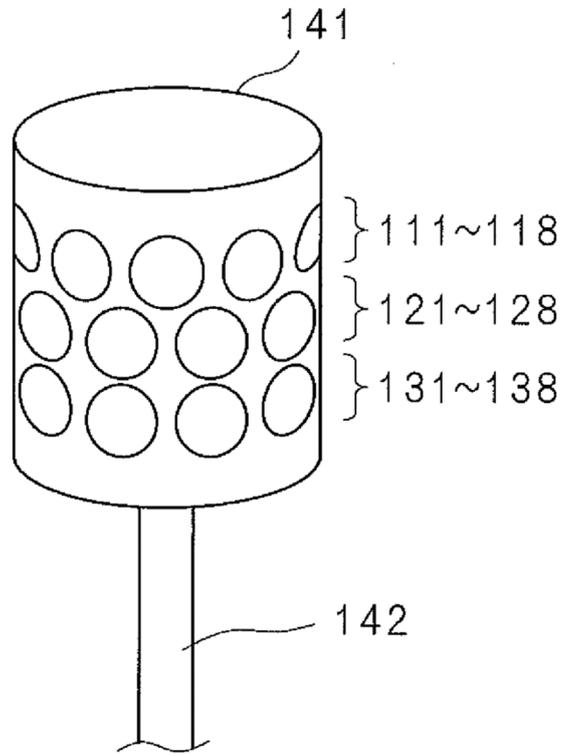


FIG. 2

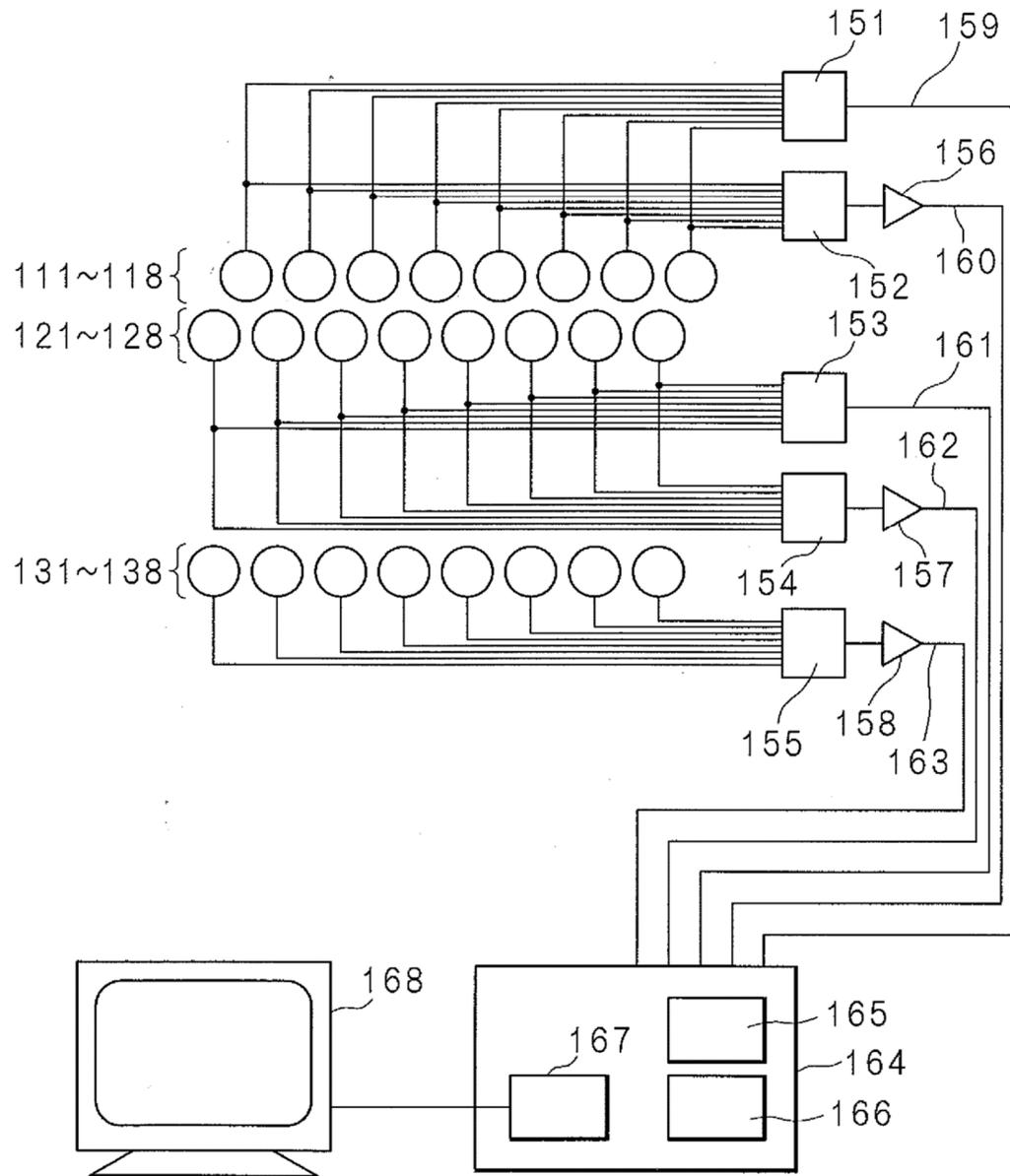


FIG. 3A

PRIMER INTERVALO DE TIEMPO

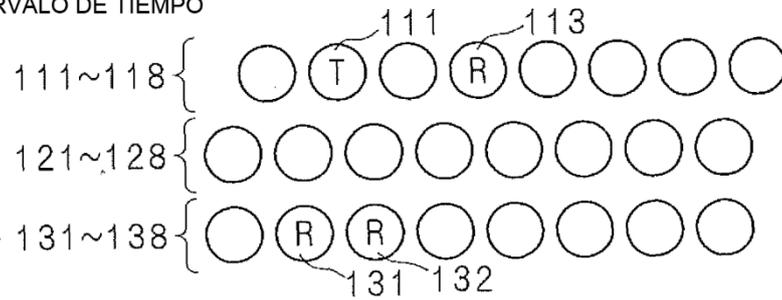


