



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 324 718**

⑤1 Int. Cl.:  
**H03K 17/95** (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **05360025 .0**

⑨6 Fecha de presentación : **01.07.2005**

⑨7 Número de publicación de la solicitud: **1742362**

⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **10.01.2007**

⑤4 Título: **Sensor inductivo de presencia, proximidad o posición.**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.08.2009**

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.08.2009**

⑦3 Titular/es: **SENSTRONIC, S.A.**  
**83, route de Dettwiller**  
**F-67700 Saverne, FR**

⑦2 Inventor/es: **Kirchdoerffer, Rémy y**  
**Frolov, Vladimir**

⑦4 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

**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

Sensor inductivo de presencia, proximidad o posición.

5 La presente invención trata de un sensor inductivo de presencia, proximidad o oposición, que puede utilizarse para automatización en producción industrial, para robótica y para otros usos industriales.

La función principal de semejante sensor inductivo es la detección sin contacto, de la presencia de un objetivo metálico localizado a una cierta distancia desde la superficie o cara de trabajo del sensor.

10 El principio de funcionamiento de tales sensores inductivos consiste en el hecho de que se utiliza un circuito oscilatorio de LC, para generar un campo magnético variable con una frecuencia que varía entre varios cientos y varios miles de kHz. El campo magnético de la bobina del sensor induce corrientes parásitas en el objetivo metálico. Como resultado, el factor de calidad de circuito de LC cambia en función de la distancia entre el objetivo metálico y la cara de trabajo del sensor. La variación del factor de calidad crece a medida que disminuye la distancia entre el

15 objetivo y la superficie de la cara de la bobina.

El cambio del factor de calidad del circuito oscilador bajo la acción del objetivo, puede registrarse con el uso de varios diseños y métodos técnicos, por ejemplo por variación de la amplitud de oscilaciones amortiguadas del circuito de LC, como se describe en la aplicación de patente europea número 05 360 003.7, de 26 de enero de 2005, a nombre del solicitante.

20 Para impedir el apantallamiento del campo magnético variable mediante el material del cabezal del sensor, en el que está situada la bobina que genera el mencionado campo magnético, usualmente el cabezal del sensor está fabricado de materiales dieléctricos: por ejemplo plásticos o cerámicas. La desventaja principal de tales sensores consiste en una fuerza mecánica y una resistencia bajas, lo que impide asegurar una protección fiable de la bobina del sensor frente a daños mecánicos, contra impactos o para resistir altas presiones.

Recientemente se ha propuesto fabricar los sensores inductivos con superficies de trabajo hechas de acero inoxidable, con un grosor típico de 0,4 a 1,0 mm (sensores de cara de acero). Es obvio que tales sensores tienen una fuerza mecánica y una resistencia superiores comparados con los sensores estándar con caras de trabajo fabricadas de materiales plásticos. Al mismo tiempo, los sensores de cara de acero tienen una desventaja evidente comparados con los sensores estándar, a saber, que muestran menos sensibilidad bajo condiciones idénticas. Esta desventaja es consecuencia directa del principio de funcionamiento de los sensores de cara de acero, como se muestra después.

De hecho, para reducir la atenuación del campo magnético variable de la bobina mediante la superficie de trabajo metálica del sensor (generalmente, en la forma de una placa o de una parte plana), se ha propuesto que el grosor de la mencionada superficie se fabrique siendo mucho menor que el de la capa marginal.

40 El grosor de la capa marginal puede calcularse a partir de la siguiente fórmula:

$$45 \quad \alpha = \frac{C}{\sqrt{2\pi\mu\lambda\omega}} \quad (1)$$

donde:

50  $\alpha$  = grosor de la capa marginal, sobre el que el voltaje del campo magnético variable se reduce en un factor de 2,73.

$C$  = velocidad de la luz en el vacío,

55  $\mu$  = permeabilidad metálica magnética,

$\lambda$  = coeficiente de conductividad metálica eléctrica, y

$\omega$  = frecuencia angular.

60 Estimaciones teóricas del grosor de la capa marginal realizadas utilizando la fórmula (1) han mostrado que para frecuencias de 10 kHz, el grosor de la capa marginal es de 0,6 mm para cobre y de 2 mm para acero inoxidable. Por lo tanto, la frecuencia óptima para uso práctico de los sensores de cara de acero, no ha de exceder 15-30 kHz, que es de 15 a 20 veces menos que la frecuencia en los actuales sensores estándar con superficies de trabajo de plástico.

65

Se sabe que el factor de calidad del circuito oscilador se incrementa al incrementarse la frecuencia resonante, lo que se describe mediante la fórmula (2):

$$Q = \frac{\omega L}{r} \quad (2)$$

donde:

Q = factor de calidad del circuito,

$\omega$  = frecuencia resonante,

L = inductividad,

r = resistencia activa (óhmica) de circuito.

Así, la sensibilidad del sensor inductivo es proporcional al factor de calidad del oscilador. Por lo tanto, las restricciones de frecuencia dadas por (1) imponen límites básicos sobre la sensibilidad de sensores con superficies de trabajo metálicas (acero inoxidable).

Experimentos prácticos realizados por los inventores han mostrado que el factor de calidad de los sensores con superficie de trabajo plástica y metálica (acero inoxidable), coincide solo en el campo de bajas frecuencias (para el sensor M12, menores de 20 kHz). Con el incremento de la frecuencia de las oscilaciones, el factor de calidad del circuito oscilador, y también la sensibilidad, son sustancialmente mayores para el sensor con una superficie de trabajo de plástico que para el sensor con una superficie de trabajo metálica, o ubicado en un alojamiento completamente metálico fabricado de acero inoxidable.

Es un objetivo de la presente invención es superar la limitación mencionada. Otro objetivo de esta invención es optimizar la característica de los sensores con una cara de trabajo metálica en la forma de una placa de cubierta metálica o de una parte plana de un alojamiento completamente metálico, sin hacer peligrar la resistencia mecánica de estos sensores, en concreto en la región de la cara de trabajo.

Por lo tanto, la presente invención trata de un sensor inductivo de presencia, proximidad o posición, que comprende una bobina de inducción que define una cara de trabajo o cara activa del sensor, que corresponde a la cara externa de una placa de cubierta o a una parte sustancialmente plana del alojamiento o carcasa que contiene la mencionada bobina, la mencionada placa o parte plana estando fabricada de un metal con gran resistencia mecánica, y estando en disposición sustancialmente perpendicular al eje de la bobina, el sensor caracterizado porque la mencionada placa o parte plana comprende al menos un corte o discontinuidad lineal similar, que se extiende al menos parcialmente a través de la mencionada placa o parte plana.

Preferentemente, el mencionado al menos un corte que se extiende transversalmente está sustancialmente centrado con respecto al área superficial total de la placa o la parte plana.

De acuerdo con una primera realización de la invención, el al menos un corte se extiende a través de todo el grosor de la placa o la parte plana, formando así una ranura que preferentemente está llena de forma compacta con un material dieléctrico.

De acuerdo con una segunda realización de la invención, el al menos un corte se extiende solo sobre una parte del grosor de la placa o la parte plana, dejando una capa de material sin cortar y continua, el mencionado al menos un corte proporcionándose sobre la cara externa o sobre la cara interna de la placa o la parte plana, el corte o los cortes estando preferentemente rellenos con un material dieléctrico.

