

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 732**

51 Int. Cl.:

G01N 27/90 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2014** **E 14155115 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017** **EP 2866026**

54 Título: **Sonda de ensayo por corrientes parásitas y método de ensayo por corrientes parásitas**

30 Prioridad:

22.10.2013 JP 2013219139

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

20.07.2017

73 Titular/es:

**mitsubishi heavy industries, ltd. (100.0%)
16-5, Konan 2-chome, Minato-ku
Tokyo 108-8215, JP**

72 Inventor/es:

**KUROKAWA, MASAOKI y
SHICHIDA, TOMONORI**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 625 732 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

Sonda de ensayo por corrientes parásitas y método de ensayo por corrientes parásitas

5 Sector de la técnica

La presente invención se refiere a una sonda usada para ensayo por corrientes parásitas usada para ensayos no destructivos.

10 Estado de la técnica

Como un método de ensayo no destructivo para metales, se conoce un Ensayo por Corrientes Parásitas (ECP). En este método de detección de defectos, se genera una corriente parásita sobre una superficie de un objeto de ensayo mediante una bobina excitadora, y se observan los cambios en una tensión (o cambios en una impedancia) de una bobina detectora, provocados por la influencia de estas corrientes parásitas para detectar un defecto desarrollado en el objeto ensayado.

Los presentes inventores han propuestos una sonda de ensayo por corrientes parásitas que puede detectar con precisión un defecto, en la Patente Japonesa N.º 3343860. La sonda de ensayo por corrientes parásitas de la Patente Japonesa N.º 3343860 tiene la ventaja de detectar con precisión un defecto sobre un espécimen basándose en una diferencia de tensión generada entre bobinas detectoras resultante de flujos magnéticos, incluso si tiene lugar un cambio de elevación en diagonal, que es una diferencia entre las distancias desde las bobinas detectoras al objeto de ensayo.

En la sonda de ensayo por corrientes parásitas de la Patente Japonesa N.º 3343860, se dispone una bobina excitadora sobre las bobinas detectoras. Además, hay una distinción entre arriba y abajo suponiendo que el objeto de ensayo se coloca bajo la bobina detectora. Por lo tanto, la sonda de ensayo por corrientes parásitas de la Patente Japonesa N.º 3343860 tiene el grosor de las bobinas detectoras y la bobina excitadora, y la sonda no puede usarse en lugares muy estrechos.

La presente invención se realiza basándose en dicho problema técnico, y tiene como objeto proporcionar una sonda de ensayo por corrientes parásitas que pueda tener un pequeño grosor mientras mantiene bobinas detectoras y bobinas excitadoras.

Se han divulgado otras sondas de ensayo por corrientes parásitas en los documentos de patente US 6.018.242, US 6.339.327 B1, DE 10 2010 048 917 A1, EP 2 119 785 A1, EP 2 037 261 A1, EP 2 642 282 A1, y JP S59-10846.

Objeto de la invención

Para conseguir el objeto anterior, la presente invención propone una sonda de ensayo por corrientes parásitas que se define en la reivindicación 1 adjunta. Esta sonda de ensayo por corrientes parásitas incluye una pluralidad de unidades de sonda que comprenden: bobinas excitadoras que incluyen una primera bobina excitadora y una segunda bobina excitadora que son idénticas entre sí y dispuestas en simetría puntual, y cada una de las cuales genera un campo magnético alterno para generar una corriente parásitas en un objeto de ensayo; y bobinas detectoras que incluyen una primera bobina detectora y una segunda bobina detectora que son idénticas entre sí, dispuestas en simetría puntual, y conectadas de modo diferencial entre sí.

En la sonda de ensayo por corrientes parásitas de la presente invención, las bobinas excitadoras y las bobinas detectoras se disponen sobre una única superficie.

Adicionalmente, las bobinas excitadoras y las bobinas detectoras se disponen con una primera línea central de simetría de la primera bobina detectora y la segunda bobina detectora que intersecta con una segunda línea central de simetría de la primera bobina excitadora y la segunda bobina excitadora.

Dado que las bobinas excitadoras y las bobinas detectoras se disponen sobre una única superficie, típicamente sobre un único plano, la sonda de ensayo por corrientes parásitas de la presente invención tiene un pequeño grosor, y permite la realización del ensayo por corrientes parásitas incluso en espacios estrechos.

En la sonda de ensayo por corrientes parásitas de la presente invención, un primer centro de simetría de la primera línea central de simetría y un segundo centro de simetría sobre la segunda línea central de simetría son idénticos entre sí, tal como se puede ver en una vista en planta de la superficie única.

En la sonda de ensayo por corrientes parásitas de la presente invención, la primera bobina detectora, la segunda bobina detectora, la primera bobina excitadora y la segunda bobina excitadora se disponen siendo el primer centro de simetría y el segundo centro de simetría idénticos entre sí, y con la primera línea central de simetría y la segunda línea central de simetría intersectando entre sí en un ángulo recto.

Se prefiere que la primera bobina excitadora y la segunda bobina excitadora, y la primera bobina detectora y la segunda bobina detectora se formen cada una mediante una bobina que tenga una forma rectangular en una vista en planta.

5 Con esta configuración, las sondas de ensayo por corrientes parásitas pueden disponerse en una forma rectangular como un conjunto, y es posible disponer una pluralidad de unidades de sonda apretadamente sin huecos entre ellas.

10 Adicionalmente, de acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, que no es reivindicado, un par de la primera bobina detectora y la segunda bobina excitadora, y un par de la segunda bobina detectora y la primera bobina excitadora pueden disponerse desplazadas relativamente entre sí. Con esta sonda de ensayo por corrientes parásitas, puede mejorarse una capacidad de detección de un defecto superficial.

15 En otro aspecto de la presente divulgación, que no es reivindicado, la primera bobina excitadora y la segunda bobina excitadora, y la primera bobina detectora y la segunda bobina detectora se forma cada una mediante una bobina que tenga una forma rectangular en una vista en planta, y la primera bobina detectora, la segunda bobina detectora, la primera bobina excitadora y la segunda bobina excitadora pueden disponerse siendo el primer centro de simetría y el segundo centro de simetría idénticos entre sí, y con la primera línea central de simetría y la segunda línea central de simetría intersectando entre sí en un ángulo distinto de un ángulo recto.

20 Con la sonda de ensayo por corrientes parásitas de la presente invención, una dirección de una corriente parásita obtenida mediante la combinación de corrientes parásitas generadas por la primera bobina excitadora y la segunda bobina excitadora es la misma que la dirección de la primera línea central de simetría.

25 Con esta sonda de ensayo por corrientes parásitas, la detección de defectos puede realizarse sin hacer que se incline la sonda por corrientes parásitas a una dirección de un defecto.

La sonda de ensayo por corrientes parásitas de la presente invención realiza la detección de defectos con una pluralidad de unidades de sonda dispuestas en una dirección predeterminada.

30 Con esta sonda de ensayo por corrientes parásitas, la detección de defectos puede realizarse en un área dada sin mover las unidades de sonda.

35 De acuerdo con la presente invención, todas de la primera bobina excitadora, la segunda bobina excitadora, la primera bobina detectora y la segunda bobina detectora pueden formarse mediante bobinas idénticas, en un caso de disposición de la pluralidad de unidades de sonda.

40 Con esta configuración, una bobina que se haya fabricado para funcionar para excitación en un cierto tiempo, puede hacerse que funcione para detección en un siguiente tiempo, y por lo tanto las bobinas excitadoras proporcionadas en una dirección de disposición pueden usarse como las bobinas detectoras, y las bobinas detectoras pueden usarse como bobinas excitadoras, mientras se conmutan sus funciones alternativamente, lo que permite la mejora de una resolución del resultado de ensayo.

45 La presente divulgación proporciona un método para realizar detección de defectos en un objeto de ensayo mediante el uso de las sondas de ensayo por corrientes parásitas descritas anteriormente. Este método de ensayo por corrientes parásitas incluye: una etapa de generación de las corrientes parásitas proporcionando corrientes de CA a la primera bobina excitadora y a la segunda bobina excitadora para generar corrientes parásitas en el objeto de ensayo; y una etapa de detección para detección de la presencia/ausencia de un defecto en el objeto de ensayo basándose en una diferencia de tensión generada por las corrientes parásitas entre la primera bobina detectora y la segunda bobina detectora.

50 Con el método de ensayo por corrientes parásitas de la presente invención, la detección de defectos puede realizarse también en un área dada del objeto de ensayo mediante el uso de una única sonda de ensayo. En este caso, la etapa de generación de las corrientes parásitas y la etapa de detección se realizan cada vez que la sonda de ensayo se mueve a una cierta posición.

55 Con este método de ensayo por corrientes parásitas, es posible realizar de modo efectivo la detección de defectos en el área dada, con un coste reducido de la sonda de ensayo.

60 La presente invención proporciona un método de ensayo por corrientes parásitas de la presente invención, que se define en la reivindicación 6 adjunta. En este método, se usa una sonda de ensayo que incluye una pluralidad de unidades de sonda dispuestas en una dirección predeterminada, se realiza un proceso de detección de defectos en el orden en que se dispone la pluralidad de unidades de sonda y el proceso de detección de defectos incluye: la etapa de generación de las corrientes parásitas proporcionando corrientes de CA a la primera bobina excitadora y a la segunda bobina excitadora para generar corrientes parásitas en el objeto de ensayo; y la etapa de detección para detección de la presencia/ausencia de un defecto en el objeto de ensayo basándose en una diferencia de tensión

65

generada por las corrientes parásitas entre la primera bobina detectora y la segunda bobina detectora.

En un caso en el que se use la sonda de ensayo que incluye una pluralidad de unidades de sonda dispuestas y todas de la primera bobina excitadora, la segunda bobina excitadora, la primera bobina detectora y la segunda bobina detectora se forman mediante bobinas idénticas, se prefiere realizar el proceso de detección de defectos de acuerdo con las etapas siguientes.

