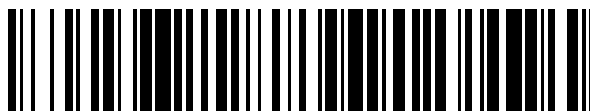


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 501**

51 Int. Cl.:

G01N 27/82 (2006.01)

G01N 27/90 (2006.01)

G21C 17/017 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.07.2010 PCT/EP2010/060935**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.02.2011 WO11012639**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2010 E 10737055 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2460000**

54 Título: **Dispositivo de detección de al menos un defecto de una estructura cóncava o convexa**

30 Prioridad:

30.07.2009 FR 0955341

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.04.2019

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (50.0%)
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc
75015 Paris, FR y
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE
SÛRETÉ NUCLÉAIRE (50.0%)**

72 Inventor/es:

**DECITRE, JEAN-MARC;
CASULA, OLIVIER y
CATTIAUX, GÉRARD**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 708 501 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

Dispositivo de detección de al menos un defecto de una estructura cóncava o convexa

5 Campo técnico

La invención se refiere a un dispositivo de detección de al menos un defecto en una estructura cóncava o convexa, por ejemplo, cilíndrica.

10 Estado de la técnica anterior

El ámbito de la invención es el de la detección de defectos de estructuras cóncavas o convexas. Es particularmente aplicable a la detección de defectos tales como grietas en un tubo, por ejemplo, un tubo de generador de vapor (GV) de una central nuclear. Estos defectos son esencialmente defectos circunferenciales o de orientación transversal que

- en presencia de una variación en el diámetro del tubo (Zona de transición de barrido (ZTD)): los sensores de Corrientes de Foucault son, entonces, eficaces siempre que no haya variación de holgura durante la inspección,
- y/o en presencia de un defecto longitudinal que se superpone al defecto circunferencial deseado.

El ámbito de la invención es, por ejemplo, el del control experto de un tubo de un generador de vapor desde la superficie interna del tubo, más fácilmente accesible en el sitio en presencia de:

- zonas de deformaciones de los tubos (ZTD, ovalización),
- defectos complejos: se llama "defecto complejo" a un defecto compuesto por la superposición (en forma de cruz, de T o de L) de al menos un defecto longitudinal y de al menos un defecto transversal (o transverso) externo (normalmente de una altura del 40 % del espesor del tubo de generador de vapor),
- placas espaciadoras, que sirven para sujetar los tubos.

La figura 1 ilustra esquemáticamente tal problemática de control en un tubo 10 de generador de vapor, con una zona de transición de tubos 11, y un defecto complejo 12.

Ya existen sondas comerciales que permiten el control de los tubos de un generador de vapor en el sitio. Pueden ser de tipo monoelemento o multielemento. Estas sondas, sin embargo, no resultan muy efectivas para la detección del componente transversal de un defecto complejo, en la medida en que la respuesta del componente longitudinal a menudo es preponderante y luego oculta la firma completa del defecto complejo. Ahora bien, la detección de todos los defectos transversales es un reto importante en la medida en que este tipo de defecto puede conducir a una rotura del tubo (efecto guillotina). Además, en el paso de una zona de transición de barrido y, aunque la sonda puede estar dispuesta en un sistema de resorte que la presiona en la superficie interna del tubo, puede haber una aparición de una señal parásita.

El documento al que se hace referencia [1] al final de la descripción describe un aparato y un procedimiento para la medición no destructiva de un material a probar mediante el uso de sensores que aplican campos electromagnéticos a este material y detectan variaciones en los campos electromagnéticos debidos a la proximidad y las propiedades de este material.

El objeto de la invención es un dispositivo de detección de al menos un defecto de una estructura cóncava o convexa que permite superar estos inconvenientes, por un lado, utilizando, durante la emisión, un manto de corriente orientado a inducir en el tubo corrientes paralelas a los defectos longitudinales y, por otra parte, utilizando, durante la recepción, soportes flexibles sobre los cuales se graban o agregan los receptores.

Descripción de la invención

La invención se refiere a un dispositivo para detectar al menos un defecto en un tubo que comprende una parte emisora y una parte receptora, caracterizado por que la parte emisora comprende dos capas de corriente de varias hebras conductoras idénticas paralelas entre sí y los hilos de retorno de alimentación, estando cada capa de corriente grabada en un soporte flexible de kapton, una en $+\theta^\circ$ y la otra en $-\theta^\circ$ con respecto a un plano, por que comprende una pieza magnética dispuesta entre las capas de corriente y los hilos de retorno de alimentación, y por que la parte receptora comprende al menos un receptor de campo magnético, agregado o grabado en un soporte flexible de kapton.

Los receptores pueden ser devanados, receptores magnéticos (GMR, AMR, GMI, Fluxgate, TMR, efecto Hall,...) o una combinación de diferentes tipos de tales receptores. La orientación de los receptores puede ser variable. En particular, el eje de sensibilidad de los receptores magnéticos puede orientarse con respecto al tubo.

Ventajosamente, como se ilustra en la figura 11, la película flexible de la parte receptora consta de hendiduras

que permiten adaptarse a las variaciones de diámetro del tubo (R2), ventajosamente, con los agujeros 16 situados en los extremos de las hendiduras 15 para evitar que el soporte flexible gire, y está dispuesto en una espuma o un dispositivo de resorte que permite presionar el soporte flexible 17 sobre la superficie interna de la estructura a controlar, con devanados 18 y conectores 19.

5 Según un modo de realización particular, $\theta=10^\circ$.

10 En un modo de realización, el dispositivo 1 de la invención comprende una capa de corriente orientada según el eje de los defectos cuya influencia se desea minimizar (defectos longitudinales pasantes, en el caso de un tubo de generador de vapor) y maximizar el efecto de los otros defectos (defectos transversales en el caso de un generador de vapor).

15 En un modo de realización, la parte emisora comprende dos capas de corriente dispuestas en $+ \theta$ o $- \theta$ con respecto al eje de los defectos cuya influencia se desea minimizar. De este modo, las corrientes inducidas en la estructura pueden estar orientadas según un ángulo de $+ \theta$ o $- \theta$, por ejemplo, 10° , jugando con la amplitud de las tensiones de alimentación de las dos capas, lo que permite usar la misma sonda si los defectos cuya influencia se desea minimizar no están orientados rigurosamente según el mismo eje.

20 Ventajosamente cada capa de corriente de la parte emisora comprende un conjunto de hebras conductoras idénticas, paralelas entre sí, conectadas en serie o en paralelo, alimentando un amplificador a cada capa de una corriente sinusoidal. Una resistencia puede estar asociada en serie con cada hebra.

Ventajosamente, los receptores de la parte receptora están asociados con amplificadores de bajo ruido.

25 Una pieza de material magnético, rígido o flexible (tal como una cinta magnética) puede disponerse entre la parte emisora y los hilos de retorno.

Ventajosamente, la parte receptora comprende receptores dispuestos en al menos dos columnas escalonadas.

30 La tecnología de devanados grabadas sobre soporte flexible, por ejemplo, de kapton, permite que la sonda se case lo mejor posible con la superficie de la estructura a controlar garantizando una buena detección de los defectos gracias a la minimización de la holgura. La sonda flexible realizada de este modo permite mejorar la detección de defectos y la caracterización de este tipo de configuración, en condiciones delicadas, tales como una variación del radio de curvatura de la superficie a controlar.

35 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra esquemáticamente la problemática de control en un tubo de generador de vapor.

Las figuras 2 y 3 ilustran otros dos modos de realización del dispositivo de la invención.

40 Las figuras 4A y 4B representan la desviación de las corrientes inducidas para un defecto transversal externo, respectivamente, en una vista superior y en una vista lateral.

Las figuras 5A y 5B representan la desviación de las corrientes inducidas para un defecto longitudinal pasante externo, respectivamente, en una vista superior y en una vista lateral.

45 Las figuras 6A y 6B, y 7A y 7B ilustran los esquemas de las configuraciones básicas en función de la frecuencia, respectivamente, para un defecto externo del 40 % y para un defecto externo del 100 %.

Las figuras 8A, 8B y 8C representan curvas que ilustran las configuraciones básicas en función de la frecuencia para, respectivamente: un máximo de la amplitud de la respuesta a un defecto transversal 40 % función (frecuencia), un máximo de la amplitud de la respuesta a un defecto longitudinal pasante, y la relación de las dos cantidades anteriores para el defecto transversal y defecto longitudinal en función de la frecuencia.

50 Las figuras 9A y 9B representan una configuración del dispositivo según la invención en su lugar sobre la estructura a controlar.

Las figuras 10A, 10B y 10C, ilustran una configuración del dispositivo según la invención en su lugar en la estructura a controlar con la introducción de una cinta magnética (figuras 10A, 10B) y una curva experimental que corresponde a la detección de un defecto de 10 mm de longitud con y sin cinta magnética.

55 La figura 11 representa la parte receptora provista de hendiduras.

Las figuras 12A y 12B ilustran una variación de la desorientación de un defecto longitudinal a 100 KHz.

La figura 13 ilustra el esquema de dos capas desorientadas de $+ \theta$ y $- \theta$.