Así, la presente invención propone un nuevo enfoque para diseñar sensores inductivos con una cara de trabajo metálica, por ejemplo en un alojamiento completamente metálico (sensores con cara de acero). Este enfoque consiste en el hecho de que la cara de trabajo metálica no debería tener la forma de una placa o una parte plana metálica continua, sino de una placa o una parte plana con cortes finos o ranuras finas, que impiden la circulación de corrientes parásitas inducidas por el campo magnético variable de la bobina de inducción del sensor, en la mencionada placa o parte plana.

La base física del enfoque propuesto se describió de forma cualitativa en el libro "The Feynman lectures on physics", volumen 2, de Richard P. Feynman, Robert B. Leighton y Matthew Sands; editado por Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Reading, Massachusetts, Palo Alto, Londres, 1964, con la ayuda de un péndulo metálico situado en un campo magnético permanente. El efecto consiste en que la influencia de las corrientes parásitas en la placa metálica colocada en el campo magnético, se reduce enormemente si se corta ranuras en la placa. Pero esta publicación de la técnica anterior no proporciona ninguna indicación sobre cómo debe realizarse los cortes, ni sobre su forma ni dimensión en relación con la forma o la dimensión del campo magnético.

## ES 2 324 718 T3

La invención se comprenderá mejor gracias a la descripción y los dibujos siguientes, de realizaciones de la mencionada invención proporcionadas como ejemplos no limitativos de esta, donde en los mencionados dibujos:

las figuras 1 a 9 son vistas frontales de caras de trabajo circulares de sensores con alojamientos cilíndricos, según varias realizaciones de la invención (en las figuras 1 a 5, el material metálico que forma la parte plana o placa está representado en color negro, y los cortes o ranuras en color blanco - lo contrario en las figuras 6 a 9);

las figuras 10 y 11 son vistas frontales de caras de trabajo cuadradas de sensores con alojamientos en forma de paralelepípedo, según otras realizaciones de la invención;

las figuras 12 y 13 son vistas recortadas a lo largo de un plano que comprende el eje x de las bobinas de los sensores mostrados en las figuras 1 a 11, con una cara de trabajo respectivamente como una parte plana de un alojamiento unitario (figura 12) y como una placa separada unida junto con el alojamiento (figura 13) (no se muestra la/s ranura/s o el/los corte/s);

las figuras 14 y 15 son vistas recortadas de partes frontales de los alojamientos de sensores según la invención, que muestran respectivamente cortes no transversales sobre los lados externo (figura 14) e interno (figura 15) de la parte plana frontal de los alojamientos de los sensores, y

la figura 16 es una vista recortada de la parte frontal de un alojamiento de un sensor según la invención, que muestra cortes o ranuras no transversales, internos y externos alternados, en la parte plana frontal.

Como se muestra en las figuras mencionadas previamente, en concreto en las figuras 12 y 13, el sensor 1 comprende principalmente una bobina de inducción 2 que define una cara frontal 3 de trabajo o activa, del sensor, correspondiente a la cara externa de una placa de cubierta o de una parte sustancialmente plana 4 del alojamiento o carcasa 5 que contiene la mencionada bobina, la mencionada placa o parte plana 4 estando fabricada de un metal con gran resistencia mecánica y estando en disposición sustancialmente perpendicular al eje de la bobina X.

Como saben los técnicos en la materia, el alojamiento 5 del sensor 1 puede también contener otros componentes o materiales de relleno, pero que carecen de relevancia especial en el contexto de la presente invención y por lo tanto no se representan ni se describen.

De acuerdo con la invención y como se muestra en las figuras 1 a 11 y 14 a 16, la placa o la parte plana 4 comprende al menos un corte o discontinuidad lineal similar 6, 6', que se extiende al menos parcialmente a través de la mencionada placa o parte plana 4.

En la presente especificación, "discontinuidad lineal" significa una ausencia de material que define un volumen delgado y alargado, con una profundidad dada y de forma recta o no.

En general, tales discontinuidades pueden obtenerse mediante el corte controlado por láser u otros medios similares de corte de precisión. Pero también pueden obtenerse mediante corte mecánico, trituración química o directamente por moldeo.

Así mismo, aquí "metálico" significa fabricado de metal o de una aleación metálica, o posiblemente cubierto con un metal o con una aleación metálica.

Experimentos realizados por los inventores han demostrado (como se describe después en mayor detalle) que la presencia de un solo corte es ya suficiente para mejorar notablemente el funcionamiento del sensor 1.

En concreto, este es el caso cuando el mencionado al menos un corte que se extiende transversalmente 6, 6' está sustancialmente centrado con respecto al área superficial total de la placa o la parte plana.

Por lo tanto, es posible que la placa o la parte plana 4 comprenda un solo corte 6, 6', o alternatively que la placa o la parte plana 4 comprenda al menos dos, preferentemente una pluralidad de cortes 6, 6', que proporcionan una reducción mejorada de las corrientes parásitas generadas en la placa o la parte plana 4 que forman la cara de trabajo 3, mediante el campo magnético proporcionado por la bobina 2.

La elección de una de las dos mencionadas soluciones alternativas depende, por una parte, de la resistencia mecánica necesaria del sensor 1, y por otra parte del incremento deseado en la característica de funcionamiento del sensor 1.

De acuerdo con una primera realización de la invención, y como se muestra por ejemplo en las figuras 1 a 5, el al menos un corte 6, 6' se extiende a través de todo el grosor de la placa o la parte plana 4, formando así una ranura que preferentemente se rellena de forma compacta con un material dieléctrico 7.

De acuerdo con una segunda realización de la invención, y como se muestra en las figuras 14 y 15, el al menos un corte 6, 6' se extiende solo sobre una parte del grosor de la placa o la parte plana 4, dejando una capa 8 de material

que queda sin cortar y es continuo, el mencionado al menos un corte 6, 6' proporcionándose en la cara externa 3 o en la interna 3' de la placa o la parte plana 4, el corte o cortes 6 preferentemente rellenándose con un material dieléctrico 7.

- 5 Preferentemente, el grosor de la capa no cortada continua 8 de la placa o la parte plana 4, es menor que el grosor de la capa marginal para la frecuencia utilizada.

De acuerdo con otra realización de la invención mostrada en la figura 16, la placa o la parte plana 4 comprende al menos un corte 6 provisto sobre su cara externa 3 y al menos un corte 6 provisto sobre su cara interna 3', cada uno de los mencionados cortes 6 extendiéndose solo sobre una parte del grosor de la placa o la parte plana 4, y los cortes 6 en caras opuestas no cruzándose entre ellos.

Para conseguir una reducción eficiente de las corrientes parásitas generadas por la acción de la bobina 2 en la placa o la parte plana 4, el al menos un corte continuo o discontinuo 6, 6' o cada uno de estos, situados sobre una de las dos caras opuestas 3 y 3' de la placa o la parte plana 4, está localizado sobre una línea recta L que pasa por el punto de intersección P de la cara considerada 3 o 3', con el eje X de la bobina 2 localizado en la carcasa o alojamiento 5. Además, el mencionado al menos un corte 6, 6' tiene una longitud que corresponde a una parte sustancial de la longitud o dimensión D de la placa o la parte plana 4, en la dirección definida por la mencionada línea recta L que cruza transversalmente la mencionada placa o la parte plana 4.

