



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 284 339**

② Número de solicitud: 200502029

⑤ Int. Cl.:  
**G01N 29/04** (2006.01)  
**G01N 29/26** (2006.01)  
**G01N 29/28** (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫ Fecha de presentación: **12.08.2005**

⑩ Prioridad: **24.08.2004 US 10/925,343**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **01.11.2007**

Fecha de la concesión: **25.02.2009**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:  
**11.02.2009**

④ Fecha de anuncio de la concesión: **16.03.2009**

④ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**16.03.2009**

⑦ Titular/es: **GENERAL ELECTRIC COMPANY**  
**1 River Road**  
**Schenectady, New York 12345, US**

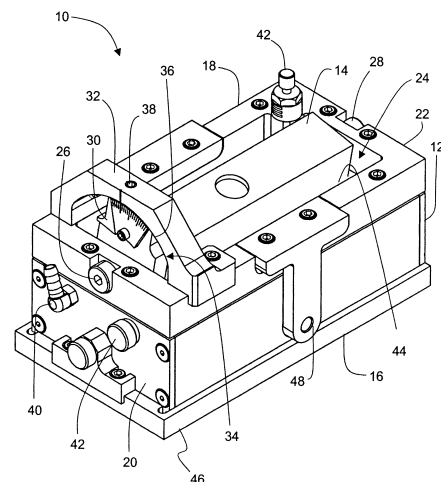
⑦ Inventor/es: **McGrath, Matthew;**  
**Galbally, David;**  
**Johnson, Paul;**  
**Davis, Trevor y**  
**Mitchell, Walter III**

⑦ Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

④ Título: **Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase.**

⑦ Resumen:

Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10) que comprende una caja (12) y un transductor direccional en fase (14) situado dentro de la caja. La caja incluye una primera pared lateral (16) y una segunda pared lateral opuesta (18), y una primera pared terminal (20) y una segunda pared terminal opuesta (22). La primera y la segunda pared lateral y la primera y la segunda pared terminal delimitan la cavidad (24) de la caja, dentro de la cual se coloca el transductor direccional en fase. La primera y la segunda pared lateral presentan una superficie interna (52 y 54) que incluye una pluralidad de resaltes (50). Una junta estanca (46) cierra herméticamente la parte inferior de la caja (12) con el objeto inspeccionado. La cavidad (24) se llena con un líquido que ocupa el volumen comprendido entre la parte inferior del transductor (14) y el objeto inspeccionado.



ES 2 284 339 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

**DESCRIPCIÓN**

Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase.

**5 Antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere en general a la inspección ultrasónica de soldaduras metálicas heterogéneas, particularmente, a la inspección ultrasónica de soldaduras metálicas heterogéneas con transductores direccionales en fase y más particularmente a un conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase.

10 Las soldaduras de las tuberías de los reactores nucleares, por ejemplo, se examinan con transductores ultrasónicos, utilizando ondas longitudinales con ángulos de refracción de 45° y 60°. Estos ángulos se establecen como "norma", basándose en las configuraciones de soldadura, la teoría ultrasónica y la experiencia práctica. Las tuberías son sometidas a barrido por rastreo en cuatro direcciones para examinar por completo el volumen de la soldadura, siendo pues esta tarea una tarea muy lenta. A veces, se experimentan problemas con el montaje del manipulador que proporciona los transductores ultrasónicos a la soldadura y, lo que es más grave, con el contacto entre los transductores y la muestra que se está examinando. Si no se mantiene un contacto continuo entre el transductor y la tubería, los datos de barrido recopilados serán incorrectos, y dicha circunstancia puede determinar la necesidad de efectuar nuevos barridos con la consiguiente pérdida de tiempo, o que se pasen por alto detecciones defectuosas.