La figura 14 ilustra un esquema de la colocación en serie y/o en paralelo de ciertas hebras de una capa de corriente o un conjunto de hebras.

60 Las figuras 15A y 15B ilustran la influencia de la holgura de aire de un receptor.

Las figuras 16A y 16B, y 16C y 16D ilustran la determinación del espaciamiento mínimo entre receptores respectivamente para una respuesta a un defecto transversal del 40 % y para un defecto longitudinal del 100 %.

Las figuras 17A, 17B y 17C ilustran una cartografía obtenida teniendo en cuenta el paso entre los receptores, con 16 receptores, ilustrados por la figura 17A, para un defecto transversal del 40 % (figura 17B) y para un defecto longitudinal del 100 % (figura 17C).

La figura 18 ilustra un esquema de ejemplo de realización del dispositivo de la invención.

La figura 19 ilustra las características dimensionales de un ejemplo de realización de medios tubos referencia.

Las figuras 20A, 20B, 20C y 20D ilustran esquemas de medios tubos de referencia.

La figura 21 ilustra un esquema de una configuración de control en un medio tubo de referencia.

Las figuras 22A y 22B ilustran cartografías obtenidas respectivamente con un defecto longitudinal y con un defecto transversal a 240 KHz.

La figura 23 ilustra una configuración de medición.

Las figuras 24A y 24B ilustran la comparación de datos experimentales (figura 24A) y datos simulados (figura 24B) para un defecto transversal del 40 % a 240 kHz.

La figura 25 ilustra una configuración de las hebras de ida y vuelta de una capa en la periferia de un cilindro.

Descripción detallada de modos de realización particulares

El dispositivo de la invención, en un primer modo de realización ilustrado en la figura 2, permite inducir corrientes de Foucault en un tubo. Comprende una parte emisora que consta de al menos una capa de corriente 20 constituida por un conjunto de hebras 32 conductoras idénticas, paralelas entre sí, conectadas en serie o en paralelo, creando debajo de la capa 20 un campo magnético emitido casi de manera uniforme en amplitud y orientación. Un amplificador 24 alimenta la capa 20 con una corriente sinusoidal. La parte receptora comprende devanados 28, por ejemplo, grabados en una película de kapton. Cada uno de estos puede asociarse con un amplificador de bajo ruido 29. La capa de corriente 20, cuando está orientada según el eje de un tubo, permite inducir en este tubo corrientes paralelas a los defectos longitudinales.

El dispositivo de la invención, en un modo de realización ilustrado en la figura 3, comprende una parte emisora que consta de dos capas de corriente 20 y 21 de varias hebras 22, 23 utilizadas, cada una, con un amplificador 24 y 25. Estas capas de corriente 20 y 21 están dispuestas en + y - 10° con respecto al plano horizontal, esto permite ajustar la orientación de la capa resultante jugando con las amplitudes de las señales de alimentación de las mismas frecuencias. En la realización, las dos capas están grabadas cada una en un soporte de kapton flexible. Debido a que su diámetro en el seno de la sonda es fijo, es posible bobinarlos en un núcleo rígido. Pero las resistencias de las hebras, durante la realización del circuito impreso, pueden diferir entre sí, lo que conlleva a una falta de homogeneidad del campo emitido. La inserción de una resistencia 26, 27 en cada hebra 22 o 23 contribuye a homogeneizar la corriente en las diferentes hebras, siendo la corriente entonces esencialmente fijada por la resistencia. La parte receptora comprende devanados 28 dispuestos en dos columnas escalonadas con el fin de aumentar la resolución espacial del dispositivo de la invención. Cada receptor 28 posee un amplificador de bajo ruido 29. La referencia 30 ilustra defectos complejos.

Como primer paso, se considera el primer modo de realización del dispositivo de la invención. Las figuras 4A y 4B representan esquemáticamente la trayectoria, respectivamente en una vista desde arriba y una vista lateral, de las corrientes inducidas en presencia de los dos componentes de un defecto transversal 40 % externo tomado por separado. En estas figuras se representa un tubo 31, la capa 20, un defecto 32, y las corrientes inducidas 33. Las figuras 5A y 5B son vistas similares para un defecto longitudinal pasante 35. En comparación con la respuesta del defecto transversal 40 % externo, el hecho de que el defecto longitudinal sea pasante, que deberá dar intuitivamente un campo magnético radiado fuerte, se compensa por el hecho de que la desviación de las corrientes inducidas por este defecto es muy pequeña.

Los resultados experimentales muestran la ventaja del primer modo de realización del dispositivo de la invención para la detección de un defecto transversal en presencia de un defecto longitudinal. La parte receptora comprende microbobinas. La capa de la parte emisora y las microbobinas de la parte receptora están grabadas en películas de kapton con el fin de beneficiarse de la flexibilidad de este soporte flexible.

Optimización de los parámetros del dispositivo de la invención

Las figuras 6A y 6B, 7A y 7B dan una configuración básica usada para un conjunto de simulaciones respectivamente para un defecto transversal de altura 40 % con respecto al espesor del tubo (figuras 6A y 6B), y para un defecto longitudinal pasante, de eje paralelo a la orientación de la capa (figuras 7A y 7B). En estas figuras se representa un tubo 40, el eje 41 de este tubo, una bobina receptora 43 y una capa de corriente 44, y un defecto 45.

En el presente documento, se utiliza una frecuencia de trabajo superior o igual a 100 KHz. Las frecuencias de 240 KHz o 600 KHz pueden ser utilizadas de este modo. A estas frecuencias, la contribución transversal del defecto complejo es más favorable que en el caso del uso de una sonda convencional en modo de funciones separadas y cuanto más favorable es, la frecuencia más baja es (ver figuras 8A, 8B y 8C).

1. Parte emisora

Las figuras 9A y 9B representan una configuración del dispositivo en su lugar sobre la estructura a controlar: la parte emisora está constituida por una capa 55 de diámetro fijo en el perímetro interior del tubo 56 (se observa la ausencia de efecto de borde de la capa en esta disposición), transitando los hilos de retorno 57 de alimentación que por el centro del tubo. (Se hace referencia a la parte receptora 52).

Dado que circula necesariamente tanta corriente en la capa 55 como en los hilos de retorno de alimentación 57, estos hilos 57 corren el riesgo de generar un campo magnético que se opondrá al campo creado por la propia capa 55. Si se inserta entre la parte emisora (capas 60 y 61) y los hilos de retorno 57 una pieza de material magnético rígido o flexible 62 (por ejemplo, de material nanocristalino) y, por ejemplo, se coloca lo más cercano a la parte emisora, como se ilustra en las figuras 10A y 10B, la cinta 62 anula los efectos de alimentación y amplifica el campo magnético emitido por la capa 55. La figura 10C presenta dos curvas experimentales que corresponden a la detección de un defecto de 10 mm de longitud, por un lado, en ausencia de una pieza magnética entre la capa y el retorno de los conductores de la capa (curva a) y, por otro lado, en presencia de una cinta magnética hecha de material nanocristalino dispuesto sobre la lámina capa (curva b). Se constata que la firma del defecto se amplifica por la presencia de la pieza magnética, debido al aumento del campo magnético irradiado por la capa. Esta cinta 62 es, por lo tanto, muy beneficiosa.

La parte emisora comprende un inductor de tipo capa de corriente que permite minimizar la respuesta de los defectos longitudinales cuando la dirección de la capa es paralela a la del defecto (ver figuras 12A y 12B). Unos pocos grados de desorientación del defecto longitudinal causan un aumento significativo en la amplitud de la firma debido a la contribución longitudinal del defecto complejo. La respuesta al defecto longitudinal se vuelve mucho mayor que la debida al defecto transversal, lo que es muy desfavorable para el dispositivo de la invención. Por lo tanto, es interesante poder ajustar la orientación de la capa.

Dos capas emisoras 70, 71 se consideran así dispuestas una encima de la otra y desorientadas por $+10^\circ$ y -10° con respecto al eje del tubo 72 como se ilustra en la figura 13, (en el caso donde se estima que en la práctica una muesca llamada longitudinal cuyo efecto se desea minimizar puede crearse con una orientación extrema comprendida entre -10° y $+10^\circ$ con respecto al eje del tubo), lo que corresponde al segundo modo de realización ilustrado en la figura 3. Entonces es posible orientar las corrientes de Foucault en el tubo como se desee, jugando con las tensiones de alimentación de cada una de las capas 70 y 71 con el fin de reducir la influencia del defecto longitudinal en la detección del defecto transversal. Una configuración con dos capas orientadas a 90° entre sí también es posible y permite orientar las corrientes en todas las direcciones. (R4) Con el fin de garantizar una buena homogeneización de la corriente, cada una de las dos capas 70 y 71 identificadas en la figura 13 está constituida, por ejemplo, por 16 hebras elementales 72, identificadas en la figura 14, en serie con una resistencia 73 de unos pocos ohmios cuya función es fijar una corriente sustancialmente idéntica en cada una de las hebras. Con objeto de tener una impedancia bien adaptada a la fuente de alimentación, ciertas hebras están asociadas en paralelo, otras en serie, de acuerdo con el esquema de la figura 14, con un circuito 74 por el eje del tubo. La corriente de alimentación 75, del orden de 100 mA, se entrega mediante dos tampones situados en el cuerpo del dispositivo de la invención.