Así, el plano de cada uno de los mencionados cortes o ranuras 6, 6' consiste en un plano que comprende el eje X de la bobina 2, o pasa a través de este.

El mencionado punto de intersección P está en una situación central en la superficie interna o externa considerada, de la placa o la parte plana 4, puesto que la propia bobina está ubicada de manera centrada dentro del alojamiento 5.

Como puede observarse a partir de los dibujos 1 a 3, los cortes o ranuras 6 pueden extenderse radialmente hasta la periferia exterior de la placa o la parte plana 4.

Sin embargo, como se ilustra mediante las figuras 4 a 11 y 15, preferentemente los cortes o ranuras 6 no se extienden al área anular más externa, correspondiente a la sección de la pared lateral del alojamiento 5 (visto desde la cara de trabajo), cuando el alojamiento 5 del sensor 1 es un alojamiento metálico de una pieza, que tiene una parte plana 4 que define la cara de trabajo 3 (superficie externa de la mencionada parte 4). El área no cortada (que forma un anillo de anchura a, en torno a la periferia de la parte plana 4) tiene una anchura correspondiente al grosor de la pared lateral del alojamiento 5.

Para mantener en la medida de lo posible la dureza y la resistencia mecánica del sensor, y simultáneamente incrementar de forma considerable la característica del mencionado sensor, mediante reducir la acción de interferencia de la placa o la parte plana 4, la invención propone que esta última comprenda al menos dos cortes 6 soportados a pares por la misma línea recta L que pasa por el punto de intersección P de la cara considerada 3 o 3' de la placa o la parte plana 4 con el eje X de la bobina 2, y en localización mutuamente simétrica con respecto al mencionado punto de intersección P, formando así al menos un corte discontinuo 6' compuesto de dos segmentos 6 soportados por la misma línea recta L y separados por una distancia d en la región del mencionado punto de intersección P (figuras 6 a 9 y 11).

Así, al mantener la región central de la placa o la parte plana 4 sin cortar, se mantiene un área de puente material entre los sectores formados por los cortes interrumpidos o discontinuos, que permite preservar sustancialmente la integridad estructural de la mencionada placa o parte plana 4. El diámetro de la parte central no cortada es aproximadamente de 1/5 a 1/15, preferentemente en torno a 1/10, de la dimensión transversal de la cara de trabajo frontal 3, dependiendo de la forma concreta de la bobina o de su ferrita posiblemente asociada.

Cada segmento 6 de cada corte discontinuo 6' se extiende continuamente desde el borde de la placa o la parte plana 4 (posiblemente dejando un área exterior no cortada - véase áreas no cortadas de anchura a, en la figura 8) hasta la región central no cortada, que se extiende en torno al punto de intersección P.

Como se muestra en las figuras 6, 8, 9 y 11, los cortes 6, 6' pueden localizarse ventajosamente sobre diferentes líneas rectas L que pasan todas a través del punto de intersección P y se disponen en torno al mencionado punto P, preferentemente en una disposición angular circunferencial sustancialmente uniforme.

Adicionalmente, la placa o la parte plana 4 pueden comprender además cortes secundarios 9 que se extienden entre los cortes considerados como cortes primarios 6, sin conexión con estos últimos y dispuestos en torno al punto de intersección P en una o varias capas concéntricas localizadas a diversas distancias respecto del mencionado punto P (figuras 9 y 11).

Estos cortes secundarios 9 pueden reducir los bucles menores de corrientes parásitas en la placa o la parte plana 4.

Los inventores han llevado a cabo varios experimentos para validar el principio de la invención, y para optimizar la configuración de las ranuras y los cortes en la cara de trabajo metálica 3 del sensor 1, formada por la placa o la parte plana 4. Estos serán ahora descritos y explicados con referencia a las figuras 17 a 25.

## ES 2 324 718 T3

Esta primera serie de experimentos se llevó a cabo utilizando un denominado sensor inductivo M12 (sensor con una carcasa cilíndrica roscada externamente, con un diámetro de 12 mm).

5 En primer lugar los inventores estudiaron la dependencia de la “visibilidad” del objetivo respecto de la topología del objetivo, teniendo en cuenta que la geometría del peor objetivo será la mejor geometría del plano sensible (cara de trabajo).

10 Este enfoque permitió simplificar la experimentación, que se realizó con un sensor inductivo M12 con una caja de bronce y una cara de trabajo de plástico, utilizando una bobina rígidamente montada en una copa de ferrita.

15 De forma más precisa, los parámetros de la bobina inductiva son los siguientes: número de vueltas: 200, diámetro del cable de cobre de la bobina: 0,08 mm. La bobina se puso en una copa de ferrita B 65933-A-X22 (Epcos AG) con un diámetro externo de 7,35 mm y 3,6 mm de altura. Las medidas del factor de calidad se realizaron con el uso del medidor de factor de calidad E7-20.

20 El conjunto experimental se muestra en la figura 17. El factor de calidad de la bobina se midió (frecuencia de oscilación de 50 kHz) para varias distancias entre la cara de trabajo del sensor y el plano del objetivo.

25 En lugar de objetivos de acero estándar correspondientes a las normas internacionales IEC 60947-5-2, los inventores utilizaron objetivos de cobre de los mismos tamaños con diversas topologías de la superficie metálica. Las formas de los mencionados objetivos número 1 a número 10 se muestran en la figura 18.

30 Los objetivos se fabricaron de acuerdo con el método de litografía de papel recubierto endurecido, y consistieron en discos delgados 12 mm de diámetro con ranuras de varias configuraciones. El grosor de la lámina de cobre es de 0,06 mm ( $\alpha \sim 0,25$  mm), y la anchura de las ranuras en el metal es de 0,4 mm.

En una primera serie de experimentos se probó los objetivos números 1 a 4. Los resultados experimentales de esta serie se presentan en la figura 19.

35 Para estar en disposición de discutir los resultados obtenidos, parece aconsejable definir un denominado “coeficiente de superficie del objetivo”. Bajo este término entenderemos la relación del área de ranuras en el objetivo metálico, respecto del área total del objetivo. Es evidente que para el objetivo 1 este valor es igual a cero, y que para los objetivos de números 2 a 4 es aproximadamente el mismo, e igual a  $\sim 0,5$ .

40 Como se sigue de la figura 19, la respuesta del sensor (variación del factor de calidad frente a la distancia al objetivo) para objetivos con prácticamente el mismo coeficiente de superficie objetivo, depende enormemente de la topología del objetivo, es decir de la configuración de las ranuras sobre los objetivos. Cuando las partes metálicas del objetivo no forman circuitos cerrados, la sensibilidad del sensor al objetivo es prácticamente inexistente. A su vez, esto significa que el uso de tal topología con múltiples conexiones, a modo de cara de trabajo metálica de un sensor, en lugar de una cara de plástico, no debería conducir a una caída sustancial de la sensibilidad del sensor hacia objetivos convencionales.