Esto es, cuando se realiza un proceso de detección de defectos con una unidad de sonda siguiente después de la realización de un proceso de detección de defectos con una unidad de sonda precedente, una bobina excitadora que se ha hecho funcionar para excitación en el proceso de detección de defectos precedente puede hacerse que funcione para detección en el proceso de detección de defectos siguiente, y adicionalmente, una bobina detectora que se ha hecho funcionar para detección en el proceso de detección de defectos precedente podrá hacerse que funcione para excitación en el proceso de detección de defectos siguiente.

Con este método de ensayo por corrientes parásitas, la resolución de un resultado de detección de defectos puede mejorarse debido a que se conmuta alternativamente una función de la bobina de tal manera que una bobina que se ha hecho que funcione como una bobina excitadora en un proceso de detección de defectos precedente se hace que funcione como una bobina detectora en un proceso de detección de defectos siguiente.

De acuerdo con la presente invención, dado que las bobinas excitadoras y las bobinas detectoras se disponen sobre una única superficie, la sonda de ensayo por corrientes parásitas tiene un pequeño grosor, y permite la realización del ensayo por corrientes parásitas incluso en espacios estrechos.

Descripción de las figuras

La FIG. 1 es un diagrama que muestra una configuración esquemática de una sonda de ensayo por corrientes parásitas de acuerdo con un primer ejemplo, que no se reivindica y se incluye con propósitos ilustrativos, en el que la FIG. 1A es una vista en planta, la FIG. 1B es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea lb-lb de la FIG. 1A, y la FIG. 1C es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea lc-lc de la FIG. 1A;

la FIG. 2 muestra la sonda de ensayo por corrientes parásitas de acuerdo con el primer ejemplo, en el que la FIG. 2A es un diagrama que muestra una relación posicional entre las bobinas detectoras y las bobinas excitadoras, y las FIGS. 2B y 2C muestra cada una como se genera una corriente parásita, en la que la FIG. 2B muestra un caso en el que los defectos están ausentes, y la FIG. 2C muestra un caso en donde está presente un defecto;

la FIG. 3 es un diagrama que muestra una relación posicional entre corrientes parásitas, enlaces de flujo, las bobinas excitadoras, y las bobinas detectoras en la sonda de ensayo por corrientes parásitas de acuerdo con el primer ejemplo;

la FIG. 4 es un diagrama que muestra una variación del primer ejemplo;

la FIG. 5 es una vista en planta que muestra una configuración esquemática de una sonda de ensayo por corrientes parásitas de acuerdo con la presente invención;

la FIG. 6 es un diagrama que muestra cómo realizar una detección de defectos usando la sonda de ensayo por corrientes parásitas de acuerdo con la presente invención;

la FIG. 7 muestra las señales de detección extraídas cuando se realiza la detección de defectos usando la sonda mostrada en la FIG. 6, en la que la FIG. 7A muestra las señales de detección en un orden cronológico, y la FIG. 7B muestra las señales de detección en una única fila;

la FIG. 8 muestra una sonda de ensayo por corrientes parásitas convencional descrita en la patente japonesa N.º 3343860;

la FIG. 9 es una vista en planta mostrando una configuración esquemática de una sonda de ensayo por corrientes parásitas de acuerdo con un segundo ejemplo de la presente divulgación, que no se reivindica y se incluye con propósitos ilustrativos; y

la FIG. 10 es un diagrama que muestra un ejemplo en el que las bobinas se aplican sobre una única superficie cilíndrica.

La FIG. 11 es un diagrama que muestra un ejemplo en el que la presente invención se aplica sobre una única superficie cilíndrica.

Descripción detallada de la invención

[Primer ejemplo]

Se describirán a continuación con referencia a los dibujos adjuntos los ejemplos o realizaciones de la presente divulgación.

Una sonda de ensayo por corrientes parásitas 10 del presente ejemplo se usa para la detección de un defecto 51 presente sobre una superficie de un objeto de ensayo 50 que se posiciona por debajo, mientras se mueve sobre el objeto de ensayo 50.

Se describe a continuación la configuración de la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10.

5 La sonda de ensayo por corrientes parásitas 10 incluye, como se muestra en la FIG. 1, bobinas detectoras 1, y bobinas excitadoras 2 para la generación de campos magnéticos alternos para generar corrientes parásitas EC cerca de una superficie del objeto de ensayo 50.

10 Las bobinas detectoras 1 incluyen un par de una primera bobina detectora 1a y una segunda bobina detectora 1b. La primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b se conectan de modo diferencial entre sí. Para cada bobina detectora 1, se usa una bobina devanada que tiene un hilo devanado alrededor de ella y está formada en una forma de rectángulo, y la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b son bobinas idénticas que tienen una propiedad electromagnética idéntica.

15 El par de la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b en una conexión diferencial se conectan a un circuito en puente 4, y se configuran para provocar que el circuito en puente 4 produzca la salida de una señal de defecto que indique la detección del defecto 51 cuando son diferentes las tensiones generadas en la primera bobina detectora 1a y en la segunda bobina detectora 1b.

20 Tómese nota de que se hace referencia a la primera bobina detectora 1a y a la segunda bobina detectora 1b como bobinas detectoras 1 cuando no se necesita distinguir entre ellas, y que se hace referencia a la primera bobina detectora 1a y a la segunda bobina detectora 1b cuando se necesita distinguir entre ellas. Esto también es aplicable a las bobinas excitadoras 2.

25 Las bobinas excitadoras 2 incluyen un par de la primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina excitadora 2b. Las bobinas excitadoras 2 (2, 2a y 2b) se conectan a un oscilador 3 para proporcionar corrientes de CA a las bobinas excitadoras 2. Para cada bobina excitadora 2, se usa una bobina devanada que tiene un hilo devanado alrededor de ella y se forma en una forma de rectángulo, como las bobinas detectoras 1, y la primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina excitadora 2b son bobinas idénticas que tienen una propiedad electromagnética idéntica. Nótese que, en la primera realización, la bobina detectora 1 y la bobina excitadora 2 pueden tener diferentes propiedades electromagnéticas.

35 Como se muestra en las FIGS. 1B y 1C, las bobinas detectoras 1 (la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b) y las bobinas excitadoras 2 (la primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina excitadora 2b) se disponen sobre una única superficie. En este caso, se muestra un ejemplo típico de una superficie única, en el que las bobinas detectoras 1 y las bobinas excitadoras 2 se disponen sobre un único plano.

40 Nótese que hay huecos entre la primera bobina detectora 1a, la segunda bobina detectora 1b, la primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina excitadora 2b en las FIGS. 1A, 1B y 1C, pero las cuatro bobinas pueden disponerse sin espacios si están eléctricamente aisladas.

45 Como se muestra en la FIG. 2A, un par de la primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina excitadora 2b se dispone en una simetría puntual. La primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina excitadora 2b cada una teniendo una forma de rectángulo, se disponen de modo que cada vértice de las mismas se dirige a un centro de simetría (segundo centro de simetría) O. Las bobinas excitadoras 2 se configuran para generar un par de corrientes parásitas EC1 y EC2 que son adyacentes, y simétricas, entre sí tal como se muestra en la FIG. 2B, mediante la disposición de la primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina excitadora 2b tal como se ha descrito anteriormente, y en particular, las bobinas excitadoras 2 se configuran para sumar estas corrientes parásitas EC1 y EC2 para generar una fuerte corriente parásita (corriente parásita compuesta) EC sobre una línea central de simetría CL2 de la primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina excitadora 2b que pasa por el centro de simetría O.

50 Cuando se realiza la detección de defectos, las bobinas excitadoras 2 se disponen en una dirección tal que, como se muestra en la FIG. 2C una dirección D_{EC} de la corriente parásita EC sea oblicua con respecto a la dirección D_I del defecto 51 suponiendo un caso en el que el defecto está presente sobre la superficie del objeto de ensayo 50, esto es, de modo que la dirección D_I y la dirección D_{EC} se intersecten entre sí. Esto es acerca de una detección principal del ensayo por corrientes parásitas. Esto es, la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10 detecta el defecto 51 haciendo uso de cambios en la corriente parásita EC provocados por el defecto 51 que está sobre la superficie del objeto de ensayo 50, y sirve como unas perturbaciones de la corriente parásita EC, y si la dirección D_I del defecto 51 es paralela a la dirección D_{EC} de la corriente parásita EC, el defecto difícilmente sirve como una perturbación pronunciada que actúe sobre la corriente parásita EC. La dirección D_I del defecto 51 sobre la superficie del objeto de ensayo 50 puede estimarse fácilmente basándose en procesos de fabricación o similares del objeto de ensayo 50.

65 Como se muestra en la FIG. 2A, la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b se disponen en una simetría puntual sobre un único plano de modo que miren al objeto de ensayo 50 en paralelo. Las bobinas detectoras 1 se disponen junto con las bobinas excitadoras 2 sobre un único plano.

La primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b cada una teniendo una forma de rectángulo se

disponen de modo que cada vértice de las mismas se dirige al centro de simetría O. Nótese que, tal como se muestra en la FIG. 2A, se disponen de modo que una línea central de simetría CL1 que pase por el centro de simetría (primer centro de simetría) O de la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b intersecta con la línea central de simetría CL2 de las bobinas excitadoras 2 en el centro de simetría O en una vista en planta. Por lo tanto, las bobinas detectoras 1 y las bobinas excitadoras 2 se expanden sobre el plano único, sin solaparse entre sí.

La corriente parásita EC se genera a lo largo de la línea central de simetría CL1 de las bobinas detectoras 2 sobre la superficie del objeto de ensayo 50 en una vista en planta. En particular, dado que la corriente parásita EC se genera fiamente alrededor del centro de simetría O, y el centro de simetría O es también el centro de simetría O de la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b, el centro de simetría de la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b se posiciona en un foco en el que se genera más fiamente la corriente parásita EC.

Nótese que, una configuración más preferida es aquella en la que la línea central de simetría CL1 de las bobinas detectoras 1 y la línea central de simetría CL2 de las bobinas excitadoras 2 se intersectan entre sí en ángulos rectos en el centro de simetría O de ambas líneas centrales, pero ambas líneas de simetría centrales no necesitan intersectar entre sí en ángulo recto siempre que intersecten entre sí, y los centros simetría O de ambas líneas centrales solo puedan estar próximos.