La capa también puede tomar otras configuraciones con hebras de ida en una porción periférica del cilindro y el mismo número de hebras de retorno dispuestas en otra parte en la periferia, por ejemplo, en una porción diametralmente opuesta, como se muestra en la figura 25 para dos hebras de ida y dos hebras de vuelta, todas dispuestas en serie. En ese caso, solo se pueden utilizar las zonas debajo de las capas. Como los receptores no pueden cubrir el conjunto del perímetro, esta configuración se puede utilizar en el caso de la realización de una sonda giratoria que dispone de algunos receptores.

2. Parte receptora

La influencia de la holgura de aire entre el receptor y la pieza (tubo) en la respuesta a los defectos se ilustra en las figuras 15A y 15B, estando entonces la holgura de la capa fijada en 3 mm. La respuesta de los receptores es muy sensible a esta holgura, a diferencia de la de los emisores, muy insensible a la holgura entre la parte emisora y la pieza. El receptor 52 debe estar lo más cerca posible de la superficie del tubo y, especialmente, la holgura debe ser constante durante el desplazamiento del dispositivo de la invención con el fin de que la señal de variación de holgura no altere la señal debido a los defectos.

Para controlar la superficie completa de la estructura en un número limitado de pasos, el dispositivo de la invención puede comprender un número limitado o importante de receptores y la sonda se desplaza a la superficie de la pieza. En el caso del control de un tubo, un número suficiente de receptores se distribuye en toda la circunferencia de la sonda y esta última se desplaza según el eje del tubo, o bien se utilizan unos pocos receptores (ventajosamente de diferentes tipos u orientaciones) y la sonda se acciona mediante un movimiento helicoidal con el fin de inspeccionar toda la superficie interna del tubo. En todos los casos, se obtiene una cartografía que tiene una buena resolución espacial que permite efectuar posprocesamientos.

Las simulaciones ilustradas en las figuras 16A y 16B, por una parte, y en las figuras 16C y 16D, por otra parte, representan respectivamente la extracción de una línea de la cartografía de un defecto transversal 40 % externo y la extracción de una línea de la cartografía de un defecto longitudinal 100 % según el eje Y, pasando por el máximo de cada cartografía, estando estas simulaciones realizadas a 100 KHz.

Para detectar defectos complejos en el tubo y, por lo tanto, tener una resolución espacial suficiente incluso para la

firma del defecto longitudinal 100 %, el paso entre dos receptores vecinos es inferior a 1,2 mm (tomado al 80 % de la amplitud máxima). Al proporcionar 64 receptores (2 líneas de 32) distribuidas por el perímetro del tubo, se fija para una sonda de cuarto de tubo un paso de medición de aproximadamente 1 mm.

Por cuestiones de congestión, los devanados receptores 80 están dispuestos en filas escalonadas en dos líneas, como se ilustra en la figura 17A. Una imagen de cartografía simulada con tal espaciado entre los receptores, respectivamente, con un defecto transversal del 40% y un defecto longitudinal del 100% se da en las figuras 17B y 17C en el caso de una sonda prototipo de cuarto de tubo que dispone de 16 receptores.

También es posible utilizar receptores distintos a los devanados, éstos solo permiten medir la componente normal del tubo del campo magnético. Se pueden usar, por ejemplo, los receptores magnéticos (GMR, GMI, AMR, FluxGates, efecto Hall, ...). Estos componentes pueden grabarse o agregarse en una película flexible. También se pueden elegir u orientar para medir el campo magnético debido al defecto según el componente normal, axial o circunferencial con respecto al tubo. Es posible una asociación de diferentes receptores dentro de una misma sonda (en versión giratoria o de multielemento), lo que puede permitir la detección de diferentes defectos. En particular, el uso de GMR cuyo eje sensible está orientado según el eje circunferencial permite la detección de defectos circunferenciales 360° de manera óptima mientras que tal defecto no se detectaría midiendo la componente normal del campo.

3. Balance

Los elementos anteriores dan las principales características geométricas del dispositivo de la invención y definen las especificaciones de las diferentes partes de la sonda ilustradas en la figura 18, en particular:

- los diferentes kapton + cinta magnética + espuma 81: el kapton con los devanados receptores y el kapton con las dos capas en + y - 10°,
- la electrónica 82 incorporada en el dispositivo de la invención: dos tampones de alimentación de las capas y un preamplificador para cada uno de los devanados receptores,
- el cable de conexión 83 que se conecta al aparato de procesamiento de datos,
- comprendiendo el cuerpo de la sonda dos anillos de centrado 84, 85 y un conector capa-receptores 86.

Ejemplo de realización

El medio tubo de Inconel 600, cuyos diámetros son idénticos a los de los tubos de un generador de vapor de 900 MW se realizó para probar el dispositivo de la invención. Consta de una zona de deformación cuyos lados geométricos seleccionados están penalizados (ver las características dimensionales ilustradas en la figura 19). El diámetro interno del medio tubo antes y después de la zona de deformación varía de 19,68 mm a 20,36 mm.

La descripción del medio tubo se da en la figura 20. Se han implantado defectos simples en el medio tubo. Estos defectos se han realizado mediante electroerosión, a saber:

Medio tubo	Especificidades
figura 20B	Tres defectos simples 90, 91, 92: - 100 % longitudinal en la parte actual - 40 % transversal en la parte actual - 40 % transversal en zona de transición de barrido

En este ejemplo de realización, la película de kapton emisor (inductor) se usa con dos capas a + y -10° y dos series de resistencias, una serie por capa. En la película de kapton receptora, se utilizan 16 devanados (caras dobles) y el conector. Las muescas están practicadas en la película de kapton para que puedan adaptarse a las variaciones del diámetro del tubo. La película de kapton receptora está presionada sobre una espuma, lo que permite que la película de kapton receptora se adapte a las deformaciones del tubo.

La parte electrónica comprende amplificadores de bajo ruido para cada uno de los receptores, así como los tampones para alimentar las dos capas. La sonda formada de este modo dispone de anillos de centrado en cada uno de estos extremos para poder mantenerse en el tubo.

Gracias a un tubo de plexiglás, de diámetro idéntico al de un tubo de generador de vapor, que posee una zona de deformación, se verifica visualmente el buen comportamiento mecánico de los devanados receptores de la película de kapton que se abre en la corola en el paso de una zona de deformación.

Las condiciones experimentales implementadas son las siguientes:

- aparato de procesamiento utilizado: Appareil MultiX CF 64 voies M2M,
- inyección: 30 mA por hebra para la capa interior y 25 mA por hebra de la capa exterior,
- frecuencia: 240 kHz,

- ganancia: 50 dB.

Las pruebas se llevan a cabo en la parte actual del medio tubo (como se ilustra en la figura 21), en una muesca transversal 40 % externa de 6 mm de longitud 100 y longitudinal 100 % de 7 mm de longitud 101, con un desplazamiento 102 de la sonda, 103 representando el tubo. Por lo tanto, se verifica que la sonda producida de este modo proporciona señales correctas correspondientes a las esperadas para detecciones de defectos simples (longitudinal y transversal).

Las figuras 22A y 22B presentan la cartografía obtenida a 240 KHz para un control con la sonda en el medio tubo Nº 2. Primero se observa el defecto transversal 40 % 104 en parte plana, después el mismo defecto 105 en zona de deformación, como lo muestra la figura 23. Las firmas de los dos defectos son similares. Por un lado, se puede constatar que las amplitudes máximas son del mismo orden de magnitud, por otro lado, no aparece ninguna señal debido a la zona de deformación, mientras que las características geométricas de la zona de deformación son penalizadoras.