20 Se han diseñado sondas ultrasónicas direccionales en fase que incrementan la eficacia de examen de las técnicas de examen ultrasónico convencionales, orientando electrónicamente el haz ultrasónico a través de un rango de ángulos dado. Uno de los problemas principales que todavía se experimenta es el contacto entre el transductor ultrasónico direccional en fase y la muestra que se está examinando. Se han utilizado mecanismos de suspensión complejos que aplican una presión descendente sobre los transductores, para tratar de superar este problema. No obstante, otras cuestiones, tales como una inadecuada configuración del escáner y las irregularidades en la superficie de la tubería pueden afectar a la precisión de la inspección.

**Breve descripción de la invención**

30 En un aspecto, se proporciona un conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase que incluye una caja y un transductor direccional en fase situado dentro de la caja. La caja incluye una primera pared lateral y una segunda pared lateral opuesta, y una primera pared terminal y una segunda pared terminal opuesta. La primera y la segunda pared lateral y la primera y la segunda pared terminal delimitan la cavidad de la caja, dentro de la cual se coloca el transductor direccional en fase. Cada una de la primera y la segunda paredes laterales presentan una superficie interna que incluye una pluralidad de resaltes.

40 En otro aspecto, se proporciona un conjunto sonda ultrasónica direccional en fase que incluye una caja y un transductor direccional en fase montado de forma pivotante dentro de la caja. El transductor direccional en fase incluye una pluralidad de elementos. La caja incluye una primera pared lateral y una segunda pared lateral opuesta, y una primera pared terminal y una segunda pared terminal opuesta. La primera y la segunda pared lateral y la primera y la segunda pared terminal delimitan la cavidad de la caja, dentro de la cual se coloca el transductor direccional en fase. Cada una de la primera y la segunda paredes laterales presentan una superficie interna que incluye una pluralidad de resaltes.

45 En otro aspecto, se proporciona un procedimiento para la inspección de una parte de la soldadura de un objeto metálico, utilizando un conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase. El conjunto de sonda incluye una caja y un transductor direccional en fase montado de forma pivotante dentro de la caja. La caja incluye una primera pared lateral y una segunda pared lateral opuesta, y una primera pared terminal y una segunda pared terminal opuesta. La primera y la segunda pared lateral y la primera y la segunda pared terminal delimitan la cavidad de la caja, dentro de la cual se coloca el transductor direccional en fase. Cada una de la primera y la segunda paredes laterales presentan una superficie interna que incluye una pluralidad de resaltes. El procedimiento incluye la colocación del conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase junto a la superficie externa de la parte de la soldadura que se va a inspeccionar, la adición de un fluido a la cavidad de la caja y el barrido de la soldadura.

**55 Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es una ilustración en perspectiva de un conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase según una realización de la presente invención.

60 La Figura 2 es una ilustración seccionada de una pared lateral del conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase representado en la Figura 1.

65 La Figura 3 es una ilustración seccionada de una pared terminal del conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase representado en la Figura 1.

La Figura 4 es una ilustración lateral del conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase representado en la Figura 1 montado sobre una tubería.

La Figura 5 es una ilustración esquemática del transductor ultrasónico direccional en fase representado en la Figura 1.

### Descripción detallada de la invención

5 A continuación, se describirá en detalle un conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase que incluye una caja y un transductor direccional en fase situado dentro de la caja. La caja incluye unas paredes laterales opuestas que presentan una pluralidad de resaltes en forma de “dientes de sierra”, y unas paredes terminales opuestas cada una de las cuales presentan por lo menos un resalte en forma de “diente de sierra” o de triángulo. La caja mantiene el transductor ultrasónico direccional en fase en una columna de agua vertical sustentadora. El agua llena el volumen comprendido entre la parte inferior del transductor y el material que se está examinando, y permite que las ondas ultrasónicas se desplacen directamente de la sonda al material, sin ninguna interrupción en el contacto. El sonido abandona el transductor con un ángulo predeterminado y se desplaza a través del agua hasta que entra en contacto con el material, experimentando entonces un cambio de velocidad. El cambio de velocidad provoca la refracción del sonido al penetrar en el material, lo cual permite la inspección del volumen de soldadura utilizando el ángulo predeterminado. Para reducir al mínimo la cantidad de ruido introducido en el conjunto, las paredes de la caja están diseñadas para absorber o dispersar las reflexiones cuasi superficiales, mejorando de ese modo la resolución. Se pueden reconocer defectos circunferenciales y axiales. Los defectos circunferenciales se detectan cuando el transductor es perpendicular al eje longitudinal de la tubería. Para detectar defectos axiales, se hace girar el transductor a lo largo del eje longitudinal de la tubería.