A continuación, se describirán con referencia a la FIG. 3 unas corriente parásita y un enlace de flujo que se generan cuando se proporcionan corrientes (corriente de excitación) a las bobinas excitadoras 2 de la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10 configurada tal como se ha descrito anteriormente.

Tal como se muestra en la FIG. 3, cuando se proporcionan corrientes de excitación a las bobinas excitadoras 2, se generan un par de corrientes parásitas EC1 y EC2 cerca de las superficies de la primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina excitadora 2b, además, se genera un enlace de flujo descendente indicado por una flecha F11 a partir de la corriente parásita EC1, y se genera un enlace de flujo ascendente indicado por una flecha F13 a partir de la corriente parásita EC2. En este caso, en una vista en planta, las bobinas detectoras 1 y las bobinas excitadoras 2 se disponen de modo que los centros de simetría O de las mismas son idénticos entre sí, y una dirección de la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b (la dirección de la línea central de simetría CL1) y una dirección de la primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina excitadora 2b (la dirección de la línea central de simetría CL2) intersectan entre sí en ángulos rectos. Por lo tanto, el centro de simetría de la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b se hacen idénticos con el centro de simetría de la corriente parásita EC tal como se ve en una vista en planta, y la dirección de la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b (la dirección de la línea central de simetría CL1) se hace idéntica a una dirección de la corriente parásita EC.

Como resultado, el enlace de flujo descendente indicado por la flecha F11 y el enlace de flujo ascendente indicado por la flecha F13 actúan sobre la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b, respectivamente. Esto es, los enlaces de flujo que tienen direcciones opuestas actúan sobre la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b, respectivamente.

Adicionalmente, en un caso en el que el defecto 51 está ausente sobre la superficie del objeto de ensayo 50 (FIG. 2B), dado que no actúan perturbaciones sobre las corrientes parásitas EC1 y EC2, los enlaces de flujo que actúan sobre la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b, respectivamente, no son diferentes, y por lo tanto las tensiones generadas en la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b en respuesta a estos enlaces de flujo no son diferentes. Por ello, no se genera una señal de defecto desde el circuito en puente 4.

Por otro lado, en un caso en el que está presente el defecto 51 en el objeto de ensayo 50 (FIG. 2C), dado que actúa una perturbación sobre los corrientes parásitas EC1 y EC2, los enlaces de flujo generados por las corrientes parásitas EC1 y EC2 tienen una distribución no uniforme, lo que produce una diferencia en la suma de los enlaces de flujo que actúan sobre la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b, y por lo tanto tiene lugar una diferencia de tensión entre la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b y esta diferencia de tensión provoca que el circuito en puente 4 produzca la salida de una señal de defecto.

Se realizó realmente un ensayo por corrientes parásitas mediante el uso de la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10, y el resultado del ensayo se comparó con el resultado de la detección de defectos realizada mediante una sonda de ensayo por corrientes parásitas convencional (incluyendo una bobina excitadora redonda) descrita en la Patente Japonesa N.º 3343860. Como resultado, se confirmó que la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10 tenía una capacidad de detección de defectos equivalente a la sonda de ensayo por corrientes parásitas convencional.

Como se ha descrito anteriormente, dado que las bobinas detectoras 1 y las bobinas excitadoras 2 se disponen sobre un único plano, la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10 puede tener un grosor reducido en más de la mitad comparado con el de una sonda de ensayo por corrientes parásitas en la que se superponen una bobina

detectora y una bobina excitadora. Por lo tanto, la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10 permite la realización de ensayos por corrientes parásitas incluso en espacios estrechos.

5 La descripción anterior muestra el ejemplo en el que las bobinas detectoras 1 y las bobinas excitadoras 2, cada una tiene una forma rectangular, pero estas bobinas pueden tener cualquier forma. Por ejemplo, tal como se muestra en la FIG. 4A, pueden usarse las bobinas detectoras 1 y las bobinas excitadoras 2 en las que cada una tiene una forma toroidal. Además, tal como se muestra en la FIG. 4B, las bobinas detectoras 1 y las bobinas excitadoras 2 pueden tener propiedades magnéticas diferentes entre sí, por ejemplo pueden dimensionarse de modo diferente.

10 La descripción anterior muestra el ejemplo en el que se genera una señal de defecto por el circuito en puente 4, pero la sonda de ensayo por corrientes parásitas puede configurarse para incluir, por ejemplo, un voltímetro en lugar del circuito en puente 4, y para detectar el defecto 51 mediante la supervisión de una diferencia de tensión entre la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina detectora 1b por un operador que use este voltímetro.

15 Además, se muestra el ejemplo en el que el ensayo por corrientes parásitas se realiza mientras se mueve la sonda a lo largo de la superficie del objeto de ensayo 50, pueden alinearse una pluralidad de conjuntos de sondas de ensayo por corrientes parásitas 10 para constituir una sonda de ensayo por corrientes parásitas del tipo de bobina múltiple, que puede realizar la detección de defecto sobre una amplia área de una vez. En una segunda realización a ser descrita a continuación, se describirá un ejemplo preferente de una sonda de ensayo por corrientes parásitas del tipo de bobina múltiple usando la presente invención.

[Realización]

25 Una sonda de ensayo por corrientes parásitas 20 de acuerdo con una realización se refiere a una sonda de ensayo por corrientes parásitas del tipo de bobina múltiple.

30 La sonda de ensayo por corrientes parásitas 20 incluye, tal como se muestra en la FIG. 5, un total de 12 bobinas C dispuestas en un patrón de matriz sobre un único plano, es decir, seis bobinas C en una dirección de las filas X y dos bobinas C en una dirección de columna Y. Cada bobina C se compone de, como las bobinas detectoras 1 y las bobinas excitadoras 2 en los primeros ejemplos, de una bobina devanada que tiene en hilo devanado alrededor de ella. Sin embargo, se supone que, en la segunda realización todas las 12 bobinas C tienen una propiedad electromagnética idéntica. Estas bobinas C se indican como C11, C12, C13, C14, C15, C16, C21, C22, C23, C24, C25 y C26, tal como se muestra en la FIG. 5. Sin embargo, se indican colectivamente como bobinas C cuando no es necesario distinguir entre ellas.

35 Nótese que, el número de las bobinas C (es decir, 12) es solo un ejemplo, y que puede proporcionarse cualquier número de las bobinas C en la dirección de las filas X y en la dirección de la columna Y. Debería entenderse que pueden proporcionarse solo tres bobinas C en la dirección de las filas X y dos bobinas C en la dirección de la columna Y para funcionar como una sonda de bobina múltiple.

40 En la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20, las cuatro bobinas C proporcionadas en dos filas y dos columnas constituyen una unidad mínima (unidad de sonda) como una sonda, y una unidad de sonda constituida por las cuatro bobinas C corresponde a la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10 del primer ejemplo. Sin embargo, en la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20, cuatro de las bobinas C11, C12, C21 y C22 constituyen una unidad de sonda, y a continuación cuatro de las bobinas C12, C13, C22 y C23 constituyen una unidad de sonda, y adicionalmente, cuatro de las bobinas C13, C14, C23 y C24 constituyen una unidad de sonda. De dicha manera, en la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20, las cuatro bobinas C forman una unidad de sonda. En la realización, las bobinas C11 a C26 no tienen funciones predeterminadas tales como una bobina detectora y una bobina excitadora, como en el primer ejemplo, sino que cualquier bobina C puede funcionar tanto en modo bobina detectora como en modo bobina excitadora, todas las bobinas C tienen, como un prerrequisito, una propiedad electromagnética idéntica.

50 Los hilos W (W11 a W26) se conectan a las bobinas C11 a C26 respectivamente. Cuando las bobinas C funcionan como bobinas excitadoras, se proporcionan corrientes de excitación a las bobinas C a través de los hilos W, y cuando las bobinas C funcionan como bobinas detectoras, una diferencia de tensión entre las bobinas C que forma un par se refleja en los hilos W correspondientes.

A continuación, se describirá una operación de la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20 en la realización de detección de defectos en el objeto de ensayo 50 con referencia a la FIG. 6 y la FIG. 7.

60 La sonda de ensayo por corrientes parásitas 20 usa bobinas C11, C12, C21 y C22, como una unidad de sonda (primera unidad), al comienzo de la detección de defectos (primer tiempo de la FIG. 6), en el que la bobina C11 y la bobina C22 se hace que funcionen como bobinas excitadoras mientras que la bobina C21 y la bobina C12 se hace como funcionen como bobinas detectoras. En este momento, se proporcionan corrientes de CA a la bobina C11 y a la bobina C22, y se detecta la diferencia de tensión entre la bobina C21 y la bobina C12.

Después de que se realice la detección de defectos por la primera unidad durante un período de tiempo requerido, las bobinas C que constituyen una unidad de sonda (segunda unidad) se conmutan a las bobinas C12, C13, C22 y C23 para realizar la detección de defecto (segundo tiempo de la FIG. 6). En este tiempo, la bobina C12 y la bobina C23 se hace que funcionen como bobinas excitadoras, y la bobina C22 y la bobina C13 se hace que funcionen como bobinas detectoras. En este tiempo, se proporcionan corrientes de CA a la bobina C13 y a la bobina C22, y se detecta una diferencia de tensión entre la bobina C23 y la bobina C12. Nótese que la bobina C12 funciona como una bobina detectora en el primer tiempo precedente, y que la bobina C22 funciona como una bobina excitadora en el primer tiempo precedente.

En el siguiente tercer tiempo, la bobina C13 y la bobina C24 funcionan como bobinas excitadoras, y la bobina C23 y la bobina C14 funcionan como bobinas detectoras. Adicionalmente, en el siguiente cuarto tiempo, la bobina C14 y la bobina C25 funcionan como bobinas excitadoras, y la bobina C24 y la bobina C15 funcionan como bobinas detectoras.

Posteriormente, se realiza el proceso de detección de defectos en una dirección longitudinal de la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20 mientras se conmuta entre las bobinas C para formar una unidad de sonda, tal como se ha descrito anteriormente.