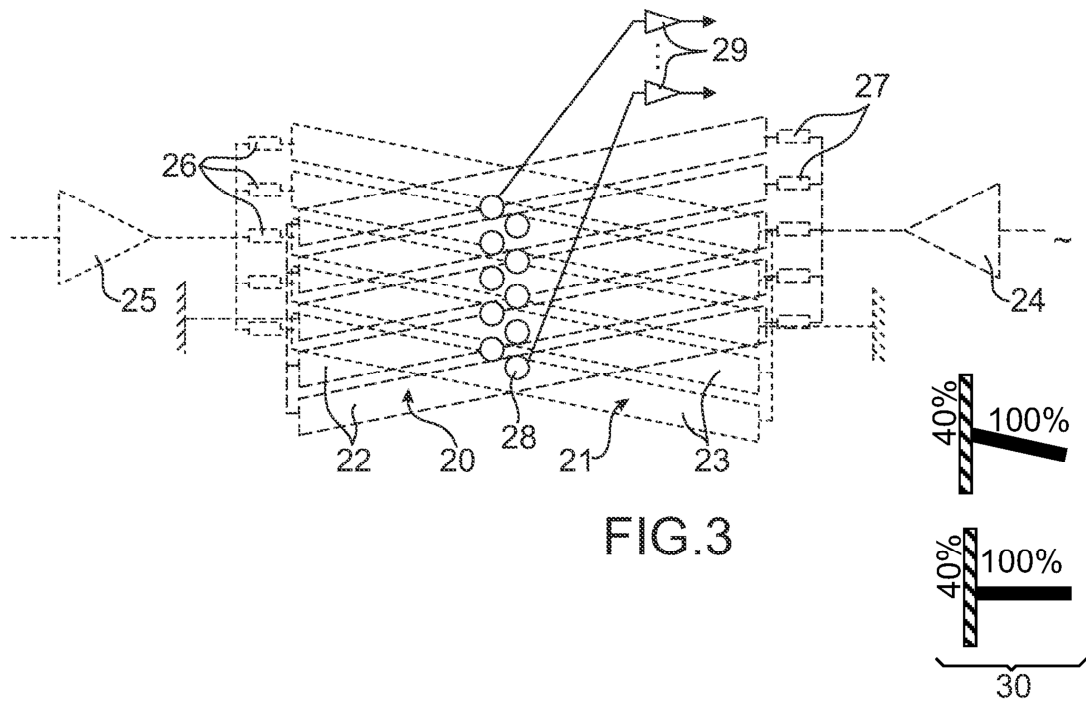
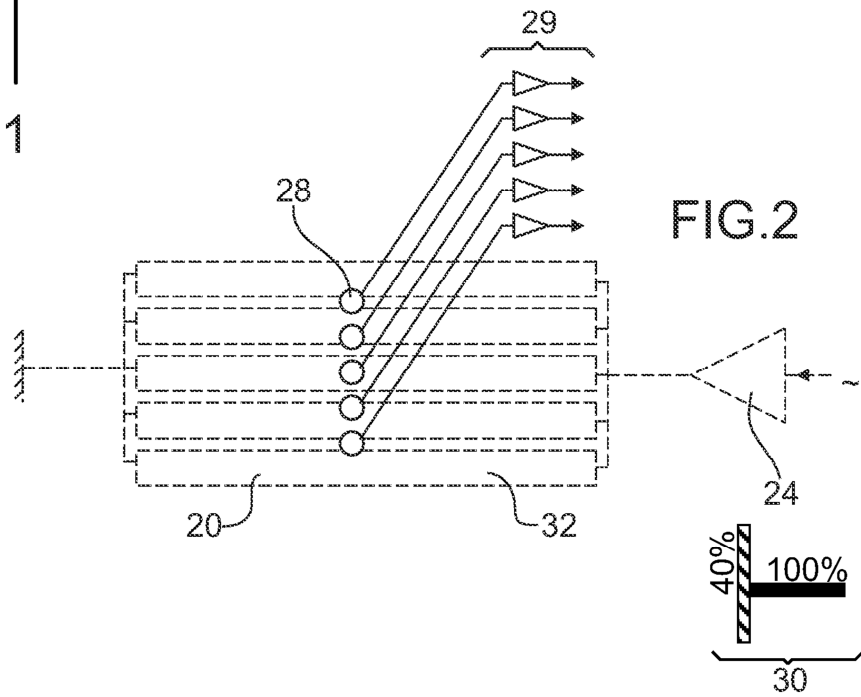
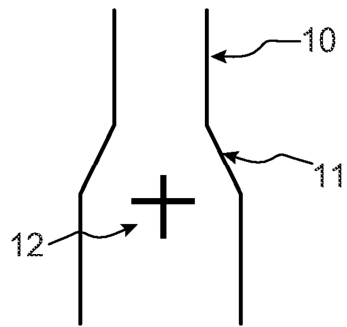
Las figuras 24A y 24B dan una comparación de módulo entre los datos experimentales y los datos simulados para el defecto transversal externo 40 % aislado. El eje de abscisas se corrige, en particular, teniendo en cuenta el desfase entre las dos líneas de receptores. Se constata una buena adecuación entre los datos, se verifica de este modo que la asociación de la espuma y del kapton con las muescas permite seguir perfectamente las superficies de deformación 3D (tres dimensiones) que son las zonas de deformación. Los resultados muestran que el dispositivo de la invención reacciona bien a los defectos que se desean detectar.

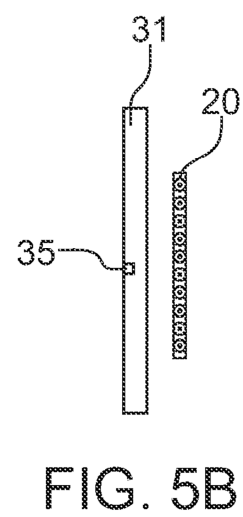
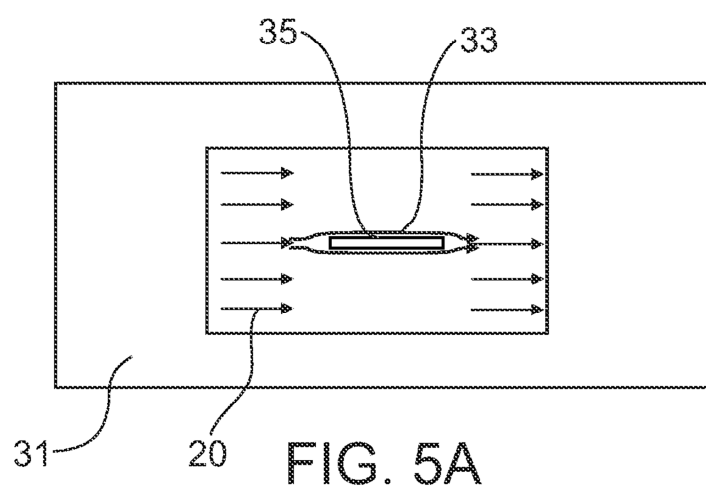
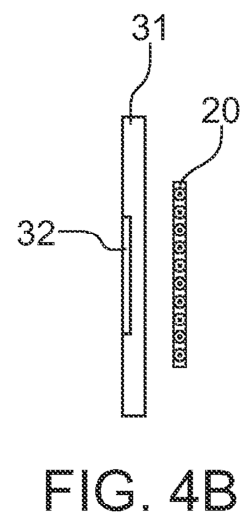
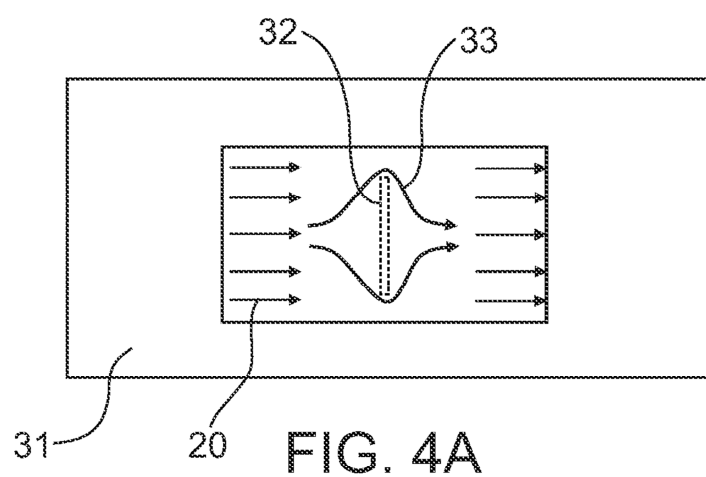
Referencia

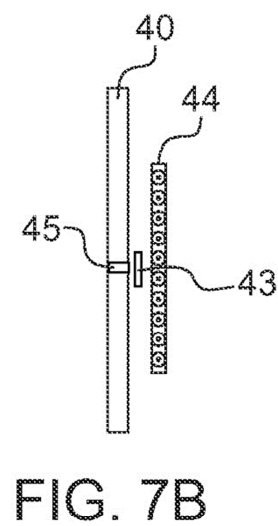
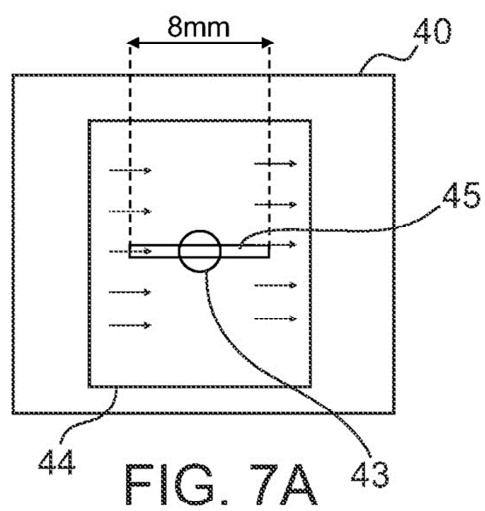
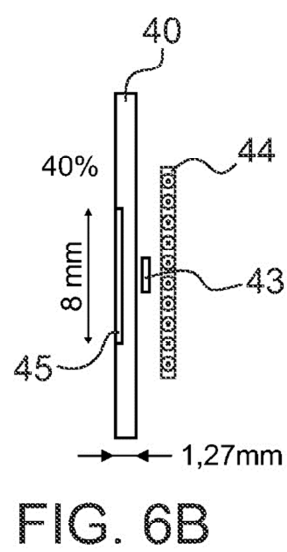
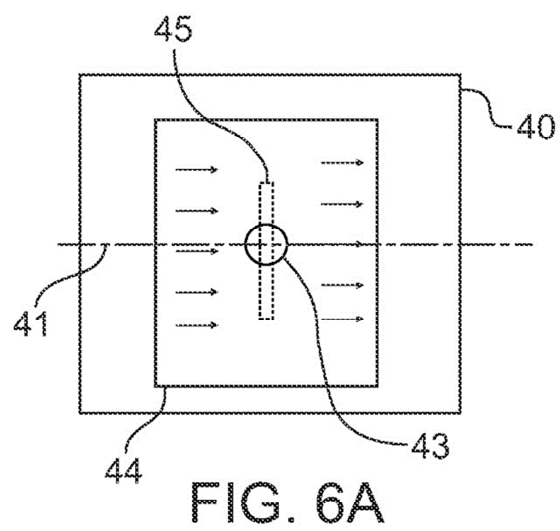
[1] US 7.049.811