FIG. 3B

SEGUNDO INTERVALO DE TIEMPO

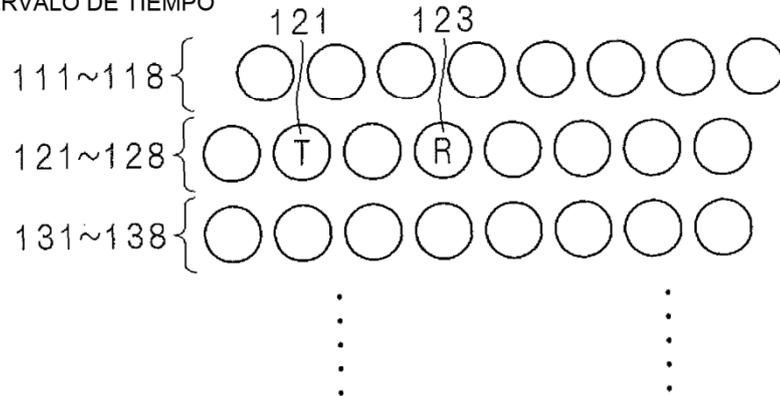


FIG. 3C

DECIMOQUINTO INTERVALO DE TIEMPO

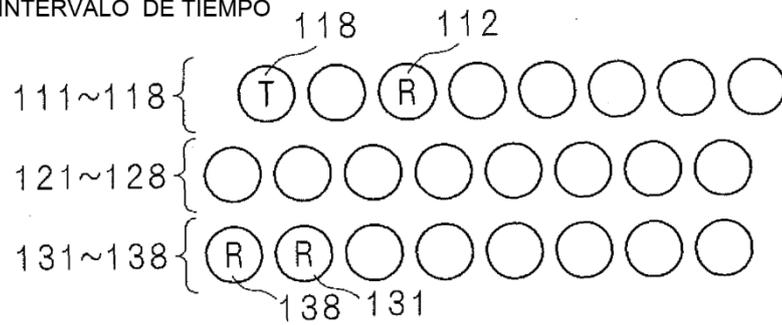


FIG. 3D