En relación con los dibujos, la Figura 1 es una ilustración en perspectiva de un conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase 10 según un ejemplo de realización de la presente invención. El conjunto de sonda incluye una caja 12 y un transductor ultrasónico direccional en fase 14 montado de forma pivotante dentro de la caja 12. La caja 12 adopta sustancialmente una forma rectangular e incluye una primera pared lateral 16, una segunda pared lateral opuesta 18, una primera pared terminal 20 y una segunda pared terminal opuesta 22. Las paredes laterales 16 y 18 y las paredes terminales 20 y 22 delimitan una cavidad 24, en cuyo interior se monta el transductor 14.

A través de las paredes terminales 18 y 20, respectivamente, se extienden unos pivotes 26 y 28 que permiten el montaje pivotante del transductor 14 dentro de la caja 12. El transductor 14 tiene acoplado en un extremo un bloque de ajuste de ángulo 30 que se interconecta con un elemento de selección de ángulo 32 acoplado a la caja 12. En el ejemplo de realización, el elemento de selección de ángulo 32 incluye una parte arqueada 34 que se empareja con un extremo en forma de arco 36 del bloque de ajuste de ángulo 30. Un tornillo de ajuste 38 del elemento de selección de ángulo fija el bloque de ajuste de ángulo 30 en su sitio, estableciendo de ese modo el ángulo deseado del transductor 14.

La cavidad de la caja 24 se llena con un líquido. En el ejemplo de realización, el líquido es agua y, en otra realización, el líquido es una combinación de líquidos que facilita la transmisión y la recepción de haces de sonido ultrasónico. La caja 12 presenta una entrada de fluido 40 para permitir el llenado de la cavidad 24 de la caja con fluido. La caja 12 también incluye por lo menos una abertura de expulsión de aire 42 (representándose dos de éstas) para extraer el aire acumulado en la cavidad 24 durante el llenado de ésta con el fluido.

Una primera junta estanca de membrana flexible 44 cubre el área comprendida entre el transductor 14 y las paredes laterales 16 y 18 para mantener el fluido dentro de la cavidad 24 de la caja. Una segunda junta estanca 46 cierra herméticamente la parte inferior de la caja 12 con el objeto que se está inspeccionando. La junta estanca 46 de una realización es una membrana estanca que presenta por lo menos una hendidura o abertura para permitir que el fluido fluya a través de la cavidad 24 de la caja, mientras se mantiene un volumen de fluido en la cavidad 24 de la caja que ocupa el volumen de la cavidad 24 comprendido entre la parte inferior del transductor 14 y el objeto que se está examinando. En una realización alternativa, la junta estanca 46 se compone de un material elástico que se dispone alrededor del borde inferior de la caja 12 para proporcionar un cierre hermético, de tal manera que el agua no podrá escapar de la cavidad 24 de la caja. La caja 12 también incluye por lo menos un elemento de unión para el manipulador de herramienta 48, mediante el cual el conjunto de sonda 10 se acopla a un manipulador de herramienta (no representado).

La Figura 2 es una ilustración seccionada de la pared lateral 16 del conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase 10, y la Figura 3 es una ilustración seccionada de la pared terminal 20. En relación también con las Figuras 2 y 3, las paredes laterales 16 y 18 incluyen una pluralidad de resaltes 50 que sobresalen de las superficies internas 52 y 54, respectivamente. Las paredes terminales 20 y 22 incluyen por lo menos un resalte 56 que sobresale de las superficies internas 58 y 60, respectivamente. En el ejemplo de realización, los resaltes 50 y 56 presentan una forma triangular o de “diente de sierra”. En realizaciones alternativas, los resaltes 50 y 56 pueden adoptar otras formas (por ejemplo, semicircular, elíptica o cualquier otra forma) que reduzcan el ruido generado por el reflejo de las ondas sonoras sobre las paredes de la caja 12.