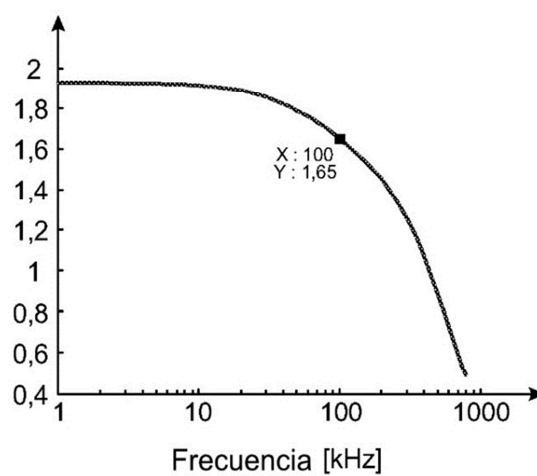
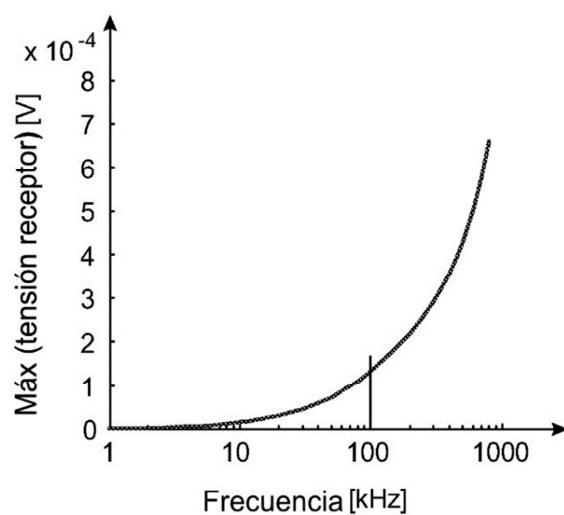
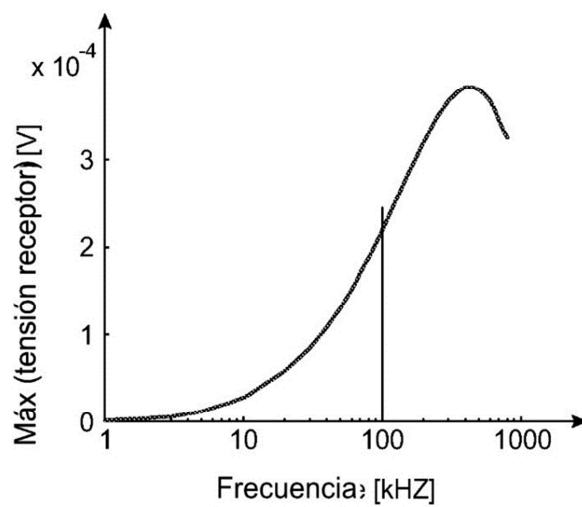
REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de detección de al menos un defecto en un tubo (56) que comprende una parte emisora y una parte receptora, caracterizado por que la parte emisora comprende dos capas de corriente (20, 21; 60, 61) de varias hebras conductoras idénticas y paralelas entre sí e hilos (57) de retorno de alimentación, estando cada capa de corriente grabada en un soporte flexible de kapton, una a $+\theta^\circ$ y la otra a $-\theta^\circ$ con respecto a un plano, **por que** comprende una pieza magnética (62) dispuesta entre las capas de corriente (20, 21; 60, 61) y los hilos (57) de retorno de alimentación, y por que la parte receptora comprende al menos un receptor de campo magnético (28) agregado o grabado en un soporte flexible de kapton.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde una parte de los receptores están devanados.
3. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde una parte de los receptores son receptores magnéticos cuyo eje de sensibilidad está orientado con respecto al tubo.
4. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde cada soporte receptor flexible consta de hendiduras (15) con un orificio (16) en cada extremo de las mismas y está presionado sobre una espuma.
5. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde $\theta=10^\circ$.
6. Dispositivo según la reivindicación 1, que comprende dos capas de corriente (20, 21) orientadas a 90° entre sí permitiendo orientar las corrientes en todas las direcciones.
7. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde cada capa de corriente de la parte emisora (20, 21) comprende un conjunto de hebras conductoras (22, 23) idénticas, paralelas entre sí y conectadas en serie para algunas y/o en paralelo para otras.
8. Dispositivo según la reivindicación 7, que comprende una resistencia (26, 27) en serie con cada hebra (22, 23).
9. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde un amplificador (33) alimenta cada capa de corriente de la parte emisora con corriente sinusoidal.
10. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde los receptores están asociados a amplificadores de bajo ruido (29).
11. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde la parte receptora comprende receptores dispuestos en al menos dos columnas escalonadas.