45 La diferencia en los resultados relacionados con los objetivos números 1 y 2, puede explicarse por la única diferencia en los coeficientes de superficie del objetivo: el área del recubrimiento metálico del objetivo 1 tiene un tamaño del doble que la del objetivo 2, siendo su topología la misma para bucles de corriente simétricos axialmente. Esto también confirma la asunción lógica realizada por los inventores en el sentido de que, en un campo magnético con simetría axial, las corrientes parásitas forman bucles con simetría axial (en relación con el eje X de la bobina que genera el campo magnético).

50 Para usos prácticos, es de interés discutir la cuestión de la sensibilidad del sensor hacia objetivos metálicos multi-conectados, cuando el coeficiente de superficie del objetivo no excede el valor de 0,05 a 0,15. Es obvio que en el caso de un coeficiente de superficie del objetivo mínimo (plano de trabajo), sus propiedades mecánicas deberían aproximarse a las propiedades mecánicas de la superficie de trabajo continua o sólida. Como se ve a partir de la figura 18, el coeficiente de superficie de 0,05 a 0,15 corresponde a los objetivos números 6 a 8. Los resultados de las pruebas para estos objetivos se proporcionan en la figura 20.

55 Se puede ver que un solo corte en el objetivo metálico macizo puede ser suficiente para cambiar en varias veces el valor de la sensibilidad del sensor al objetivo. La figura muestra que con un mayor incremento en el número de cortes en la cara de trabajo, las propiedades del objetivo metálico se aproximan de forma asintótica a las del dieléctrico, en sus efectos sobre el sensor inductivo.

Los resultados proporcionados en la figura 21 ilustran el efecto del anillo metálico cerrado (pared anular no cortada) a lo largo del perímetro del objetivo cortado, sobre la sensibilidad del sensor.

65 El anillo conductor periférico incrementa ligeramente la sensibilidad del sensor al objetivo. Al mismo tiempo se mantiene una tendencia general, consistente en el hecho de que el incremento en el número de cortes en la superficie metálica conduce a una reducción de la interacción objetivos-bobina de inducción y, como se mencionó arriba, esto conduce al efecto contrario para la cara de trabajo del sensor.

## ES 2 324 718 T3

Para confirmar las ventajas prácticas de la invención propuesta y para optimizarlas, los resultados ilustrados en las figuras 19 al 21 se utilizaron en varios experimentos directos.

En primer lugar, los inventores compararon modelos de sensor con caras de trabajo metálicas cortadas (la misma topología que para los objetivos números 9 y 10 de la figura 18), con una cara de trabajo plástica plana, así como con una cara de trabajo continua completamente metálica (sin cortes). Sus parámetros principales se proporcionan en la siguiente tabla 1.

TABLA 1

|                                              | modelo 1  | modelo 2         | modelo 3                 | modelo 4               | modelo 5                 |
|----------------------------------------------|-----------|------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>Materiales del alojamiento del sensor</b> | bronce    | acero inoxidable | acero inoxidable         | acero inoxidable       | bronce                   |
| <b>Materiales de la cara del sensor</b>      | plástico  | acero inoxidable | acero inoxidable         | acero inoxidable       | bronce                   |
| <b>Grosor de la cara del sensor, mm</b>      | 0,5       | 1                | 1                        | 1                      | 1                        |
| <b>Topología de la cara</b>                  | una pieza | una pieza        | cuatro piezas o sectores | ocho piezas o sectores | cuatro piezas o sectores |
| <b>Número de espiras de la bobina</b>        | 200       | 200              | 200                      | 200                    | 200                      |

Para los modelos 3 y 4 con una cara de trabajo de acero inoxidable, las ranuras de 0,2 mm de anchura se fabricaron con la ayuda de tecnología de corte por láser. En el caso del modelo 5 con una cara de trabajo del bronce, las ranuras se fabricaron de modo mecánico.

La primera serie de experimentos, que confirman la posibilidad de conseguir el objetivo de la invención propuesta, consistieron en tomar medidas de la dependencia con la frecuencia, del factor de calidad del mismo circuito oscilatorio situado en varios alojamientos. Los datos resultantes se muestran mediante los diagramas de la figura 22.

Los cortes en la cara de trabajo metálica 3, 4 del sensor 1 conducen a un incremento sustancial (más del doble) en el factor de calidad, en comparación con una cara de trabajo completamente metálica (no cortada o continua). Es necesario subrayar que este efecto no es una consecuencia de ningún factor geométrico, puesto que el coeficiente de superficie de la cara de trabajo no excede de 0,05 en el caso de las caras cortadas, es decir que es prácticamente igual al de la cara metálica completa o no cortada.

Otro resultado interesante es el hecho de que el factor de calidad del sensor con una superficie de trabajo de acero inoxidable no cortada (modelo 2), y el del sensor con la superficie de bronce cortada (modelo 5) tienen un valor próximo, aunque la conductividad eléctrica del bronce es considerablemente mayor que la del acero inoxidable. Por lo tanto, también es posible producir sensores con alojamientos fabricados de materiales que son buenos conductores.

La segunda serie de experimentos (realizada con los mismos modelos) incluye la medida del factor de calidad como una función de la distancia entre la cara de trabajo del sensor, y la superficie del objetivo cuadrado de acero

## ES 2 324 718 T3

estándar de 12 x 12 x 1 mm. Fueron manejados a dos frecuencias fijas de 50 kHz y 80 kHz. Como unidad de medida de la sensibilidad del sensor, los inventores utilizaron el valor diferencial  $\Delta Q$  del factor de calidad, calculado respecto del valor del factor de calidad en ausencia del objetivo:

$$\Delta Q = Q(x) - Q(\infty) \quad (3)$$

$Q(x)$  = factor de calidad de circuito cuando el objetivo estándar está a una distancia de  $x$  milímetros respecto del sensor,  $Q(\infty)$  = factor de calidad del circuito en ausencia de objetivo.

Los resultados de estas medidas experimentales se muestran en los diagramas de las figuras 23 (frecuencia de circuito oscilador de 50 kHz) y 24 (frecuencia de circuito oscilador de 80 kHz).

Los sensores inductivos de presencia o posición tratados por la invención son sensores de tipo relé, es decir que funcionan o se disparan cuando una señal inducida por un objetivo metálico excede el valor predeterminado del voltaje umbral ajustado del sensor. Por lo tanto, para comparar los rangos de funcionamiento de varios sensores es necesario determinar su respectivo umbral de funcionamiento, eventualmente determinado por la electrónica utilizada para el tratamiento de la señal. Para proseguir aquí la discusión, debe tomarse como valor umbral  $\Delta Q = 0,1$ .

Aplicando esto a la figura 23 se tiene como resultado una distancia de operación de 4 mm para un sensor con una cara de trabajo de una pieza entera de acero inoxidable (modelo 2), y 5,5 mm para un sensor con cara de plástico (modelo 1). Cortés o ranuras en la superficie de trabajo metálica (modelos 3, 4) conducen a un incremento en la distancia de operación del sensor, en comparación con la superficie de trabajo metálica no cortada. En el caso de una frecuencia de oscilación de 80 kHz, la distancia de operación del sensor es de 3,5 mm para una cara de trabajo de acero inoxidable no cortada (modelo 2), pero se incrementa de 5,2 a 5,6 mm para la cara de trabajo provista con cortes o ranuras (modelos 4 y 5 - figura 24).

Las pruebas anteriores sobre ejemplos de realizaciones de la invención, demuestran que los cortes o ranuras delgados en la cara de trabajo metálica del sensor, conducen a un incremento sustancial (más de 1,5) en su distancia de funcionamiento.