La Figura 4 es una ilustración esquemática del conjunto de sonda transductora direccional en fase 10 montado sobre una tubería 61, y la Figura 5 es una ilustración esquemática del transductor ultrasónico direccional en fase 12. En relación también con las Figuras 4 y 5, el transductor 12 incluye una pluralidad de elementos 62 que emiten un haz ultrasónico 64. Un aspecto importante de la utilización del conjunto de sonda es la capacidad de sintetizar dinámicamente el haz ultrasónico 64 y crear una “sonda virtual” de cualquier ángulo dentro del ensanchamiento global del haz de un elemento individual 62. En funcionamiento, el haz 64 se crea disparando en secuencia cada elemento

## ES 2 284 339 B2

62 para crear un frente de onda 66 que sigue el ángulo deseado 68. El ángulo 68 es seleccionado y establecido por el elemento de selección de ángulo 32 y el bloque de ajuste de ángulo 30. Esta “sonda virtual” también puede “barrer” la soldadura 70 de la tubería 61, disparando grupos de elementos de una matriz de gran tamaño. Este efecto puede utilizarse para enfocar dinámicamente u “orientar eléctricamente” el haz ultrasónico 64, seleccionado el orden de disparo de la sonda y los retardos de los impulsos. Esto puede cambiarse de un pulso a otro para “barrer” con eficacia un punto focal por la soldadura 70. La orientación del haz y el enfoque dinámico puede combinarse para permitir el haz resultante 64 se enfoque y adquiera el ángulo deseado en incrementos predeterminados. Los transductores ultrasónicos direccionales en fase 14 pueden adquirirse a través de Krautkramer Ultrasonic Systems Group de Agfa NDT, Inc., Lewistown, Pennsylvania.

En relación con la Figura 5, los parámetros básicos del transductor 14 son la frecuencia, la abertura A, el tamaño de los elementos X, la anchura de los elementos Y, el paso P y el número de elementos 62. La frecuencia adecuada para el tipo de material y el grosor de la soldadura 70 de una tubería 61 situada en un reactor nuclear se halla entre 1,0 y 5,0 MHz. No obstante, es posible utilizar otras frecuencias de transductor para tuberías y soldaduras de tuberías fabricadas con otros materiales.

El paso de los elementos P se determina calculando la abertura acústica A necesaria para enfocar el haz 64 en la trayectoria sonora necesaria y dividiendo este valor por el número total de elementos 62 y la cantidad de orientación necesaria para crear los ángulos deseados. El tamaño X de los elementos 62 se establece como el paso máximo posible. La anchura Y de los elementos 62 se determina calculando el diámetro efectivo para que un campo próximo de quince centímetros proporcione el perfil de haz más pequeño en el plano de las Y. Las restricciones físicas de la superficie de barrido también deben tenerse en cuenta cuando se determinan los valores de los parámetros básicos del transductor 14.

En relación nuevamente con la Figura 4, el volumen 72 del haz 64 que se está examinando incluye la soldadura 70 y la tubería 61 que se extiende desde la superficie externa 74 en dirección a la superficie interna 76. Del mismo modo en que el transductor 14 puede orientarse según una pluralidad de ángulos 68, como se ha indicado anteriormente, el haz 64 puede orientarse o guiarse según una pluralidad de ángulos. En una realización, la trayectoria sustancialmente axial del haz 64 a través de la soldadura 70 puede orientarse según un camino lineal con la misma orientación que la soldadura 70. En otra realización, la trayectoria sustancialmente axial del haz 64 a través de la soldadura 70 puede orientarse según un camino lineal perpendicular a la orientación de la soldadura 70, en incrementos predeterminados. En otra realización, el haz 64 puede orientarse a lo largo de un camino sustancialmente circular a través de la soldadura 70.

Aunque la presente invención ha sido descrita en términos de diversas realizaciones concretas, los expertos en la materia sobrentenderán que la presente invención puede llevarse a la práctica con modificaciones que están comprendidas dentro del espíritu y el alcance de las reivindicaciones.