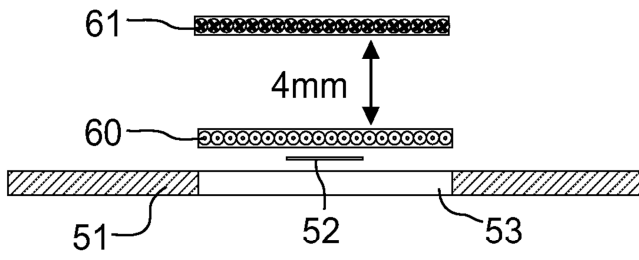


FIG. 9A

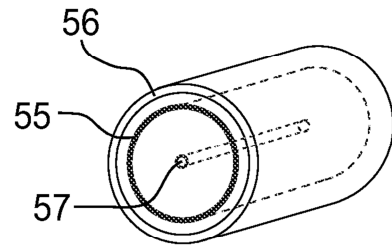


FIG. 9B

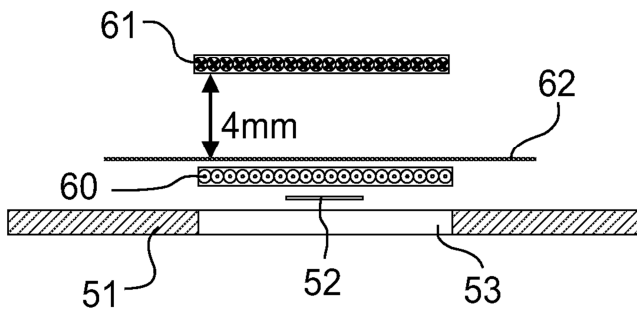


FIG. 10A

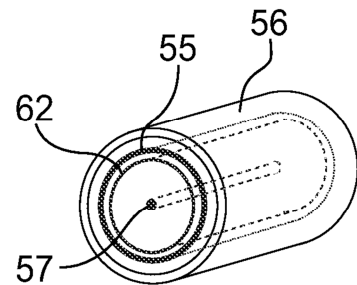


FIG. 10B

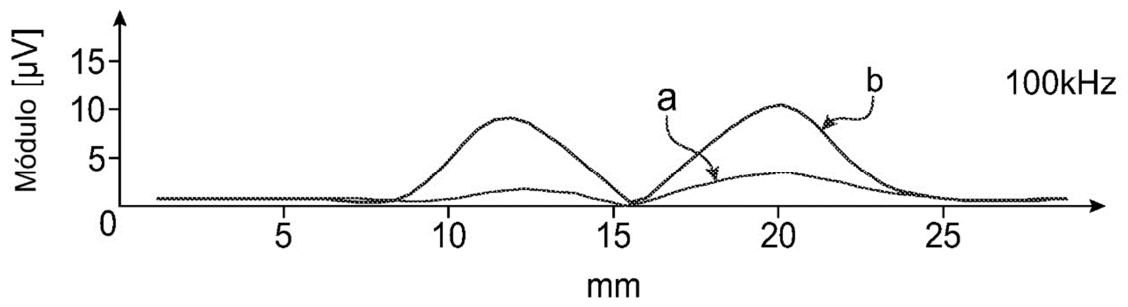


FIG.10C

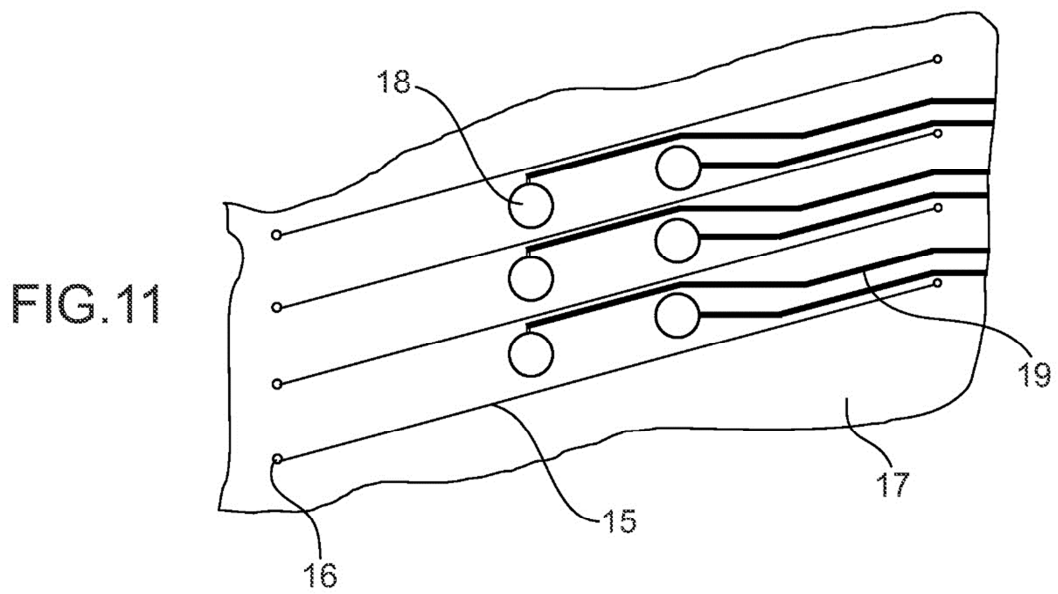


FIG.11

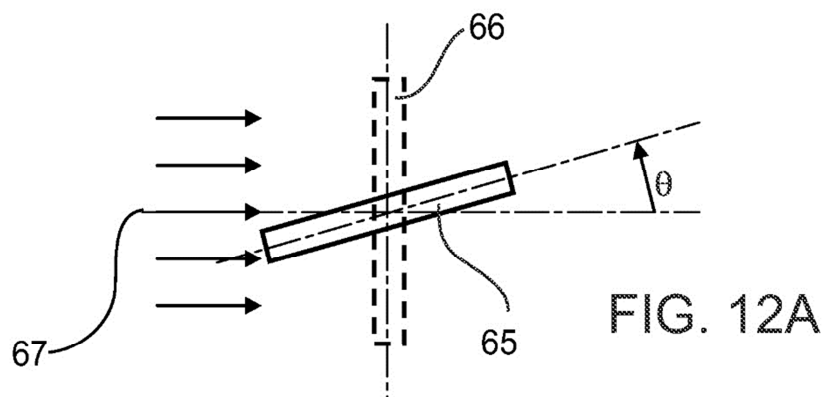


FIG. 12A

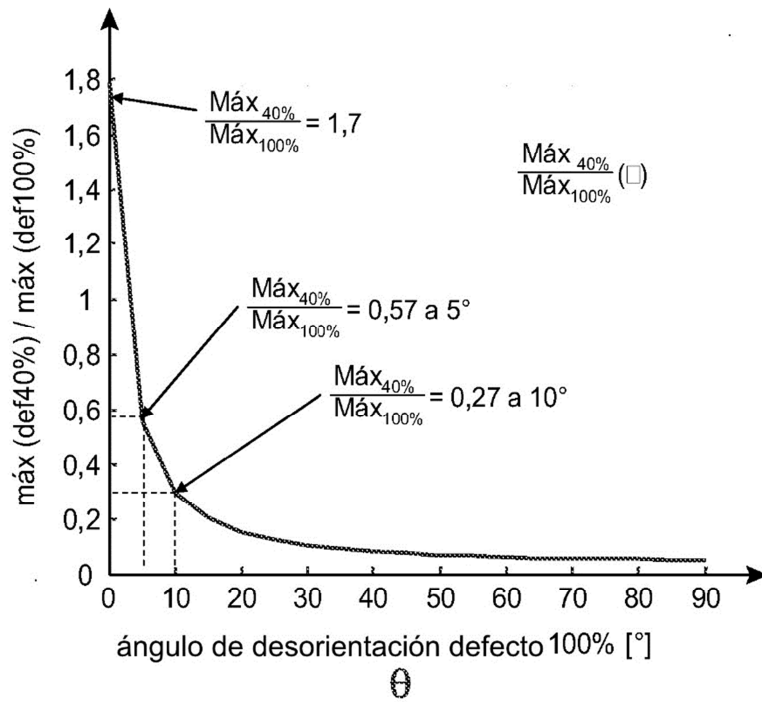


FIG.12B

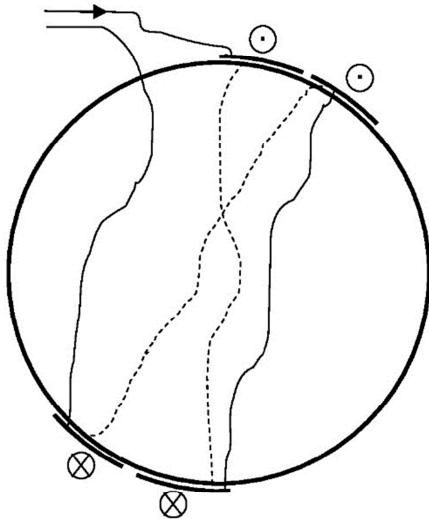


FIG.25

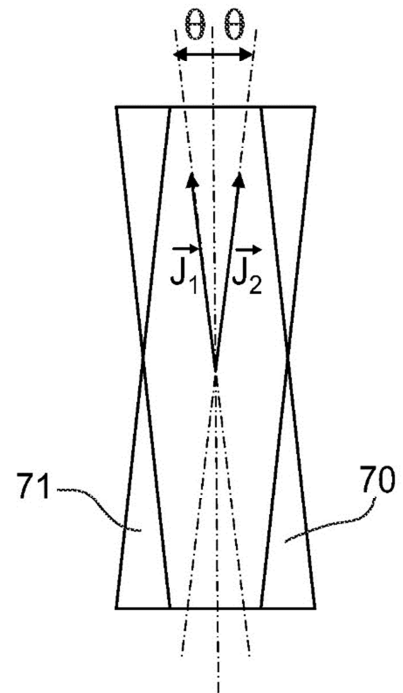


FIG.13

FIG. 14

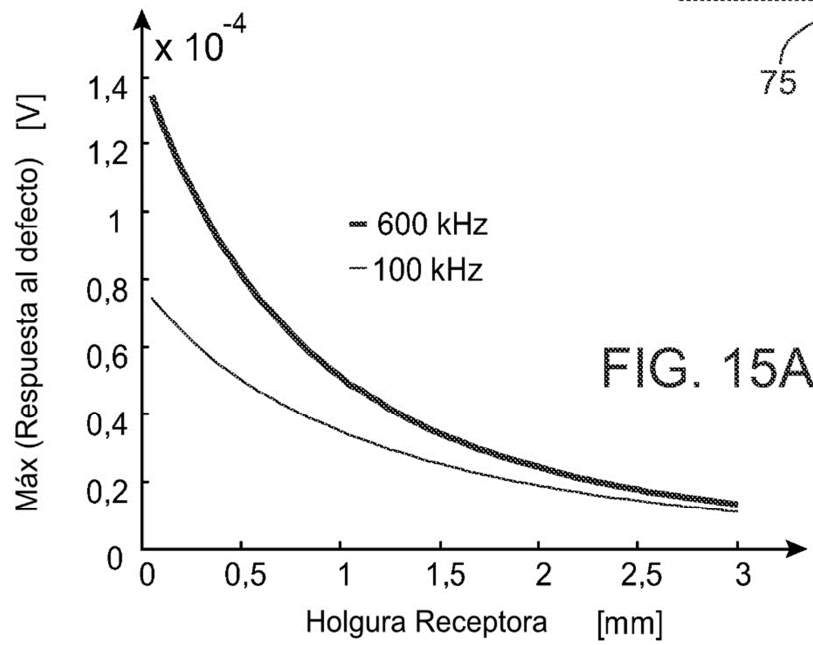
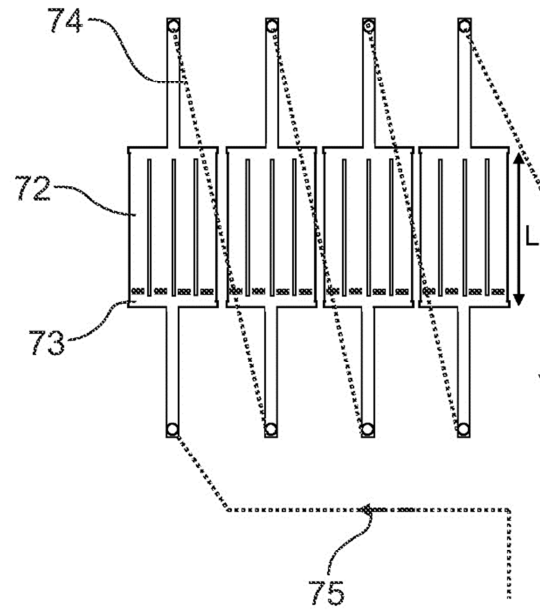