Otra serie de experimentos permitió optimizar las propiedades mecánicas del sensor mediante elegir formas concretas de cortes o ranuras.

El conjunto utilizado fue el mismo que en la figura 17, con las diferencias de que el diámetro del sensor fue de 30 mm y de que el objetivo fue una placa cuadrada de acero (de 1 mm de grosor) de un tamaño de 60 x 60 milímetros.

Las partes planas de los alojamientos que forman las caras de trabajo de los modelos de sensor comparados, se fabricaron de acero inoxidable de 1 mm de grosor y tuvieron la siguiente configuración o topología, de cortes o ranuras:

- modelo 6: los mismos cortes que en la figura 8 (con:  $d = 3$  mm,  $D = 30$  mm y  $a = 2$  mm),
- modelo 7: los mismos cortes que en la figura 6 (con:  $d = 3$  mm,  $D = 30$  mm y  $a = 2$  mm),
- modelo 8: los mismos cortes que en la figura 4 (con  $D = 20$  mm y  $a = 2$  mm),
- modelo 9: los mismos cortes que en la figura 5 (con  $D = 20$  mm y  $a = 2$  mm),
- modelo 10: sin cortes.

Los parámetros de la bobina de inducción de los sensores fueron los siguientes: número de espiras = 260, diámetro del cable de cobre de la bobina = 0,2 mm. La bobina se colocó en una copa de ferrita B65939-A-X22 EPCOS con un diámetro externo de 24,5 mm y una altura de 8,8 mm. Se realizó medidas del factor de calidad con el uso de un medidor del efecto de calidad E7-20. El factor de calidad de la bobina se midió (frecuencia de oscilación de 10 kHz) para varias distancias entre la cara del sensor y el plano del objetivo.

Los resultados de las medidas se proporcionan en la figura 25.

Igual que para el sensor M12 anterior, el corte de la cara metálica conduce a un incremento evidente de la distancia de trabajo. Al mismo tiempo puede extraerse otra conclusión muy importante: los sensores con cortes interrumpidos (modelos 6, 7) son iguales en términos de propiedades inventivas, a aquellos con el corte completo (modelos 8, 9). Este conocimiento conduce a una importante ventaja, en vista de la solidez mecánica del sensor. También se observó que el incremento adicional hasta 8 mm de la zona central sin corte, tuvo como resultado una disminución del 20% de la señal de la bobina.

De acuerdo con la invención y dependiendo de la relación [incremento del funcionamiento de las medidas/resistencia y fuerza mecánicas del alojamiento del sensor], la relación (tal como se definió antes, coeficiente de superficie) de

la superficie aparente del corte o cortes 6 respecto de la superficie total de la placa o la parte plana 4, está comprendida dentro del intervalo 0,001 a 0,9.

Dentro de una primera realización alternativa, puede proponerse que la relación de superficie del corte o de los cortes 6 respecto de la placa o la parte plana, está comprendida en el intervalo entre 0,01 y 0,10, preferentemente en torno a 0,05.

Dentro de una segunda realización alternativa puede proponerse que la relación de superficie del corte o cortes 6 frente a la placa o la parte plana 4, está comprendida en el intervalo entre 0,05 y 0,20, preferentemente en torno a 0,10.

Aunque puede contemplarse cualquier forma posible (por ejemplo, véase las figuras 10 y 11), la placa o la parte plana 4 tienen preferentemente una forma de disco circular.

Además, la parte plana 4 consiste preferentemente en una pared de cierre de extremo unitaria, de un alojamiento cilíndrico o carcasa 5 con sección circular, preferentemente estando la superficie exterior del mencionado alojamiento o carcasa 5 equipada con un roscado.

La técnica descrita para proporcionar cortes o ranuras en la cara de trabajo metálica, proporciona un considerable incremento de la distancia de trabajo del sensor de inducción en cuestión. Existe la posibilidad de dejar la zona central sin cortar, sin una caída esencial de la funcionalidad y el rendimiento del sensor.

Por supuesto, la presente invención no está limitada a las realizaciones preferidas descritas y representadas aquí, y puede realizarse cambios o utilizarse equivalentes sin apartarse del alcance de la invención.

## Referencias citadas en la descripción

*La lista de referencias citadas por el solicitante es solo para comodidad del lector. No forma parte del documento de Patente Europea. Aunque se ha tomado especial cuidado en recopilar las referencias, no puede descartarse errores u omisiones y la EPO rechaza toda responsabilidad a este respecto.*

## Documentos de patentes citados en la descripción

- EP 05 360 003 A [0004]

## Bibliografía no de patentes citada en la descripción

- RICHARD (P). FEYNMAN; ROBERT B. LEIGHTON; MATTHEW SANDS. "The Feynman lectures on physics". Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1964, vol. 2, [0019]

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Sensor inductivo de presencia, proximidad o posición, que comprende una bobina de inducción que define una cara de trabajo o activa del sensor, correspondiente a la cara externa de una placa de cubierta o de una parte sustancialmente plana del alojamiento o de la carcasa que contiene la mencionada bobina, estando la mencionada placa o parte plana fabricada de un metal con gran resistencia mecánica y estando en disposición sustancialmente perpendicular al eje de la bobina,
- 10 sensor (1) **caracterizado** porque la mencionada placa o parte plana (4) comprende al menos un corte o discontinuidad lineal similar (6, 6'), que se extiende al menos parcialmente a través de la mencionada placa o parte plana (4).
- 15 2. Sensor inductivo acorde con la reivindicación 1, **caracterizado** porque el mencionado al menos un corte que se extiende transversalmente (6, 6') está sustancialmente centrado con respecto al área superficial total de la placa o la parte plana (4).
- 20 3. Sensor inductivo acorde con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque el mencionado al menos un corte (6, 6') se extiende a través de todo el grosor de la placa o la parte plana (4), formando así una ranura que está preferentemente rellena de forma compacta con un material dieléctrico (7).
- 25 4. Sensor inductivo acorde con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque el al menos un corte (6, 6') se extiende solo sobre una parte del grosor de la placa o la parte plana (4), dejando una capa (8) de material sin cortar y continua, el mencionado al menos un corte (6, 6') estando provisto sobre la cara externa (3) o interna (3') de la placa o la parte plana (4), el corte o cortes (6) estando preferentemente rellenos con un material dieléctrico (7).
- 30 5. Sensor inductivo acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el al menos un corte continuo o discontinuo (6, 6') situado en una de las dos caras opuestas (3 y 3') de la placa o la parte plana (4), está situado sobre una línea recta (L) que pasa a través del punto de intersección (P) de la cara considerada (3 o 3') con el eje (X) de la bobina (2) localizado en la carcasa o el alojamiento (5), y porque el mencionado al menos un corte (6, 6') tiene una longitud que corresponde a una parte sustancial de la longitud o dimensión (D) de la placa o la parte plana (4), en la dirección definida por la mencionada línea recta (L) que atraviesa transversalmente la mencionada placa o parte plana (4).
- 35 6. Sensor inductivo acorde con la reivindicación 5, **caracterizado** porque la placa o la parte plana (4) comprende al menos dos cortes (6), soportados en pares por la misma línea recta (L) que pasa a través del punto de intersección (P) de la cara considerada (3 o 3') de la placa o la parte plana (4) con el eje (X) de la bobina (2), y situados de forma mutuamente simétrica con respecto al mencionado punto de intersección (P), formando así al menos un corte discontinuo (6') compuesto de dos segmentos (6) soportados por la misma línea recta (L) y separados por una distancia dada (d) en la región del mencionado punto de intersección (P).
- 40 7. Sensor inductivo acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la placa o la parte plana (4) comprende un corte (6, 6').
- 45 8. Sensor inductivo acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la placa o la parte plana (4) comprende al menos dos, preferentemente una pluralidad de cortes (6, 6').
- 50 9. Sensor inductivo acorde con la reivindicación 8 cuando depende de la reivindicación 6, **caracterizado** porque los cortes (6, 6') están localizados en diferentes líneas rectas (L) que pasan todas a través del punto de intersección (P) y dispuestos alrededor del mencionado punto (P), preferentemente en una disposición angular circunferencial sustancialmente uniforme.
- 55 10. Sensor inductivo acorde con la reivindicación 9, **caracterizado** porque la placa o la parte plana (4) comprende además cortes secundarios (9) que se extienden entre los cortes (6) considerados como cortes primarios, sin conexión con estos últimos y dispuestos en torno al punto de intersección (P) en una o más capas concéntricas situadas a diversas distancias respecto del mencionado punto (P).
- 60 11. Sensor inductivo acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque la relación de la superficie aparente del corte o cortes (6) frente a la superficie total de la placa o la parte plana (4), está comprendida entre 0,001 y 0,9.
12. Sensor inductivo acorde con la reivindicación 11, **caracterizado** porque la relación de superficie del corte o cortes (6) frente a la placa o la parte plana está comprendida entre 0,01 y 0,10, preferentemente en torno a 0,05.
- 65 13. Sensor inductivo acorde con la reivindicación 11, **caracterizado** porque la relación de superficie del corte o cortes (6) frente a la placa o la parte plana (4) está comprendida entre 0,05 y 0,20, preferentemente en torno a 0,10.