DECIMOSEXTO INTERVALO DE TIEMPO

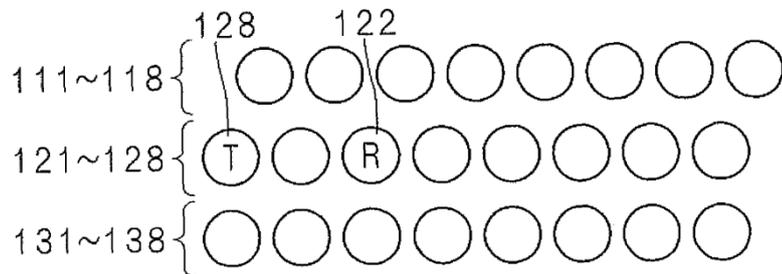


FIG. 4

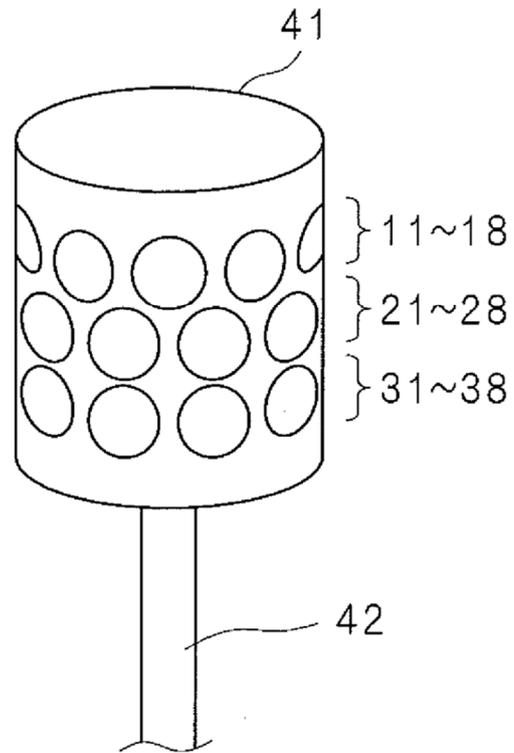


FIG. 5

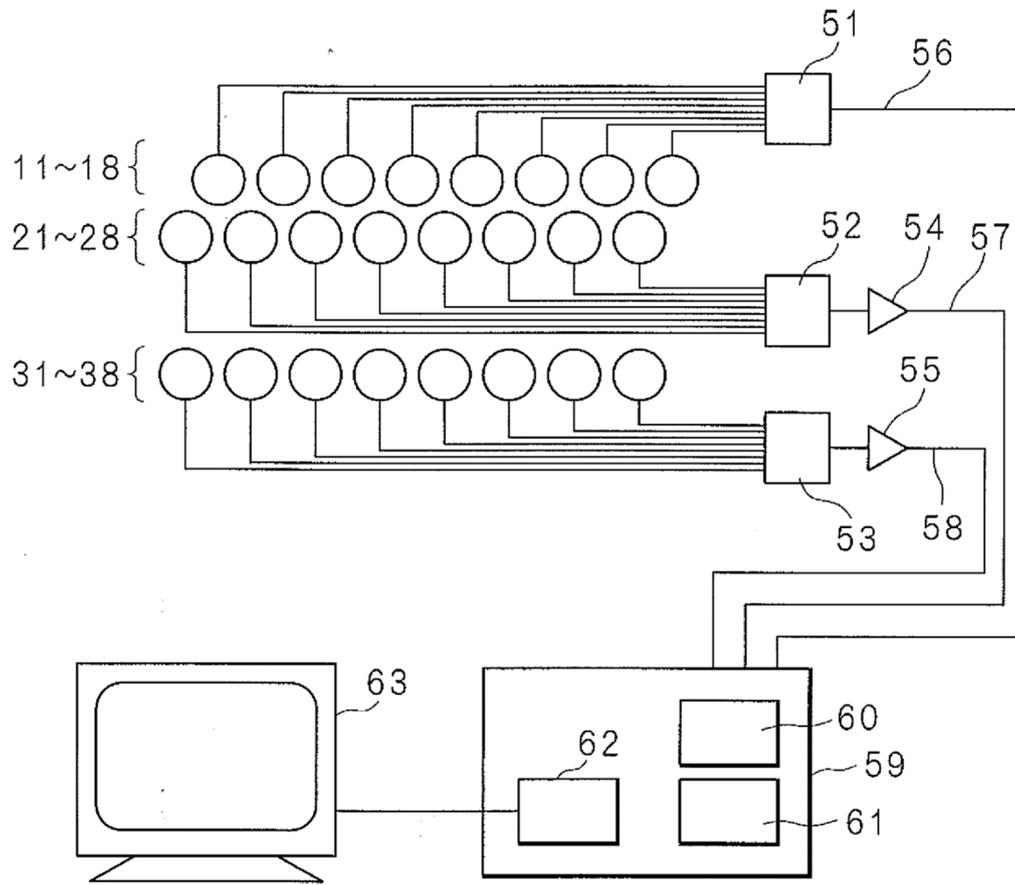