### Listado de componentes

- conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase 10
- caja 12
- transductor ultrasónico direccional en fase 14
- primera pared lateral 16
- segunda pared lateral 18
- primera pared terminal 20
- segunda pared terminal 22
- cavidad de la caja 24
- pivotes 26 y 28
- bloque de ajuste de ángulo 30
- elemento de selección de ángulo 32
- parte arqueada 34
- extremo en forma de arco 36
- tornillo de ajuste 38

## ES 2 284 339 B2

	entrada de fluido	40
	abertura de expulsión de aire	42
5	primera junta estanca de membrana flexible	44
	segunda junta estanca	46
	elemento de unión con manipulador de herramienta	48
10	resaltes	50
	superficies internas de paredes laterales	52 y 54
15	resalte	56
	superficies internas de paredes terminales	58 y 60
	tubería	61
20	elementos	62
	haz ultrasónico	64
25	frente de onda	66
	ángulo	68
	soldadura	70
30	volumen	72
	superficie externa	74
35	superficie interna	76.
40		
45		
50		
55		
60		
65		

REIVINDICACIONES

1. Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10), **caracterizado** porque comprende:

5 una caja (12) y

un transductor direccional en fase (14) situado dentro de dicha caja;

10 comprendiendo dicha caja:

una primera pared lateral (16) y una segunda pared lateral opuesta (18):

15 una primera pared terminal (20) y una segunda pared terminal opuesta (22), delimitando dicha primera y segunda paredes laterales y dicha primera y segunda paredes terminales una cavidad (24) en la caja, en cuyo interior se coloca dicho transductor direccional en fase;

una primera junta estanca (44) flexible para cerrar herméticamente la parte superior de dicha cavidad (24); y

20 una segunda junta estanca (46) flexible para cerrar herméticamente la parte inferior de dicha cavidad (24);

presentando cada una de dichas primera y segunda paredes laterales una superficie interna (52), (54) que comprende una pluralidad de resaltes (50).

25 2. Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10) según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha primera y dicha segunda paredes terminales (20), (22) presentan cada una superficie interna (58), (60) que comprende por lo menos un resalte (56).

30 3. Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10) según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichos resaltes (50) de dichas primera y segunda paredes laterales comprenden unos resaltes en ángulo.

35 4. Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10) según la reivindicación 3, **caracterizado** porque dicha pluralidad de resaltes en ángulo (50) comprenden una pluralidad de resaltes en forma de diente de sierra.

5. Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10) según la reivindicación 2, **caracterizado** porque dicho por lo menos un resalte (56) de dichas primera y segunda paredes terminales (20), (22) comprende un resalte de forma angular.

40 6. Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10) según la reivindicación 5, **caracterizado** porque dicho por lo menos un resalte de forma angular (56) comprende un resalte de forma triangular.

7. Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10) según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho transductor direccional en fase está montado de forma pivotante en dicha caja.

45 8. Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10) según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha caja (12) comprende además una entrada de fluido (40).

9. Conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10) según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha caja (12) comprende además por lo menos una abertura de expulsión.

50 10. Procedimiento de inspección de una parte de una soldadura en un objeto metálico utilizando un conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10), comprendiendo dicho conjunto de sonda una caja (12) y un transductor direccional en fase (14) montado de manera pivotante en el interior de la caja (12), comprendiendo la caja (12) una primera pared lateral (16) y una segunda pared lateral opuesta (18), y una primera pared terminal (20) y una segunda pared terminal opuesta (22), definiendo la primera y segunda paredes laterales y la primera y segunda paredes terminales la cavidad (24) de la caja, en la cual se coloca el transductor direccional en fase, presentando la primera y la segunda paredes laterales una superficie interna (52), (54) que incluye una pluralidad de resaltes (50), comprendiendo la caja asimismo una primera junta estanca (44) flexible para cerrar herméticamente la parte superior de dicha cavidad, y una segunda junta estanca (46) flexible para cerrar herméticamente la parte inferior de dicha cavidad, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

60 [a] colocar el conjunto de sonda ultrasónica direccional en fase (10) adyacente a una superficie externa de la parte de la soldadura que se va a inspeccionar;

[b] añadir un fluido a la cavidad (24) de la caja (12); y

65 [c] examinar la soldadura.