## ES 2 324 718 T3

14. Sensor inductivo acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** porque la placa o la parte plana (4) tienen una forma de disco circular.

5 15. Sensor inductivo acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado** porque la parte plana (4) consiste en una pared de cierre de extremo unitaria, de un alojamiento cilíndrico o carcasa (5) con sección circular, la cara externa del mencionado alojamiento o carcasa (5) estando preferentemente provista con un roscado.

10 16. Sensor inductivo acorde con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado** porque la placa o la parte plana (4) está fabricada de un acero especial, preferentemente de acero inoxidable.

15

20

25

30

35

40

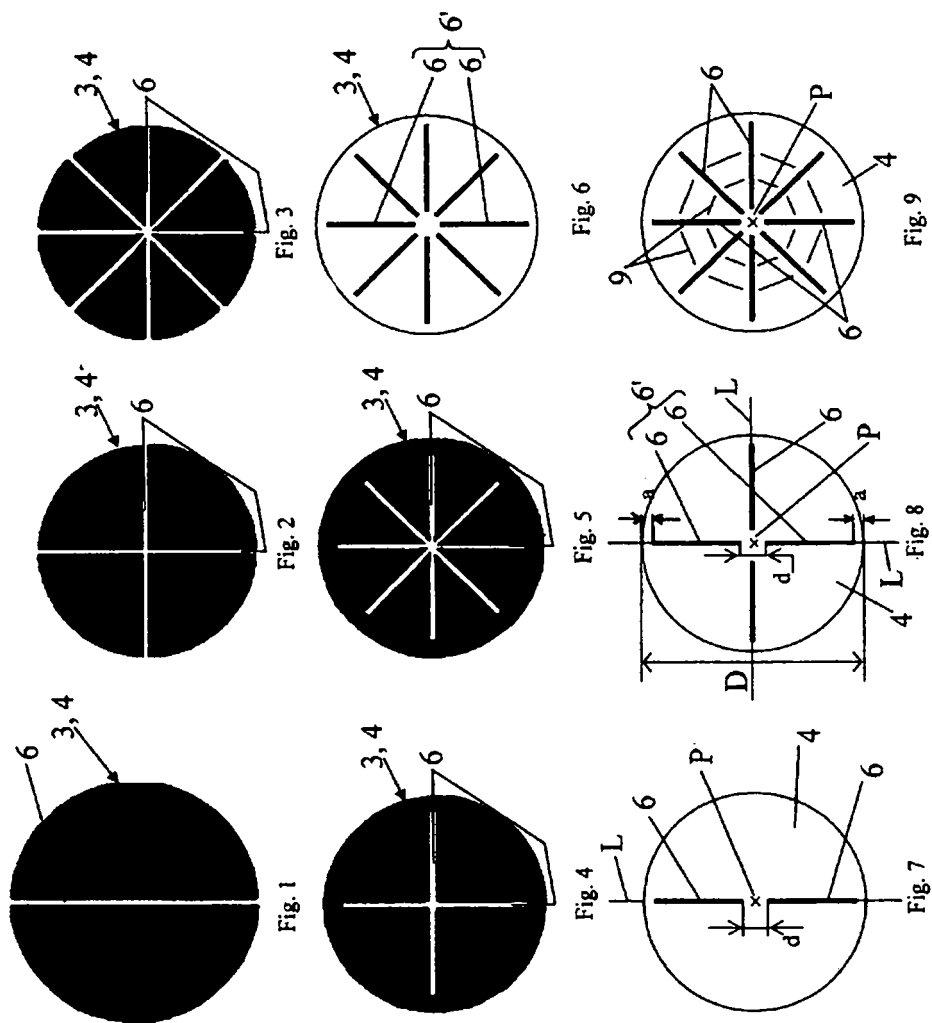
45

50

55

60

65



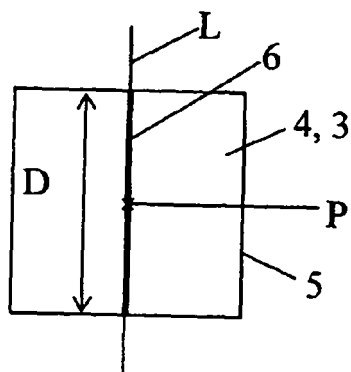


Fig. 10

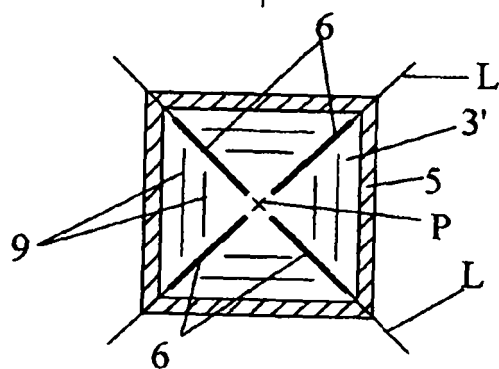


Fig. 11

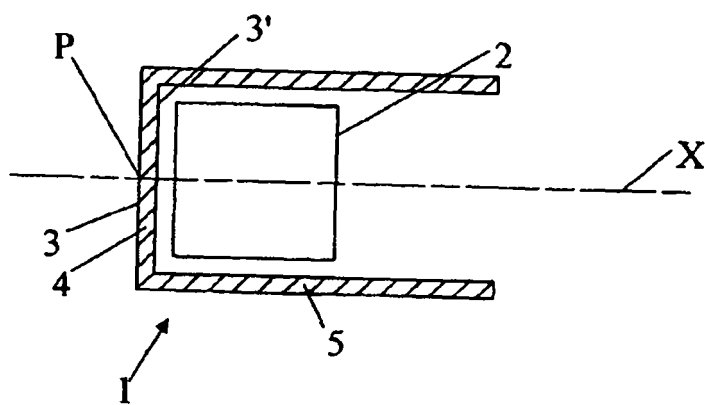


Fig. 12

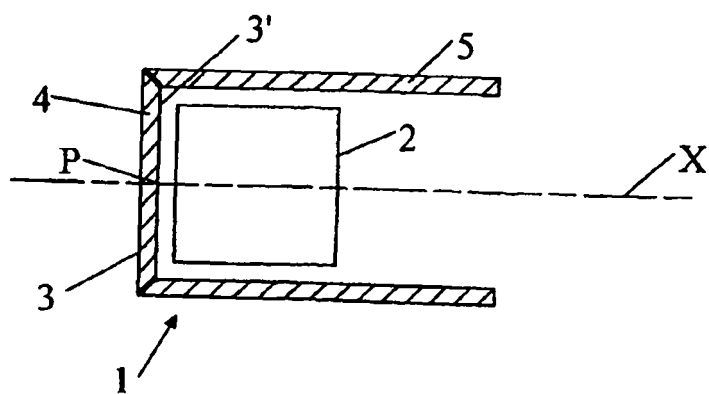