La FIG. 7A muestra distribuciones de sensibilidad de detección en tiempos respectivos, que se superponen sobre las bobinas C, y se entiende que un área de la detección de defecto se desplaza según se suceden los tiempos. En este caso, en la FIG. 7A, un eje X indica la distancia desde el centro de la unidad de sonda, y un eje Y indica una amplitud de señal (nivel de señal) detectada por una unidad de sonda (primera bobina detectora y segunda bobina detectora) cuando está presente el defecto 51 en una posición indicada por el eje horizontal. Cada una de las curvas L1, L2, L3 y L4 indica una distribución de sensibilidad de detección de cada unidad de sonda. El nivel de señal alcanza sus picos cuando está presente el defecto 51 inmediatamente bajo el centro de simetría O, y la curva L1 de distribución de la sensibilidad de detección tiene su pico sobre la línea central de simetría CL1.

Cuando las distribuciones de sensibilidad de detección en cada tiempo se disponen en una única fila, tal como se muestra en la FIG. 7B, las distribuciones de sensibilidad de detección adyacentes se solapan entre sí en 1/2 del periodo de distribución, y por lo tanto, la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20 puede conseguir una alta sensibilidad de detección sobre toda el área en una dirección de detección del defecto a lo largo de la dirección longitudinal de la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20.

Como se ha descrito anteriormente, dado que todas las bobinas C se disponen sobre el plano único en la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20, el ensayo por corrientes parásitas puede realizarse incluso en un caso en el que solo hay un estrecho espacio, como en la primera realización.

Adicionalmente, en la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20, las bobinas rectangulares C pueden disponerse en un patrón de matriz, lo que permite que la sonda se haga ajustada.

Por el contrario, una sonda de ensayo por corrientes parásitas 100 divulgada en la Patente Japonesa N.º 3343860 incluye, tal como se muestra en la FIG. 8A, una bobina excitadora 102 que tiene una forma toroidal y un par de bobinas detectoras 101 y 101, que se disponen en una dirección vertical.

Con la sonda de ensayo por corrientes parásitas 100 de la Patente Japonesa N.º 3343860, dado que una dirección D_{100} de la sonda de ensayo por corrientes parásitas 100 necesita hacerse inclinada respecto a la dirección D_1 del defecto 51, cuando la pluralidad de sondas de ensayo por corrientes parásitas 100 (unidades de sonda) se dispone solo en una fila, tal como se muestra en la FIG. 8C, se crean espacios G entre unidades de sonda adyacentes. Por lo tanto, para la sonda de ensayo por corrientes parásitas 100 de la Patente Japonesa N.º 3343860, tal como se muestra en la FIG. 8B, necesita disponerse una pluralidad de unidades de sonda en dos filas para realizar la detección del defecto en un área equivalente a la cubierta por la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20 en la segunda realización.

Por lo tanto, la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20 de acuerdo con la realización puede realizar la detección de defectos en un área requerida con un número más pequeño de unidades de sonda en comparación con la Patente Japonesa N.º 3343860, y puede dar una resolución más alta en el resultado de detección de defectos en comparación con ella en términos de un área de detección idéntica.

[Segundo ejemplo]

A continuación, un segundo ejemplo se refiere a una sonda de ensayo por corrientes parásitas 30 que realiza la detección de defectos en la que puede detectarse un defecto superficial.

Los presentes inventores han descubierto que con la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10 de acuerdo con el primer ejemplo, la capacidad de detección del defecto 51 que pasa en una posición de la FIG. 1 puede disminuir cuando el defecto 51 está presente en una posición superficial. Nótese que la posición de la FIG. 1 significa una

parte límite entre la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina excitadora 2b, y una parte límite entre la primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina detectora 1b, en la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10.

5 Por ello, los presentes inventores han realizado estudios y descubierto que la sonda de ensayo por corrientes parásitas 30, en la que, tal como se muestra en la FIG. 9, el par de la primera bobina detectora 1a y la segunda bobina excitadora 2b, y el par de la primera bobina excitadora 2a y la segunda bobina detectora 1b se disponen desplazados entre sí, puede detectar el defecto 51, que es difícil de detectar con la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10. En la sonda de ensayo por corrientes parásitas 30, el primer centro de simetría y el segundo centro de simetría son idénticos entre sí, y la primera línea central de simetría y la segunda línea central de simetría intersectan entre sí en ángulos distintos a un ángulo recto.

10 Debería fijarse una cantidad de desplazamiento dependiendo del elemento que sea el objetivo de la detección del defecto, de un defecto, o similares, pero se establece en 1/2 de la longitud de lados opuestos de la primera bobina detectora 1a y la primera bobina excitadora 2a.

15 Aunque se ha descrito anteriormente una realización de la presente invención, la configuración descrita en la realización puede elegirse o cambiarse a otras configuraciones sin apartarse del alcance de la presente invención, que se define por las reivindicaciones.

20 Por ejemplo, es posible constituir una sonda de ensayo por corrientes parásitas de tipo de bobina múltiple mediante la disposición de las sondas de ensayo por corrientes parásitas 10 descritas en el primer ejemplo en una fila, y para realizar un proceso de detección de defectos usando cada sonda de ensayo por corrientes parásitas 10 en turnos. Adicionalmente, aunque se describen ejemplos en los que se usan bobinas devanadas para las bobinas excitadoras y las bobinas detectoras, la presente invención no está limitada a esto, y puede usarse por lo tanto una bobina formada como una forma de película, por ejemplo.

25 Aún más, el primer ejemplo y la realización muestran ejemplos en los que las bobinas se disponen sobre un único plano, pero la presente invención no está limitada a un plano. Por ejemplo, las bobinas pueden disponerse sobre una única superficie curvada. La FIG. 10 muestra este ejemplo, en el que una sonda de ensayo por corrientes parásitas 40 incluye un par de bobinas detectoras 1 (primera bobina detectora 1a y segunda bobina detectora 1b) y bobinas excitadoras 2 (primera bobina excitadora 2a y segunda bobina excitadora 2b) dispuestas sobre una superficie periférica interior de un contenedor cilíndrico 60. Nótese que una pluralidad de conjuntos de sondas de ensayo por corrientes parásitas 40 mostradas en la FIG. 10 pueden alinearse en la dirección axial. Adicionalmente, tal como se muestra en la FIG. 11, la sonda de ensayo por corrientes parásitas 40 puede configurarse para incluir una pluralidad de pares de las bobinas detectoras 1 (primera bobina detectora 1a y segunda bobina detectora 1b) y las bobinas excitadoras 2 (primera bobina excitadora 2a y segunda bobina excitadora 2b) dispuestas sobre la superficie periférica interior del contenedor 60. Adicionalmente, la sonda de ensayo por corrientes parásitas 40 puede configurarse para incluir una pluralidad de bobinas C que tengan una propiedad electromagnética idéntica y cada bobina C capaz de funcionar tanto en modo bobina detectora como en modo bobina excitadora dispuestas en un patrón de matriz sobre la superficie periférica interior del contenedor 60. Estas sondas de ensayo por corrientes parásitas 40 no solo proporcionan una ventaja similar a la sonda de ensayo por corrientes parásitas 10 descrita en el primer ejemplo y la sonda de ensayo por corrientes parásitas 20 descrita en la realización, sino que también pueden realizar de modo efectivo la detección de defectos para un objeto de ensayo que tenga una forma cilíndrica.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una sonda de ensayo por corrientes parásitas (20) para el ensayo de un objeto de ensayo (50), comprendiendo la sonda de ensayo por corrientes parásitas (20) una pluralidad de unidades de sonda dispuestas en una dirección predeterminada, comprendiendo cada unidad de sonda:
- 10 bobinas excitadoras (2) que incluyen una primera bobina excitadora (2a) y una segunda bobina excitadora (2b) que son idénticas entre sí y dispuestas en simetría puntual, y cada una de las cuales se configura para generar un campo magnético alterno para generar una corriente parásita en dicho objeto de ensayo (50); y
- 15 bobinas detectoras (1) que incluyen una primera bobina detectora (1a) y una segunda bobina detectora (1b) que son idénticas entre sí, dispuestas en simetría puntual, y conectadas de modo diferencial entre sí, en el que las bobinas excitadoras y las bobinas detectoras se disponen sobre una única superficie,
- 20 **caracterizada por que** las bobinas excitadoras y las bobinas detectoras se disponen con una primera línea central de simetría (CL1) de la primera bobina detectora (1a) y la segunda bobina detectora (1b) que intersectan con una segunda línea central de simetría (CL2) de la primera bobina excitadora (2a) y la segunda bobina excitadora (2b) en un ángulo recto, y
- 25 un primer centro de simetría de la primera línea central de simetría (CL1) y un segundo centro de simetría de la segunda línea central de simetría (CL2) son idénticos entre sí, tal como se ve en una vista en planta de la superficie única, comprendiendo la sonda de ensayo por corrientes parásitas (20) un oscilador (3) conectado a las bobinas excitadoras (2a, 2b) de modo que una dirección de la primera corriente parásita (EC1) generada por la primera bobina excitadora (2a) y una dirección de una segunda corriente parásita generada por la segunda bobina excitadora (2b) sean opuestas entre sí, y una dirección de una corriente parásita (EC) obtenida por la combinación de la primera y segunda corrientes parásitas (EC1, EC2) es la misma que una dirección de la primera línea central de simetría (CL1).
- 30 2. La sonda de ensayo por corrientes parásitas de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la primera bobina excitadora (2a) y la segunda bobina excitadora (2b), y la primera bobina detectora (1a) y la segunda bobina detectora (1b) se forma cada una mediante una bobina que tiene una forma de rectángulo en una vista en planta.
- 35 3. La sonda de ensayo por corrientes parásitas de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que la superficie única es una superficie plana.
- 40 4. La sonda de ensayo por corrientes parásitas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que todas de la primera bobina excitadora, la segunda bobina excitadora, la primera bobina detectora y la segunda bobina detectora se forman mediante bobinas idénticas.
- 45 5. Un método de ensayo por corrientes parásitas para la realización de detección de defectos de un objeto de ensayo (50) mediante el uso de la sonda de ensayo por corrientes parásitas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que se realiza un proceso de detección de defectos en un orden en el que se dispone la pluralidad de unidades de sonda, incluyendo el proceso de detección de defectos:
- 50 una etapa de generación de las corrientes parásitas proporcionando corrientes de CA a la primera bobina excitadora (2a) y a la segunda bobina excitadora (2b) para generar corrientes parásitas en el objeto de ensayo (50); y
- 55 una etapa de detección para detección de la presencia/ausencia de un defecto en el objeto de ensayo basándose en una diferencia de tensión generada por las corrientes parásitas entre la primera bobina detectora (1a) y la segunda bobina detectora (1b).
- 60 6. El método de ensayo por corrientes parásitas de acuerdo con la reivindicación 5, en el que todas de la primera bobina excitadora, la segunda bobina excitadora, la primera bobina detectora y la segunda bobina detectora se forman mediante bobinas idénticas, cuando se realiza el proceso de detección de defectos con una unidad de sonda siguiente después de realizar el proceso de detección de defectos con una unidad de sonda precedente, la bobina excitadora que se ha hecho funcionar para excitación en el proceso de detección de defectos precedente se hace que funcione para detección en el proceso de detección de defectos siguiente, y la bobina detectora que se ha hecho funcionar para detección en el proceso de detección de defectos precedente se hace que funcione para excitación en el proceso de detección de defectos siguiente.