## ES 2 284 339 B2

11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado** porque dicha adición de un fluido a la cavidad (24) de la caja comprende la adición de un fluido a la cavidad de manera que el fluido llene el volumen entre una superficie inferior del transductor direccional en fase y la superficie externa de la soldadura.

5 12. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado** porque comprende hacer pivotar el transductor direccional en fase (10) a través de una pluralidad de ángulos y examinar la soldadura en cada ángulo del transductor.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

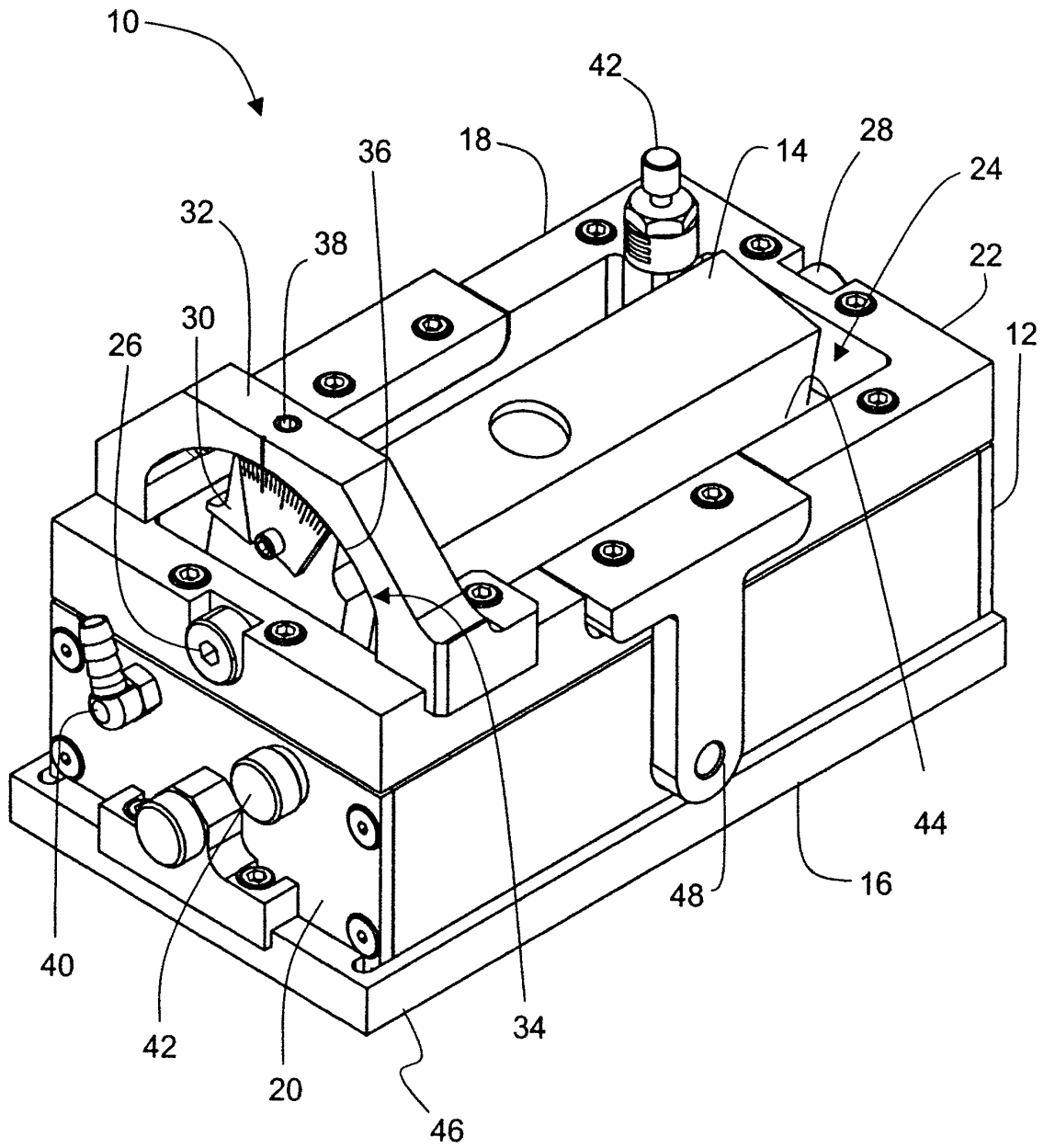