FIG. 6A

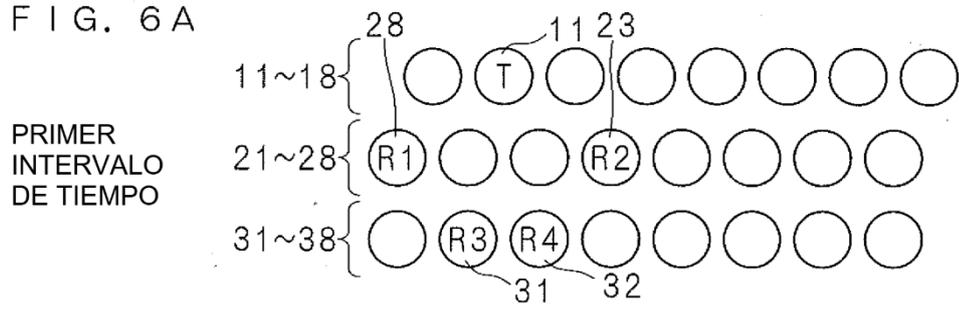


FIG. 6B

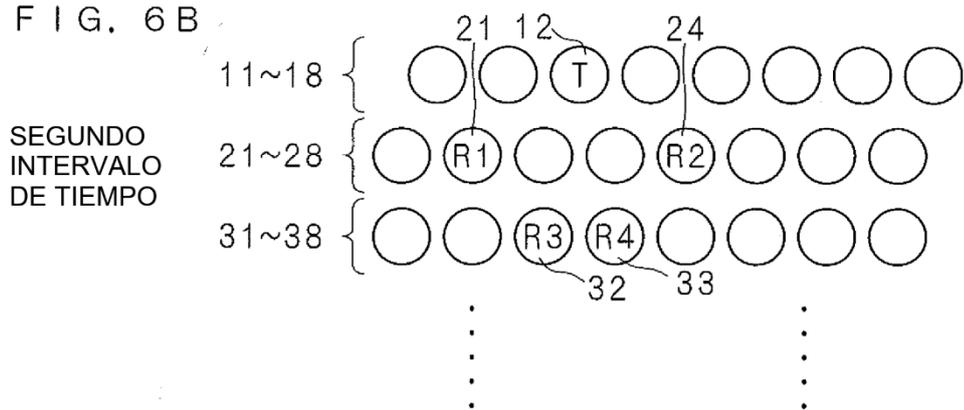


FIG. 6C

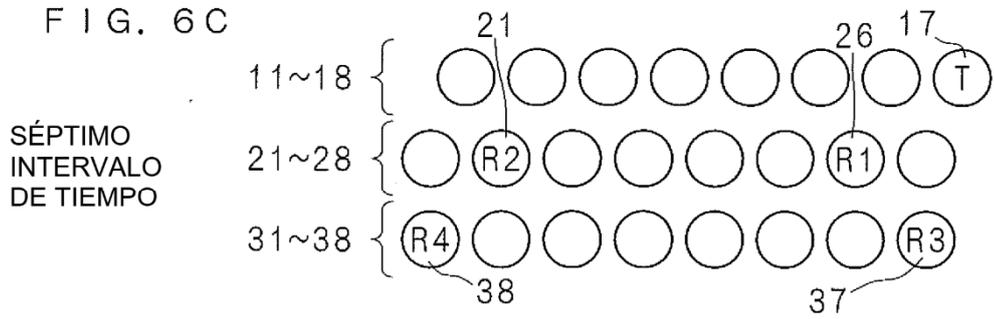


FIG. 6D