FIG. 1A

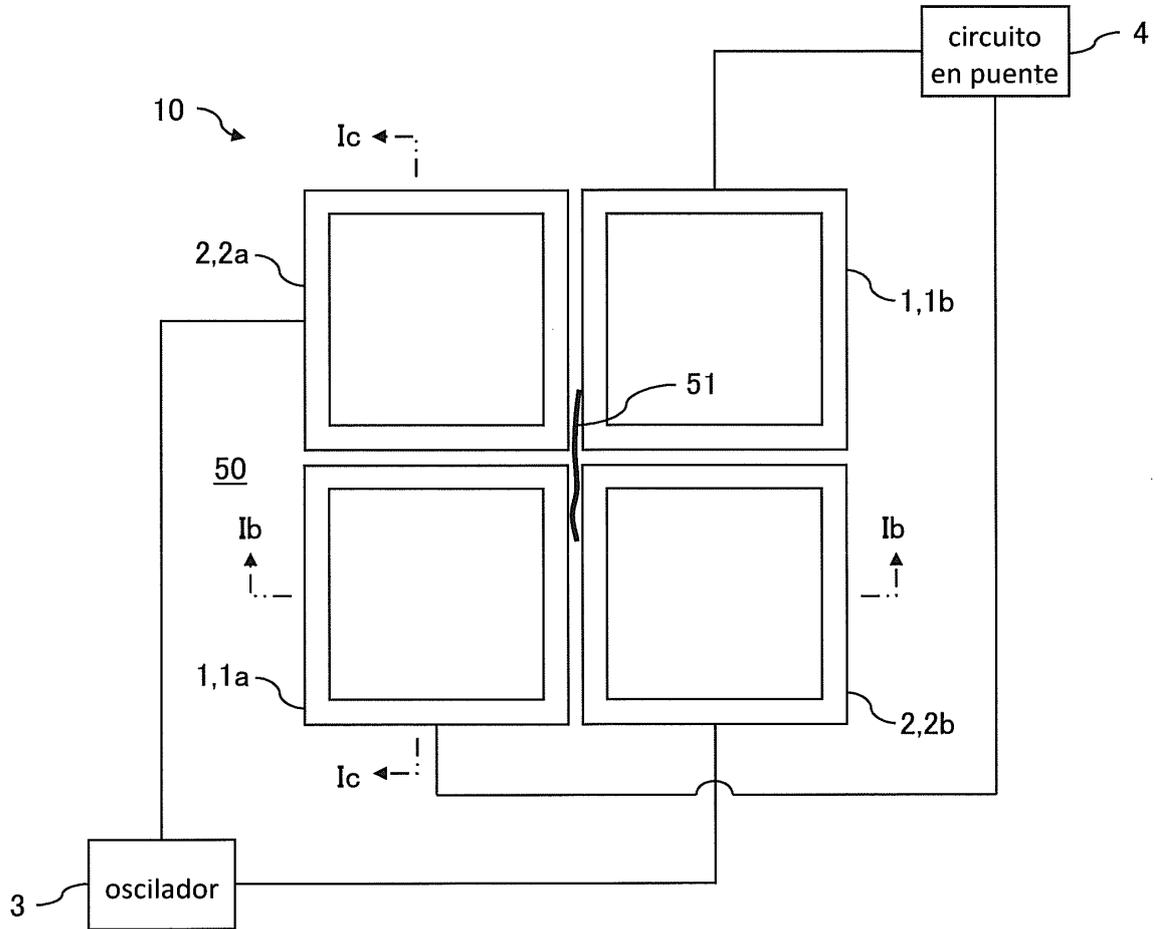


FIG. 1B



FIG. 1C

FIG. 2A

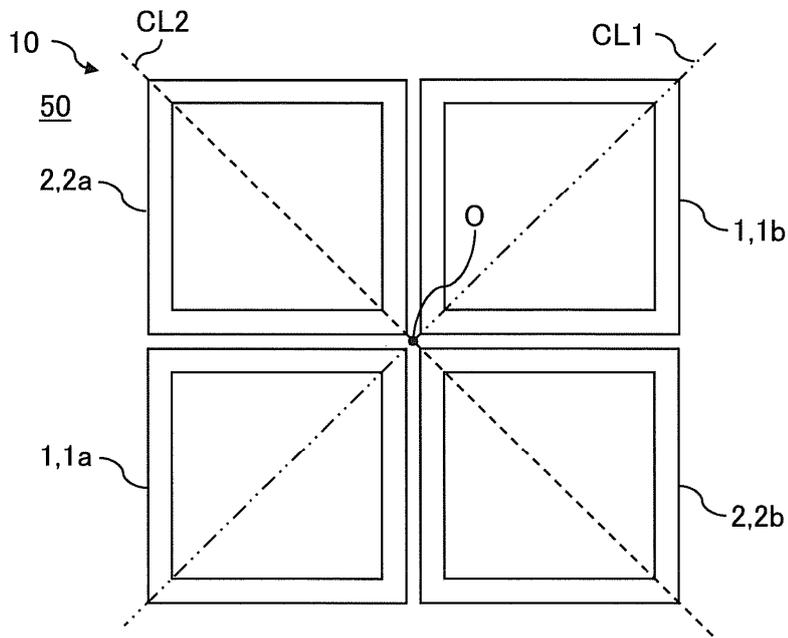


FIG. 2B

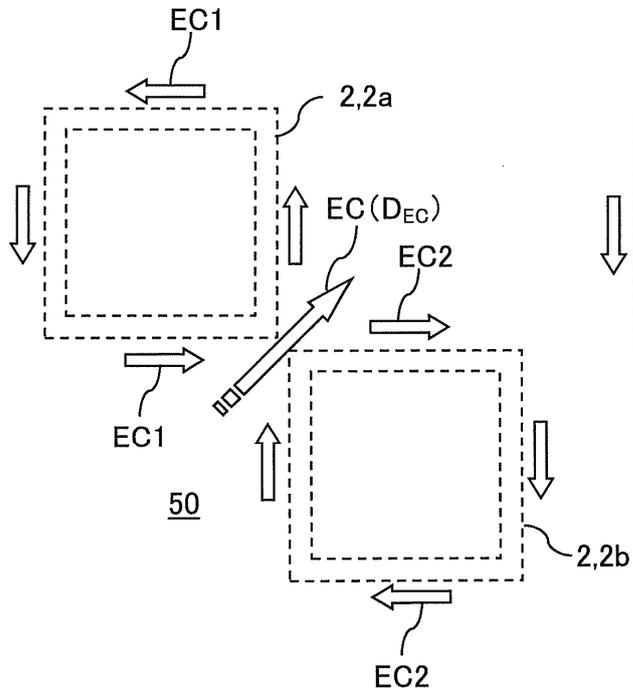


FIG. 2C