FIG. 15A

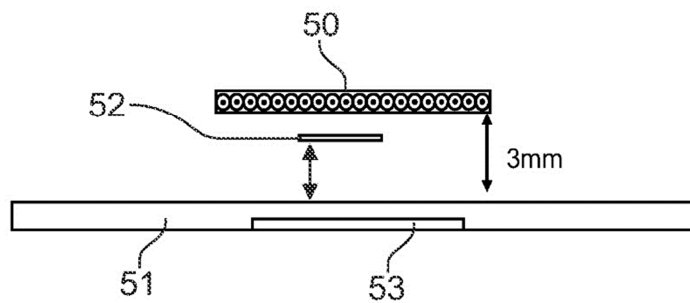


FIG. 15B

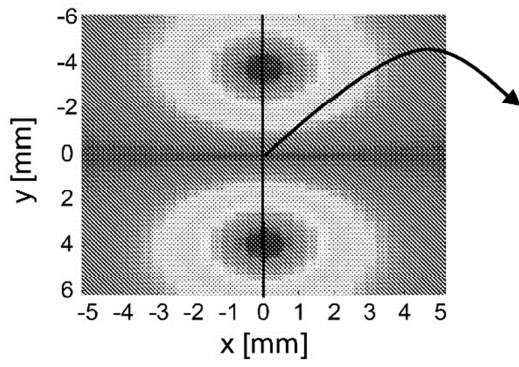


FIG. 16A

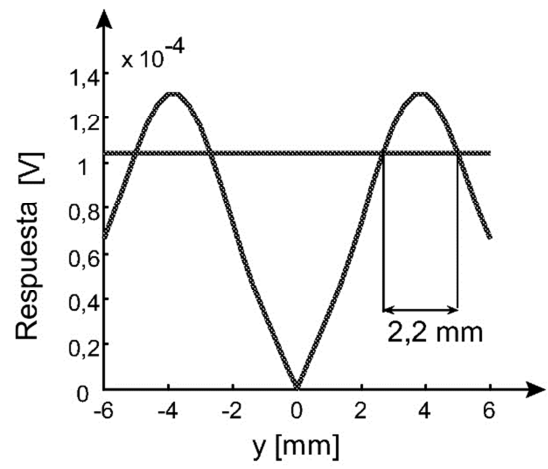


FIG. 16B

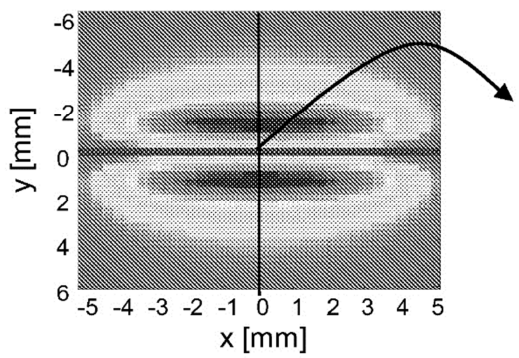


FIG. 16C

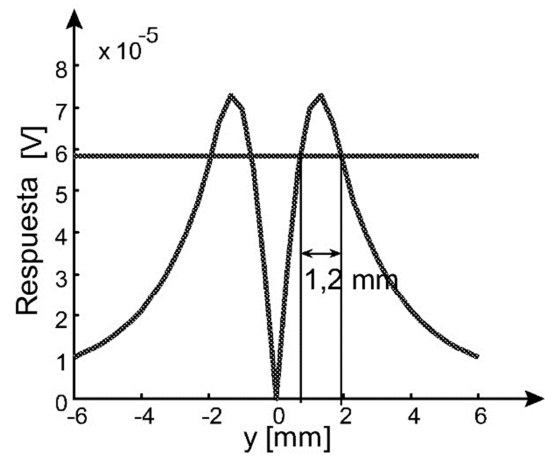


FIG. 16D

FIG. 17A

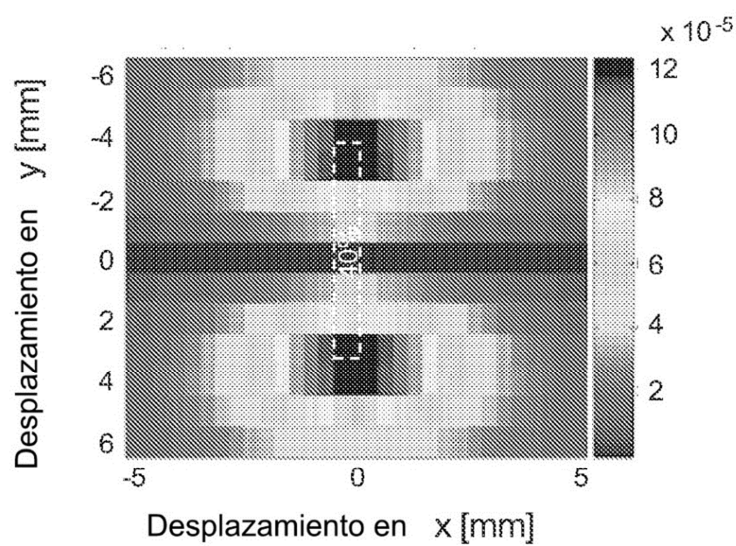
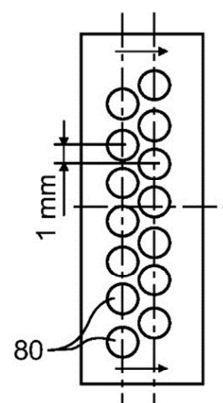
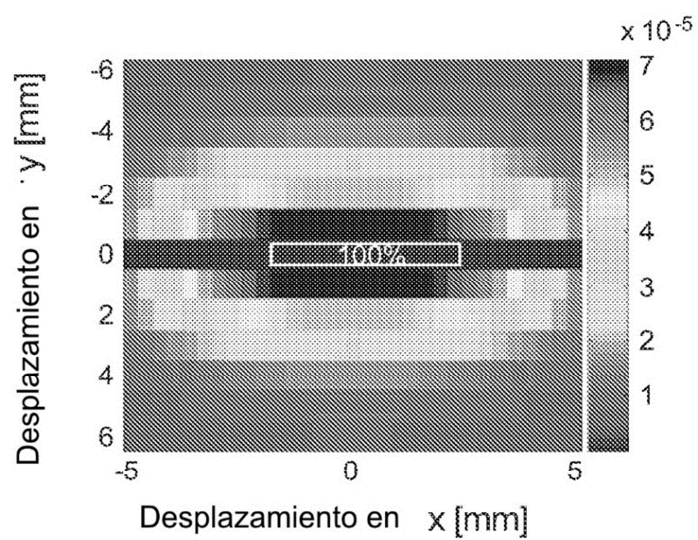