FIG. 1

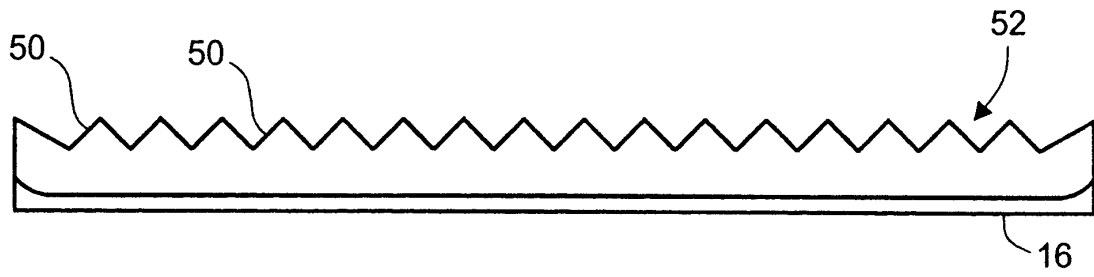


FIG. 2

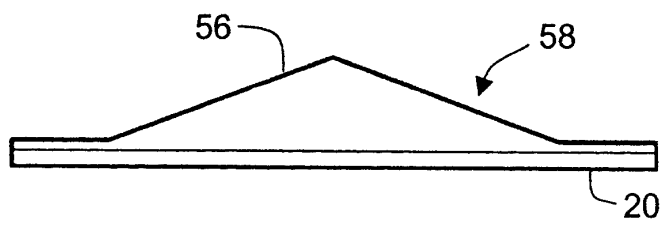


FIG. 3

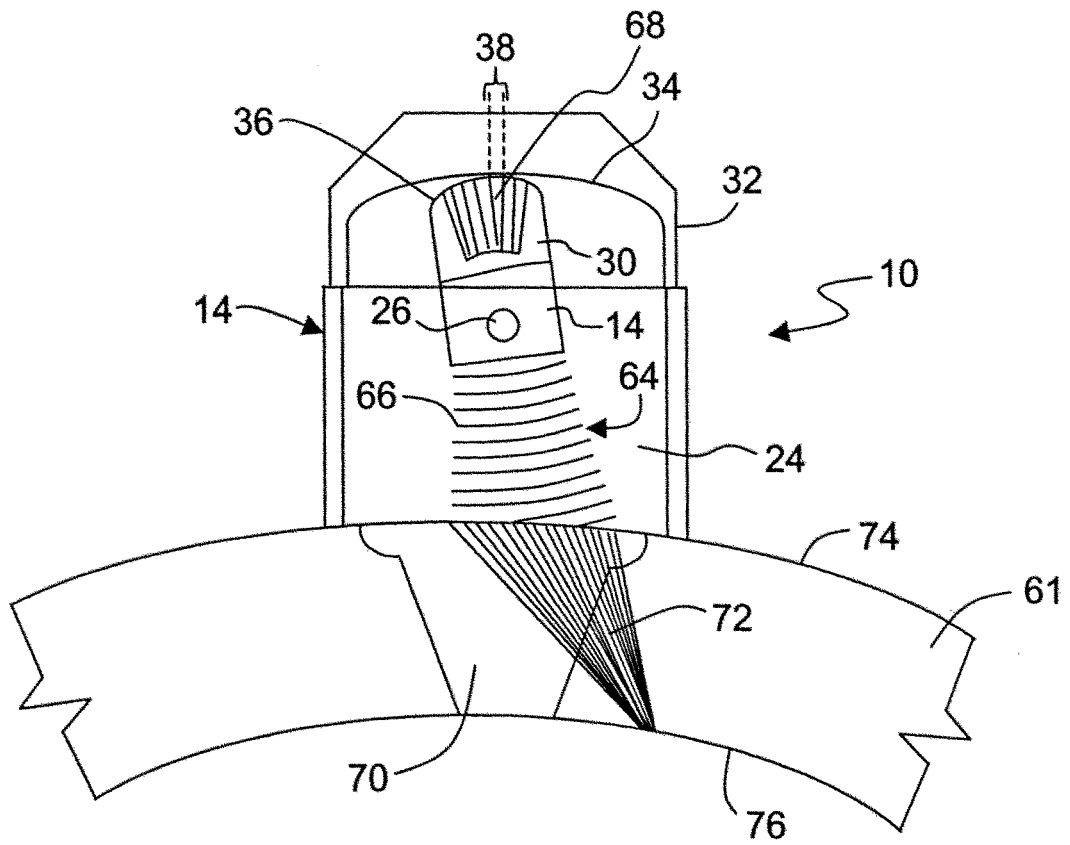


FIG. 4

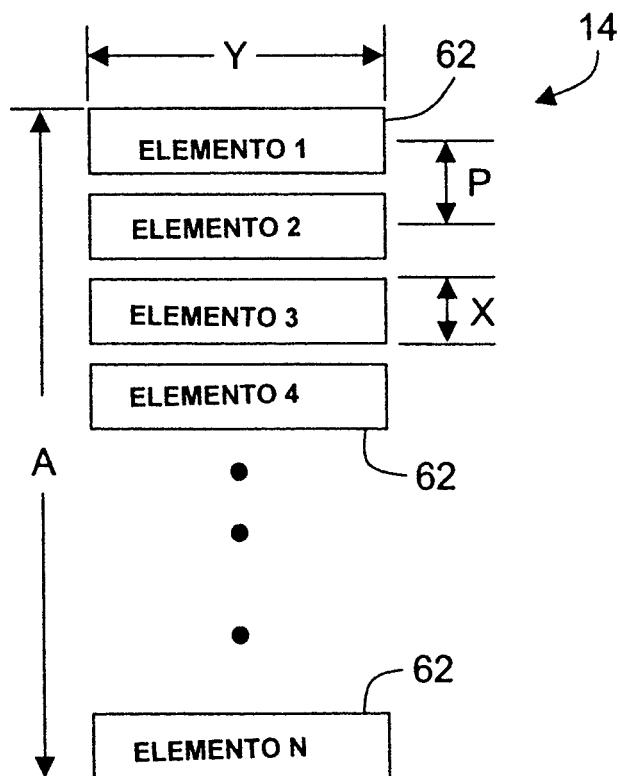


FIG. 5



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 284 339

② Nº de solicitud: 200502029

③ Fecha de presentación de la solicitud: **12.08.2005**

④ Fecha de prioridad: **24.08.2004**

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ **Int. Cl.:** Ver hoja adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 3906780 A (BALDWIN) 23.09.1975, todo el documento.	1-10
Y	US 4098132 A (MIKESELL) 04.07.1978, todo el documento, en especial, columna 2, línea 52 - columna 3, línea 22; figura 1.	1-10
A	EP 0060952 A2 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP.) 29.09.1982, todo el documento, especialmente, reivindicaciones 2,3; figuras 12-17.	1-10
Y	US 2003233880 A1 (SIVERLING et al.) 25.12.2003, todo el documento.	1-10
Y	US 5814731 A (ALEXANDER et al.) 29.09.1998, resumen; columna 4, líneas 24-28; columna 5, líneas 45-51; columna 11, líneas 28-36.	1-10

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

01.10.2007

Examinador

P. López Sabater

Página

1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**G01N 29/04** (2006.01)

**G01N 29/26** (2006.01)

*G01N 29/28* (2006.01)