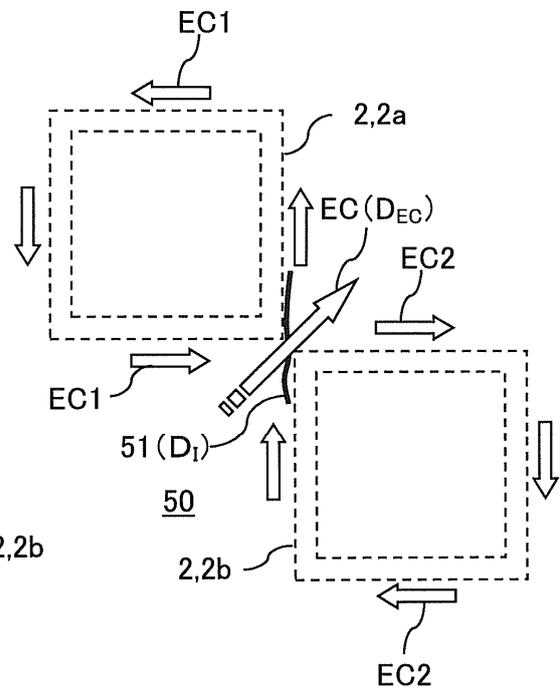


FIG. 3

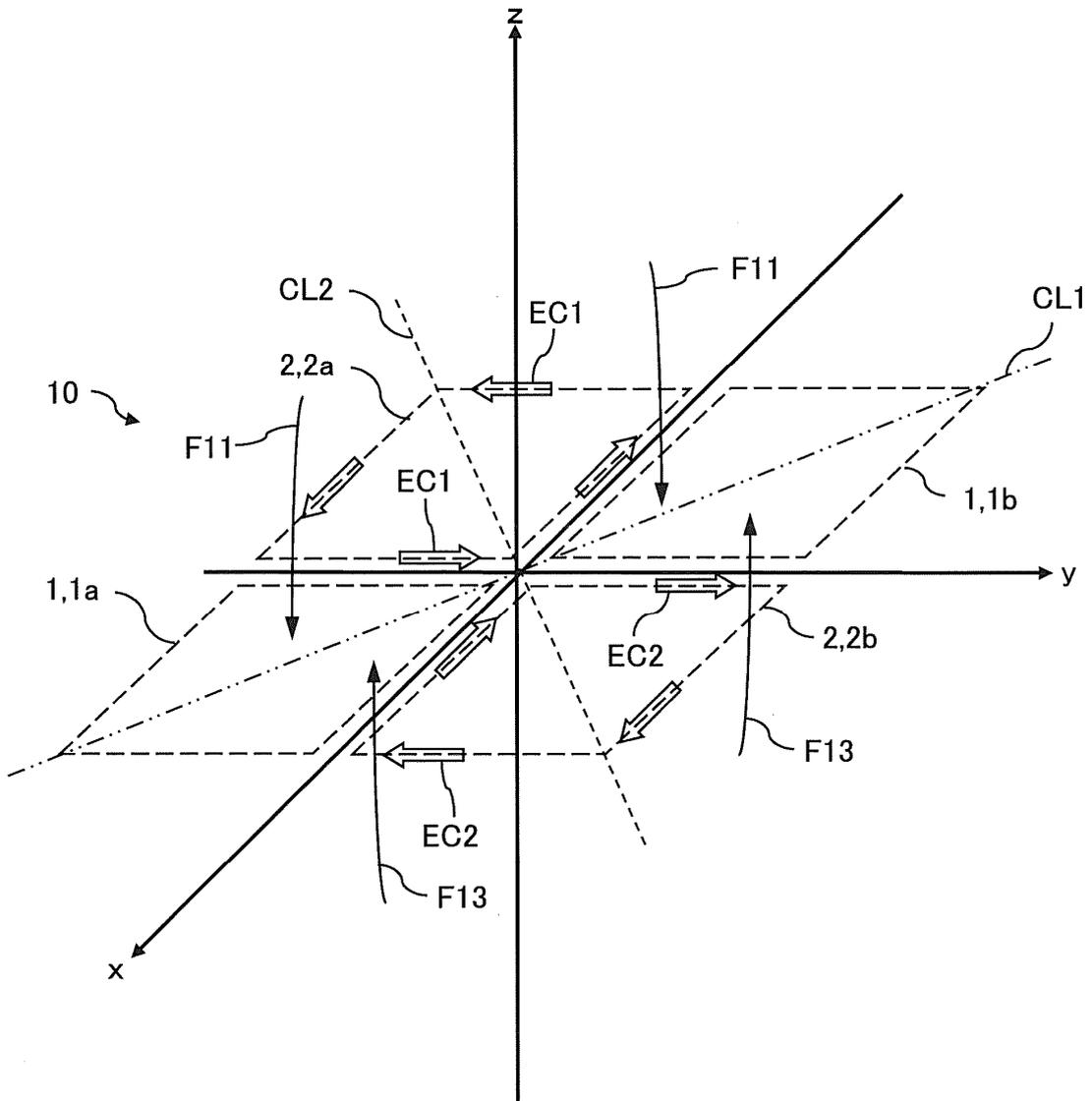


FIG. 4A

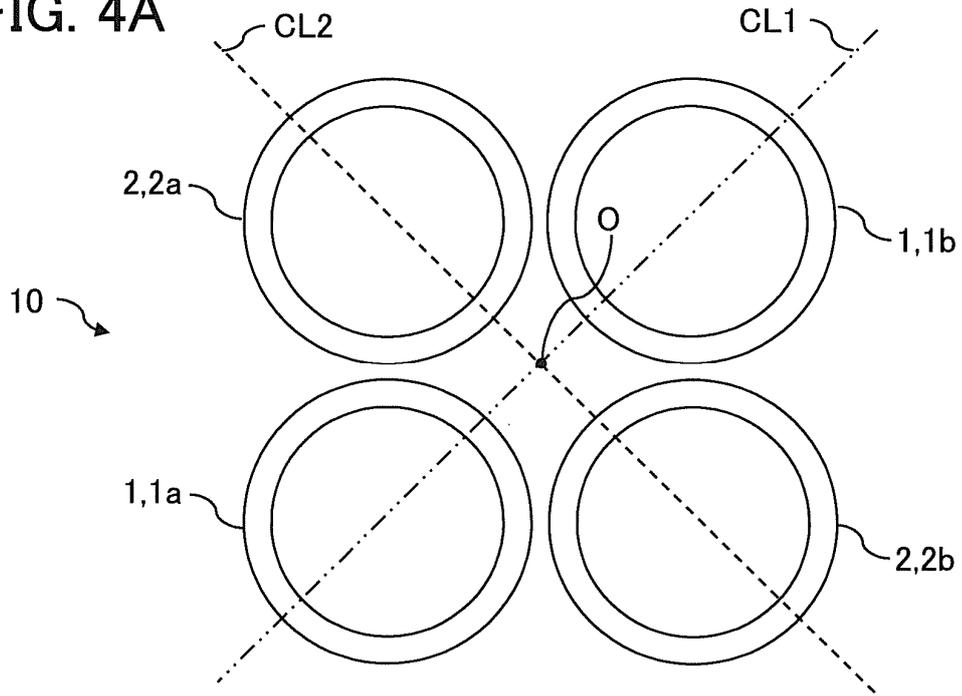
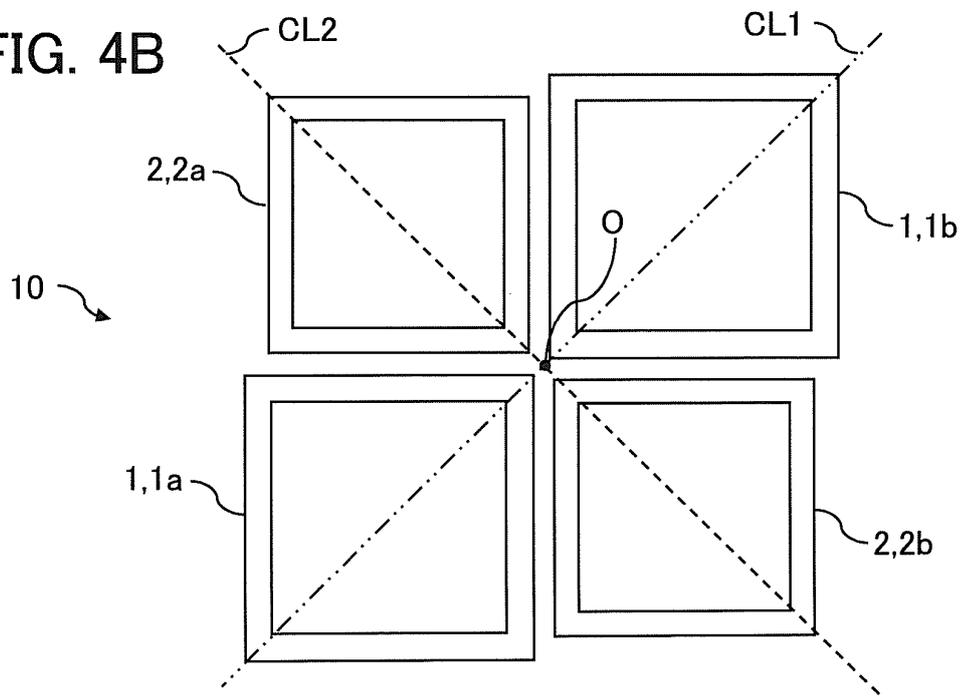