FIG. 17B

FIG. 17C



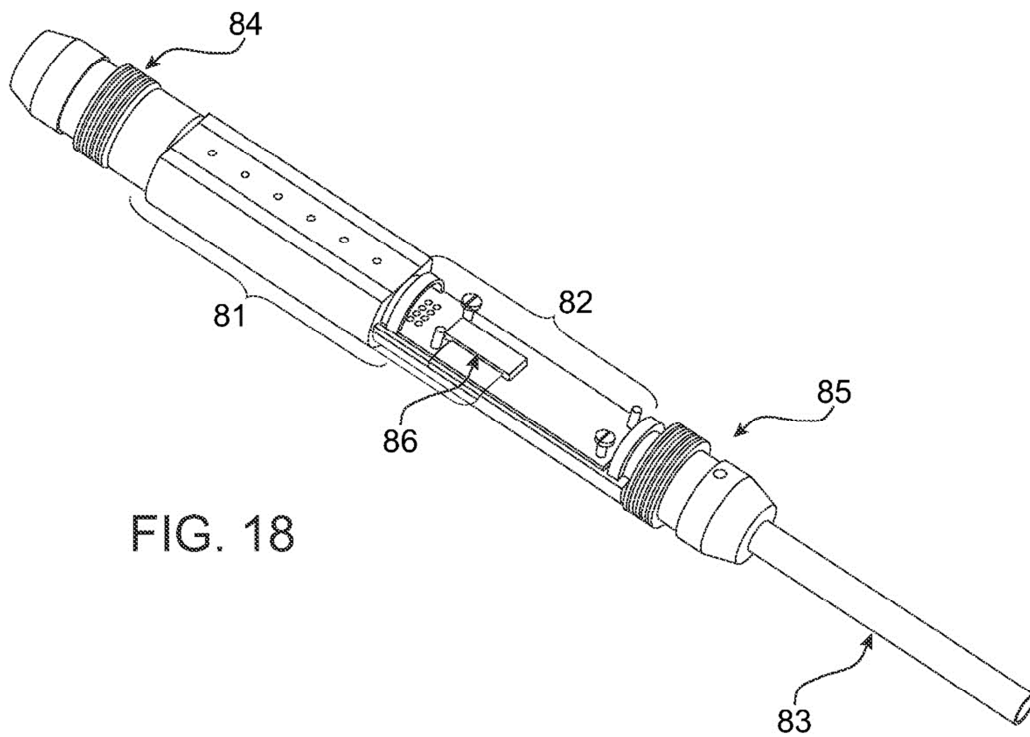


FIG. 18

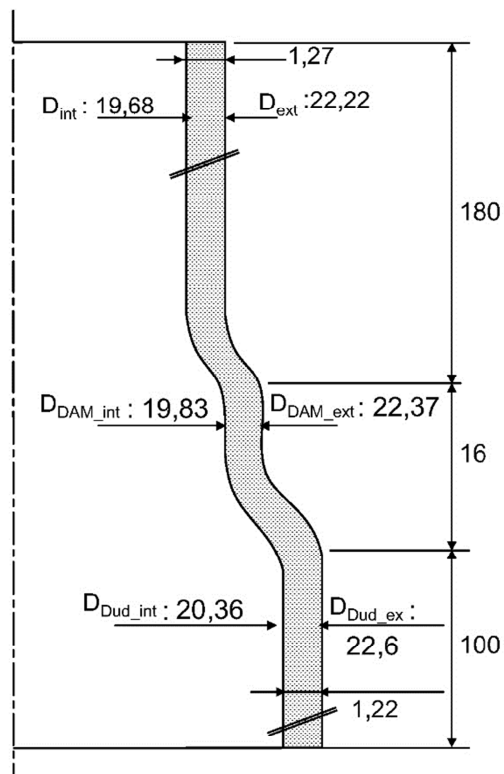


FIG. 19

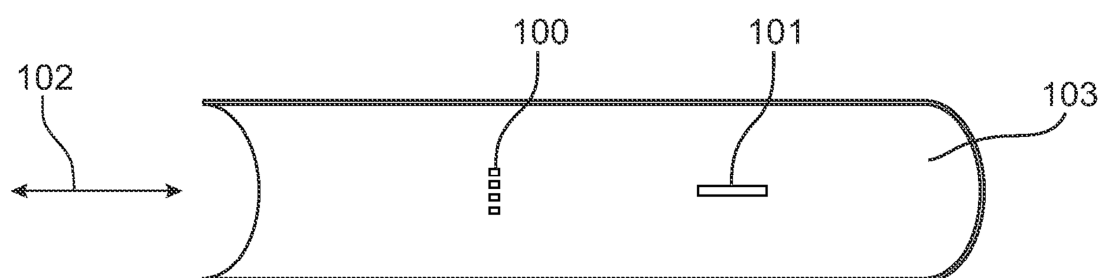
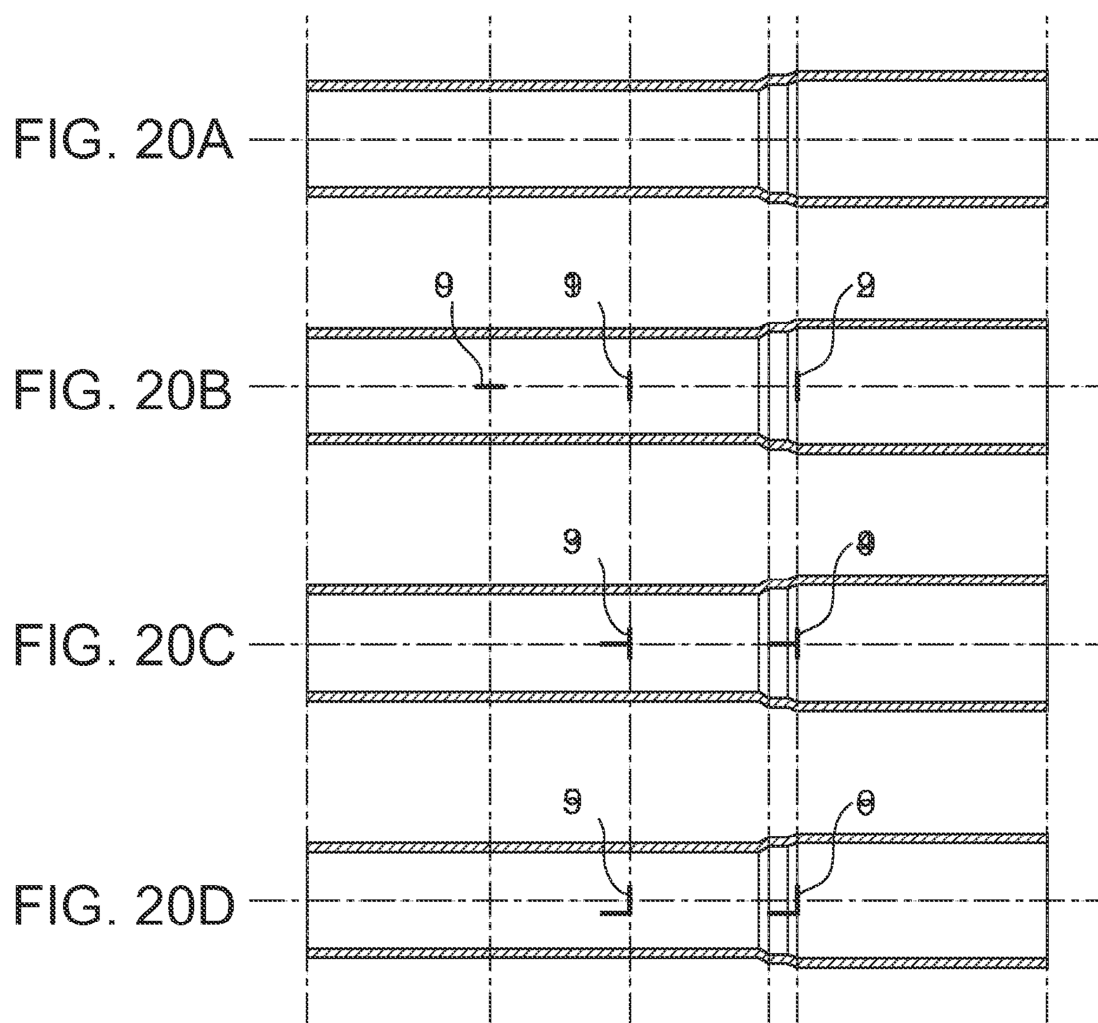


FIG. 21

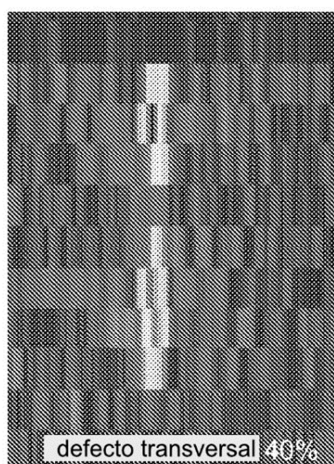


FIG. 22A

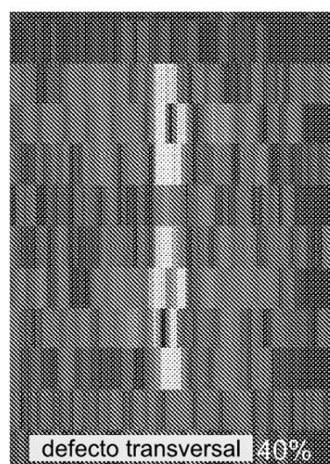


FIG. 22B

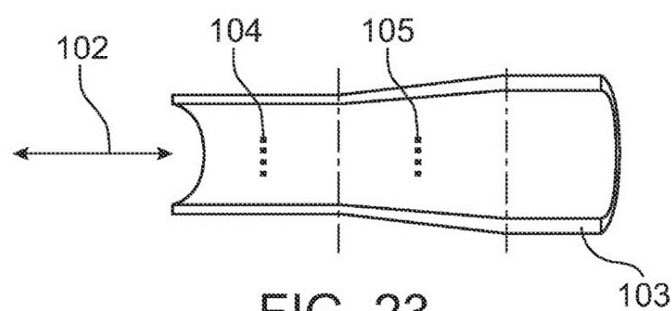


FIG. 23

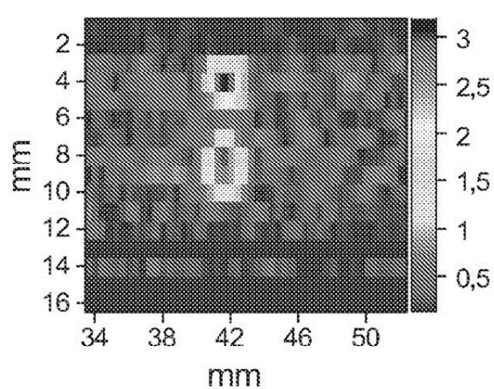


FIG. 24A

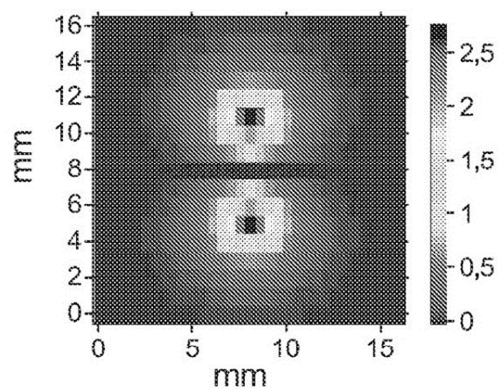


FIG. 24B