FIG. 4B



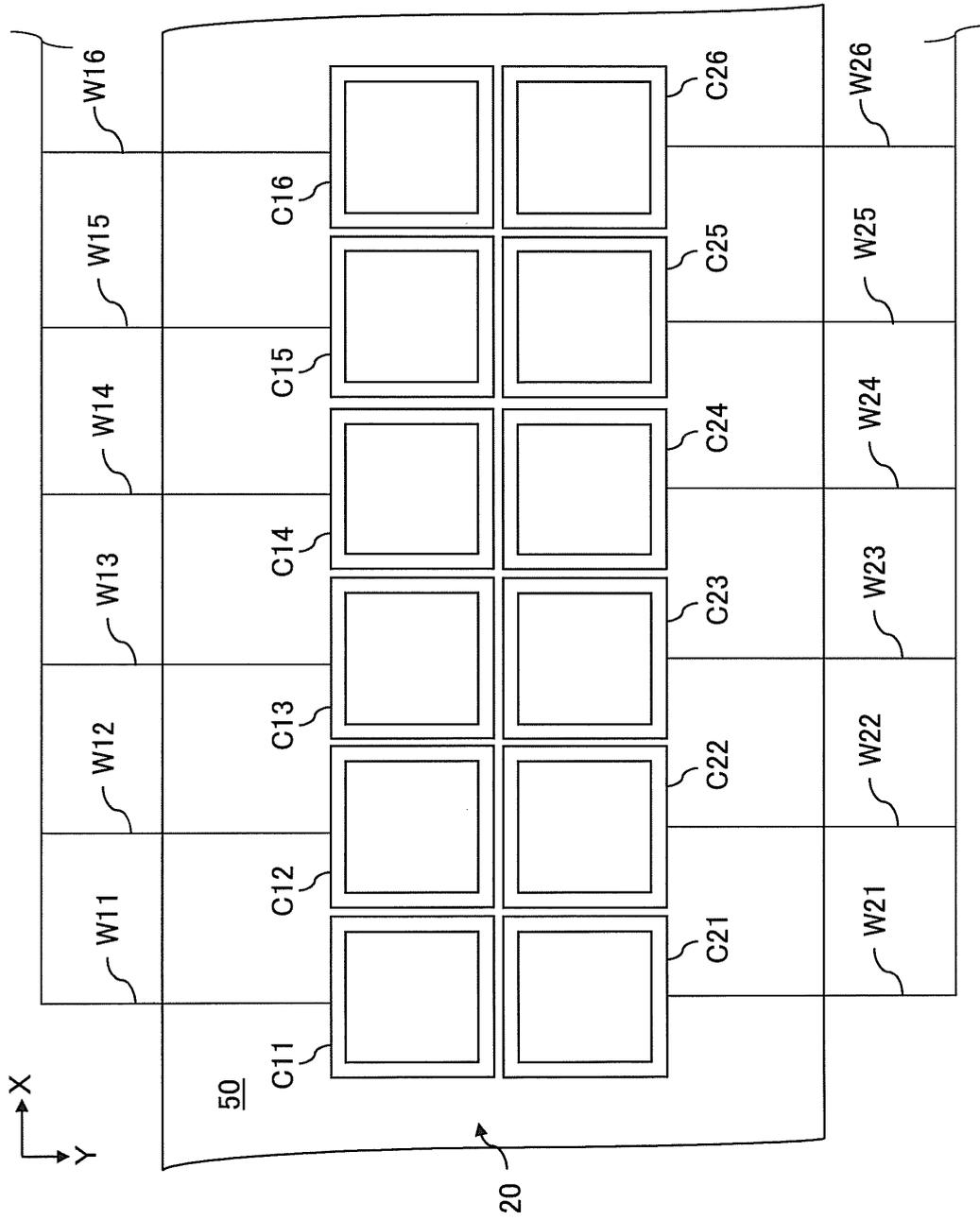


FIG. 5

FIG. 6

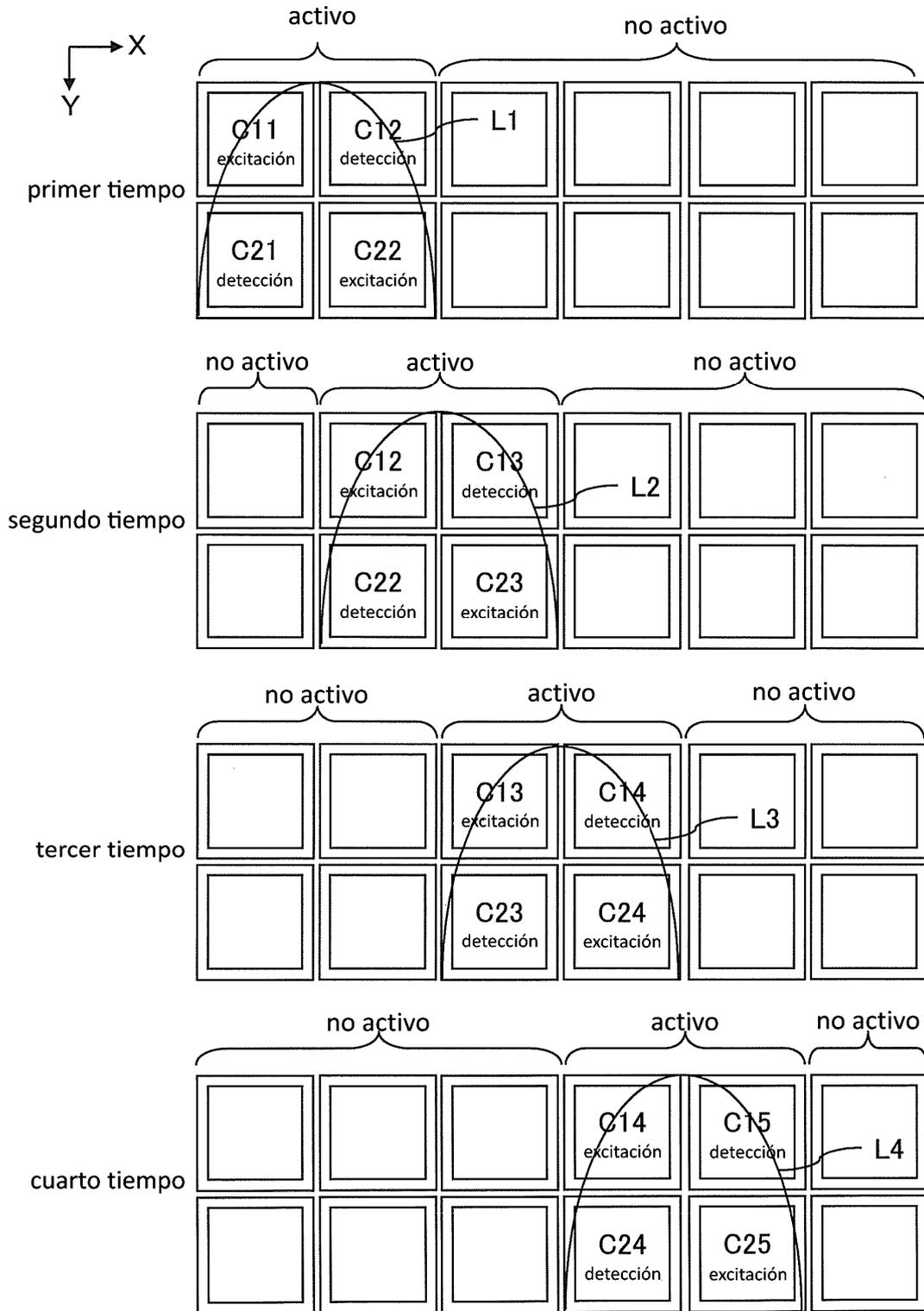


FIG. 7A

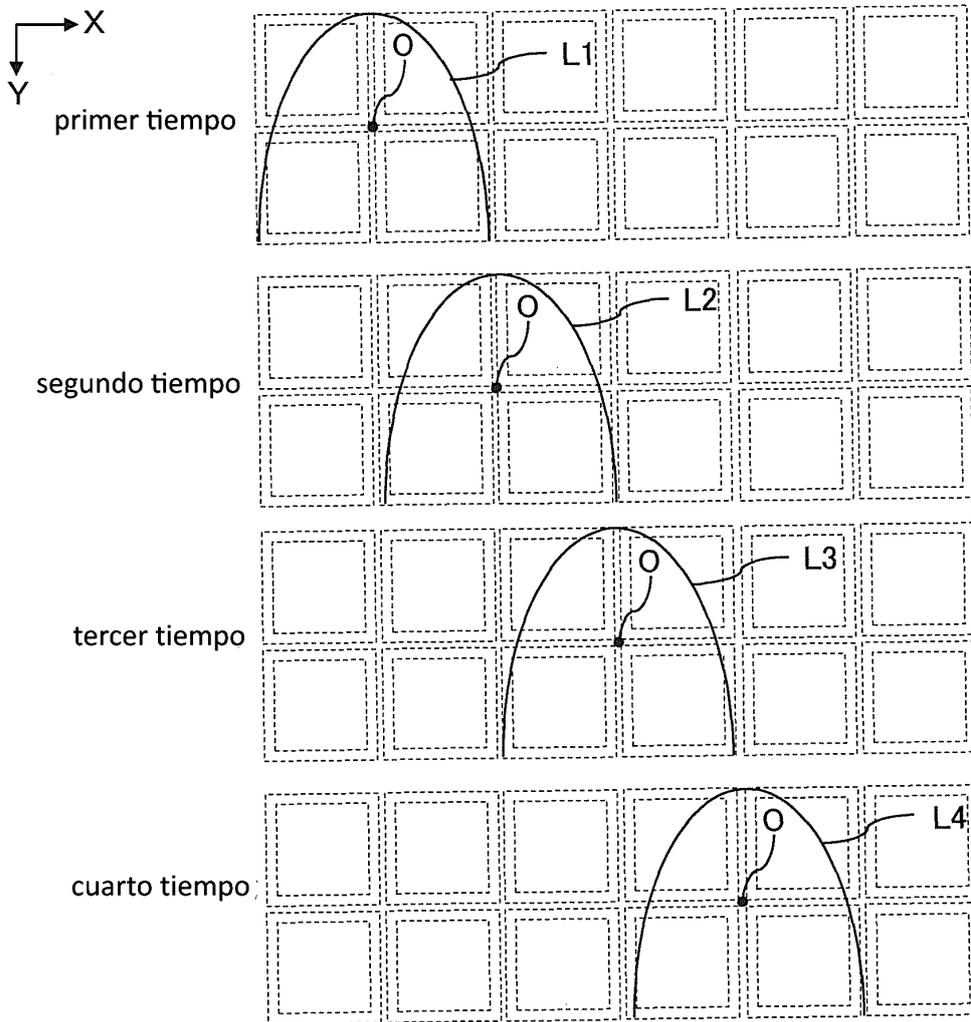


FIG. 7B

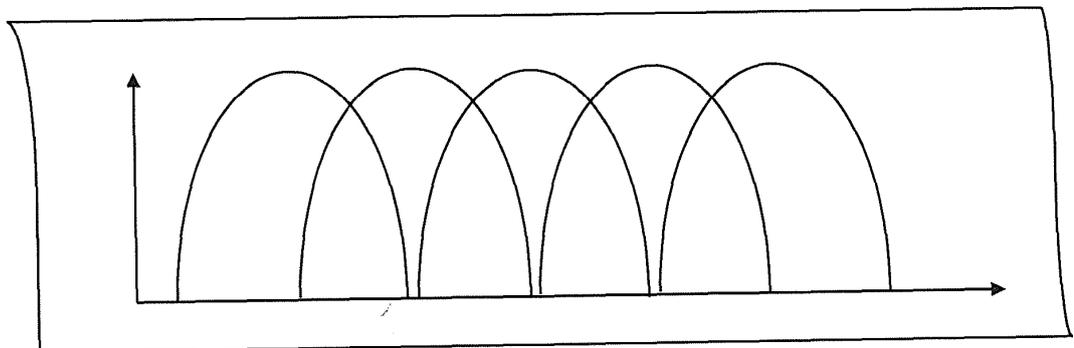


FIG. 8A

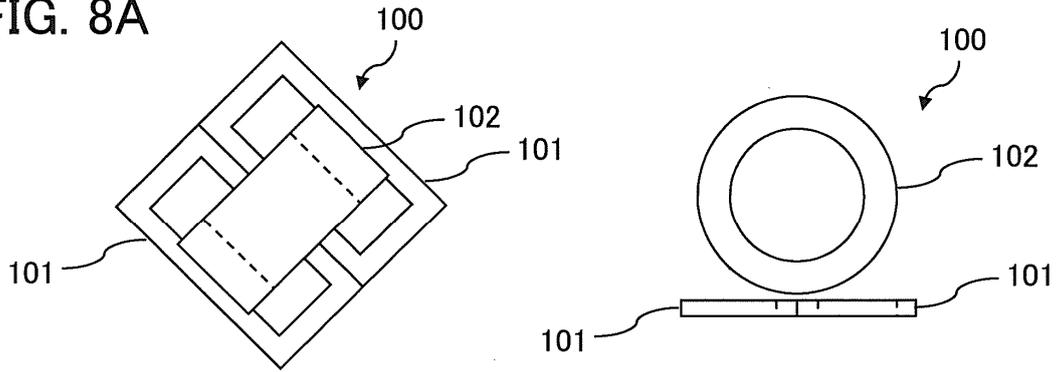


FIG. 8B

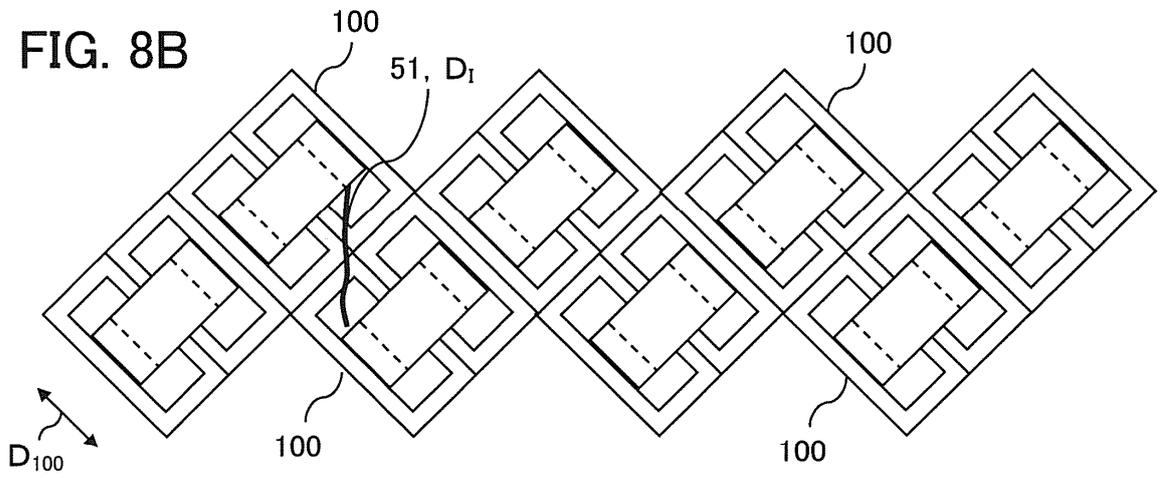


FIG. 8C

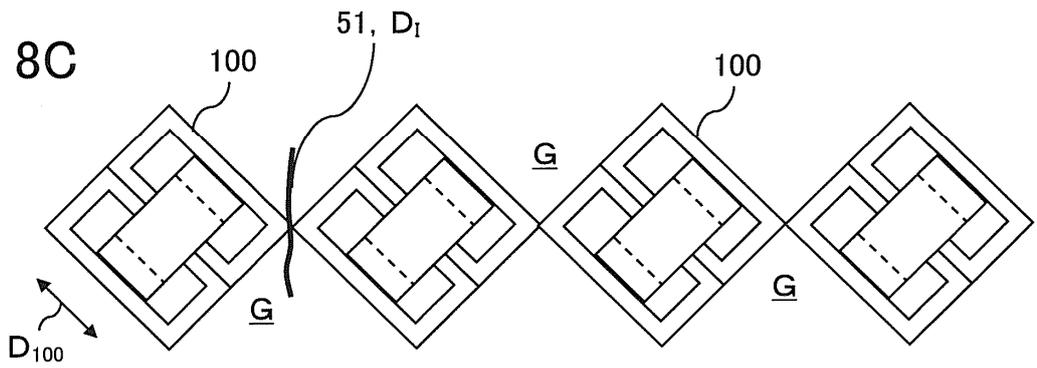


FIG. 9A

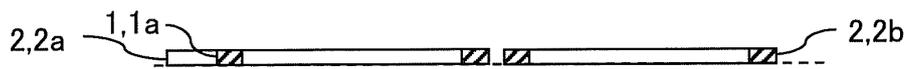
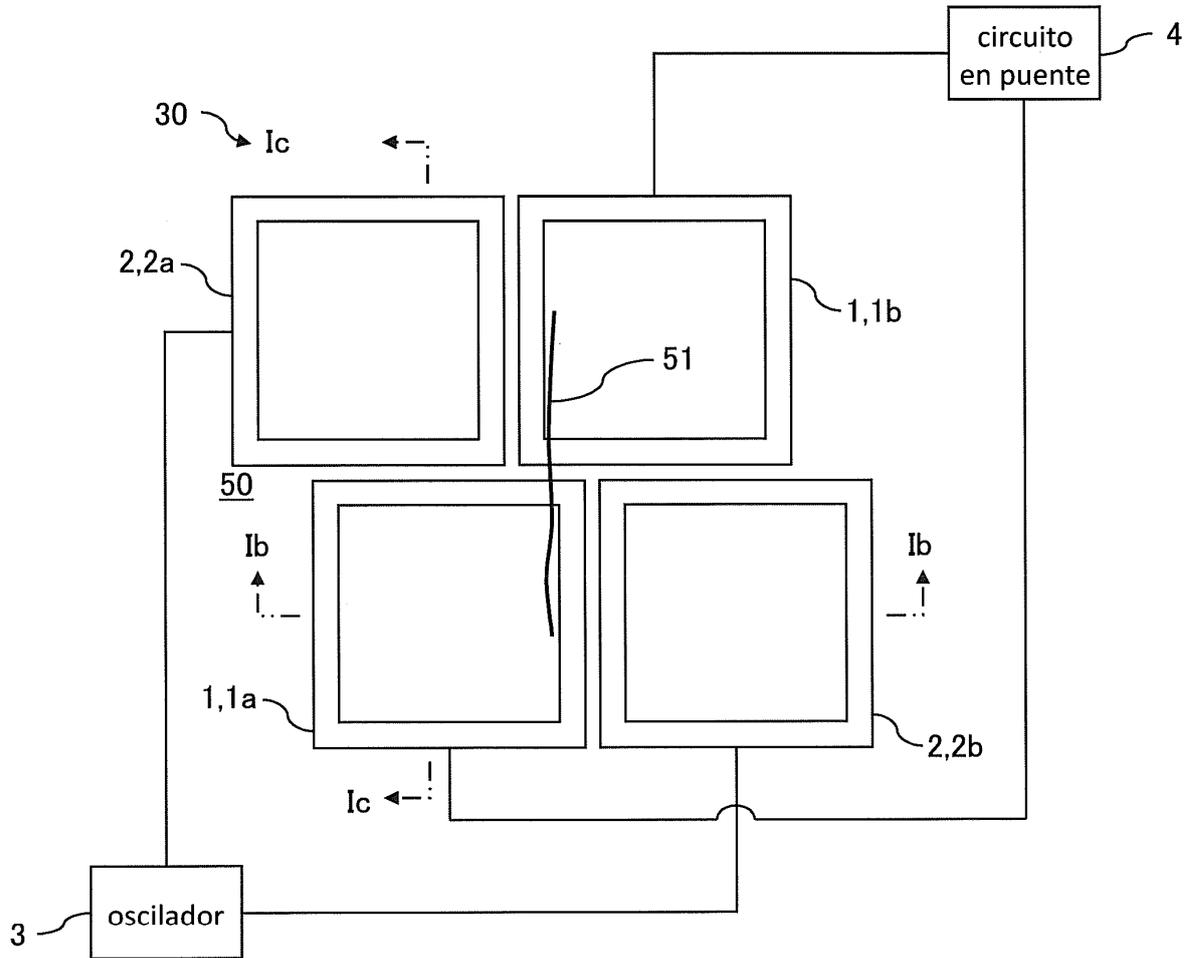


FIG. 9B

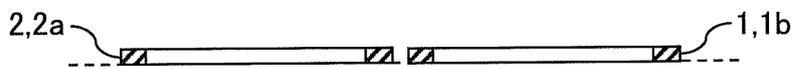


FIG. 9C

FIG. 10

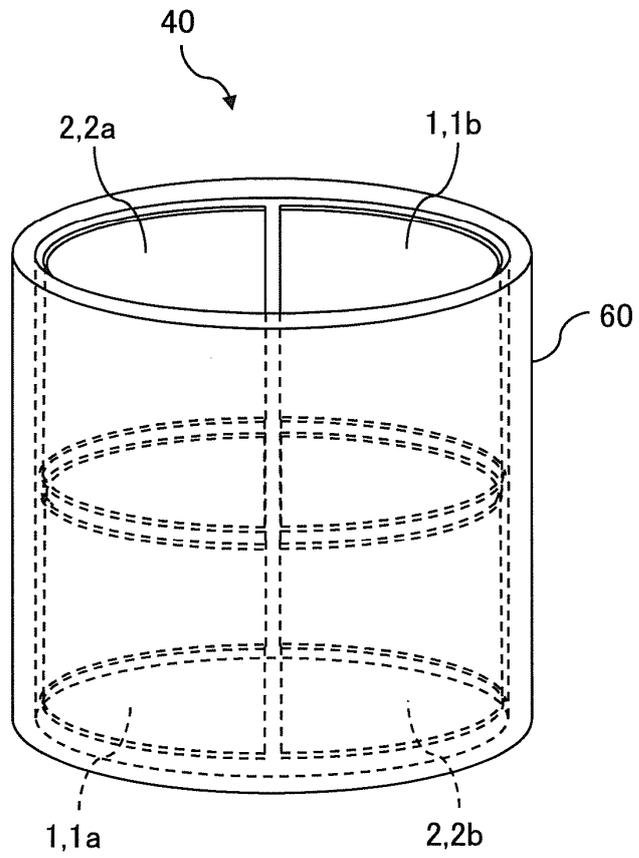


FIG. 11