Fig. 13

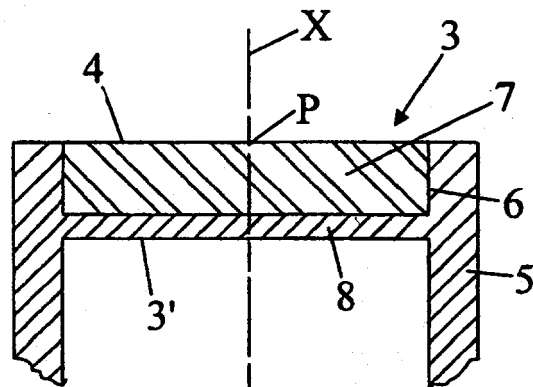


Fig. 14

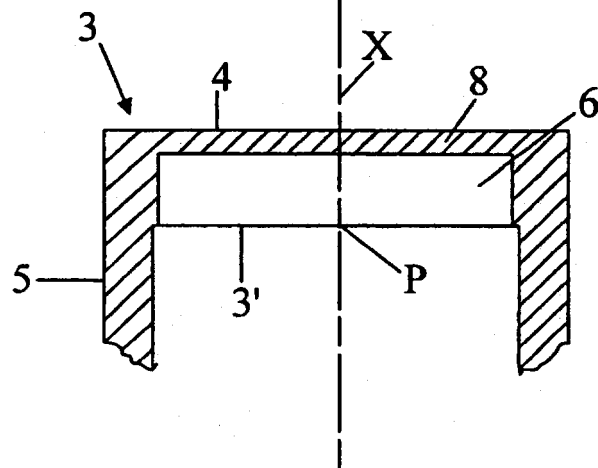


Fig. 15

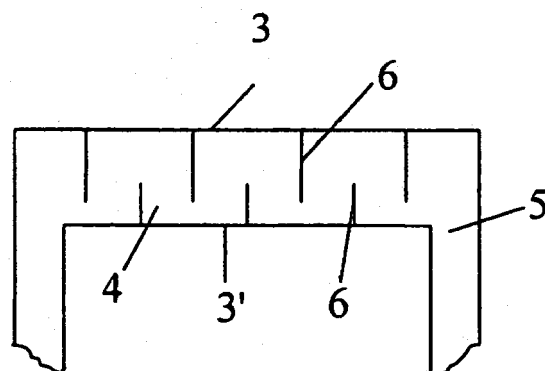


Fig. 16

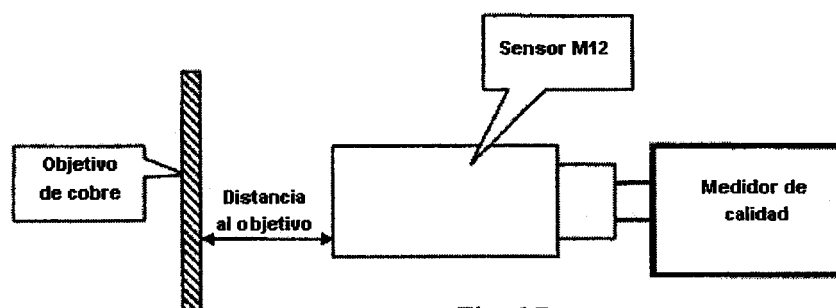


Fig. 17

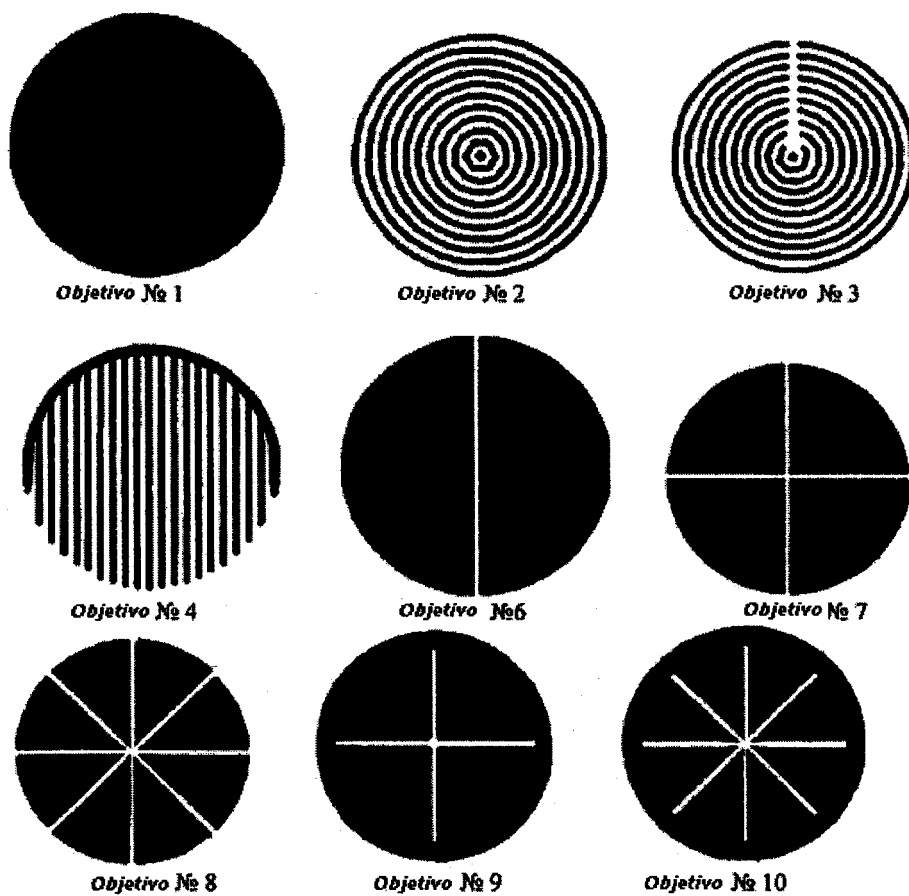


Fig.18

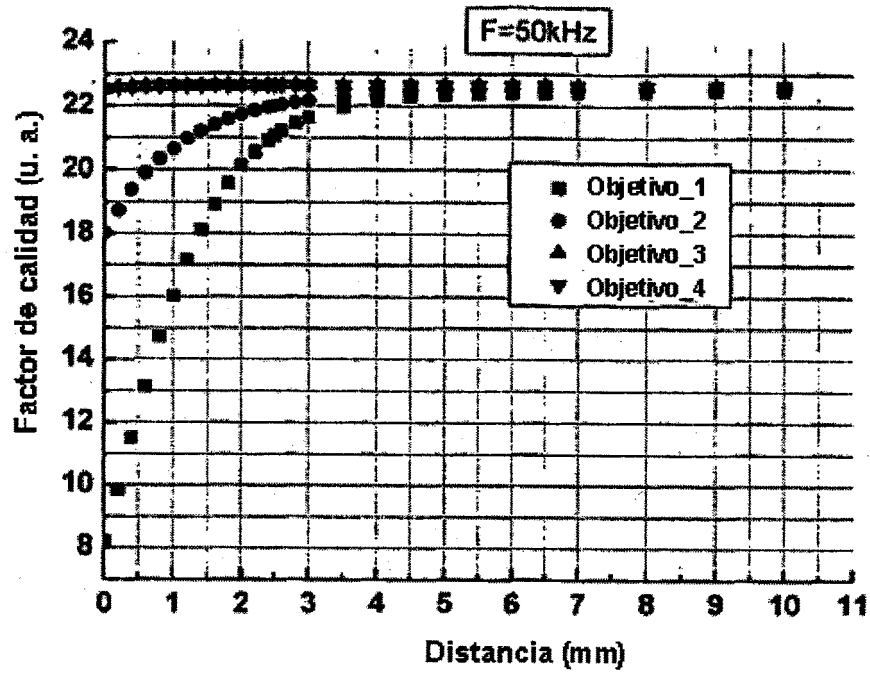


Fig. 19

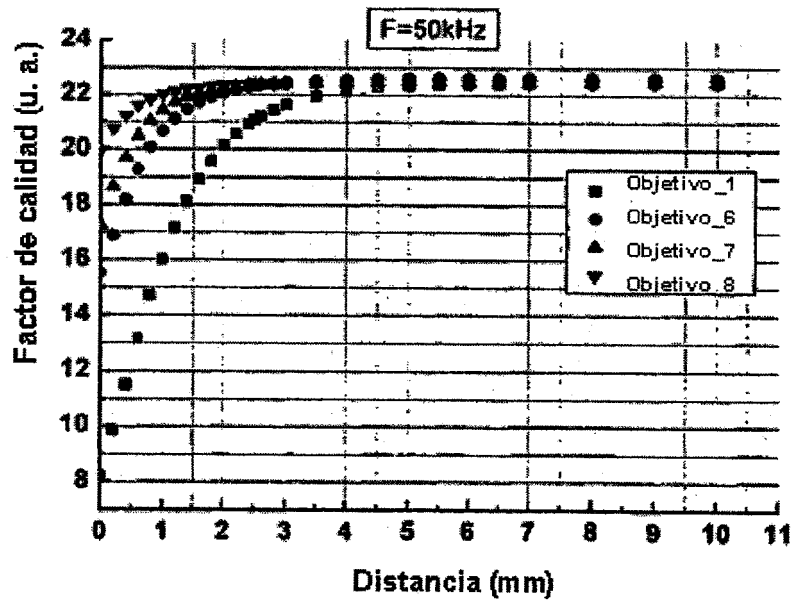


Fig. 20

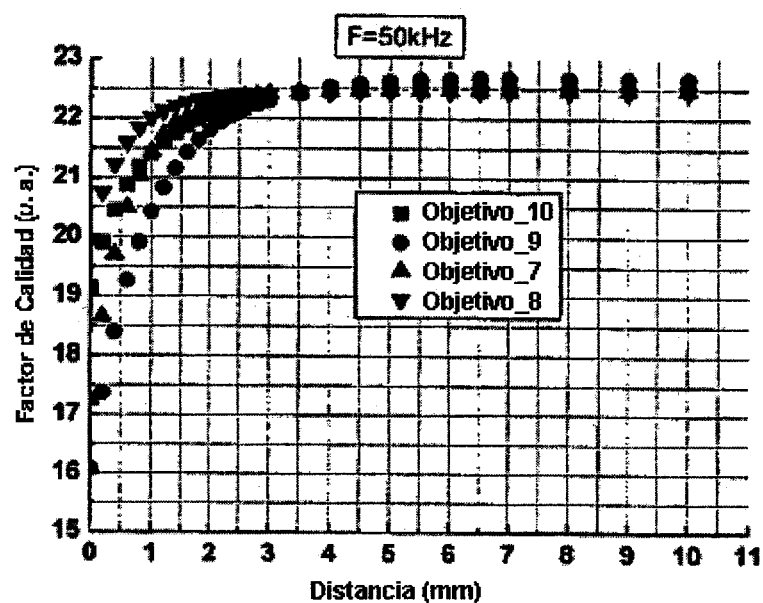


Fig. 21

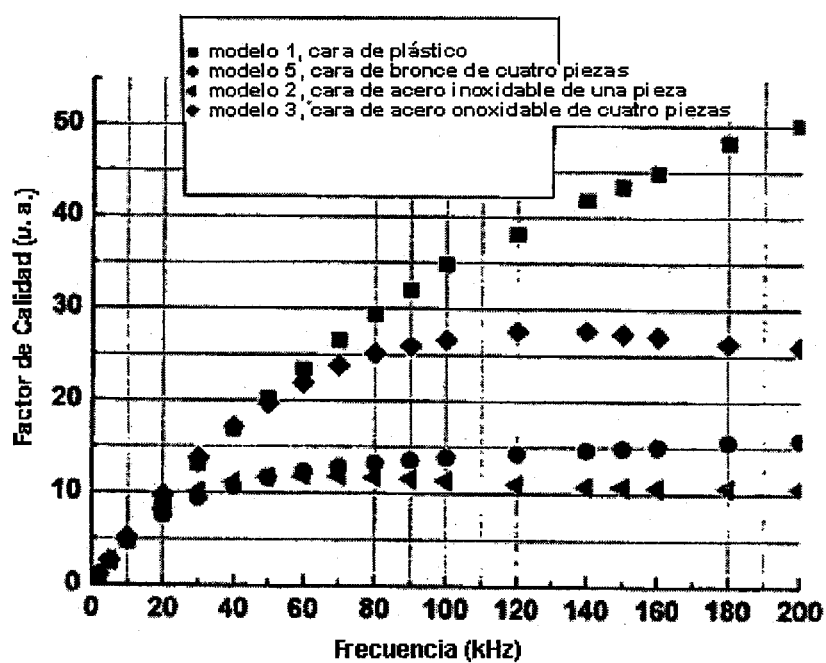


Fig. 22

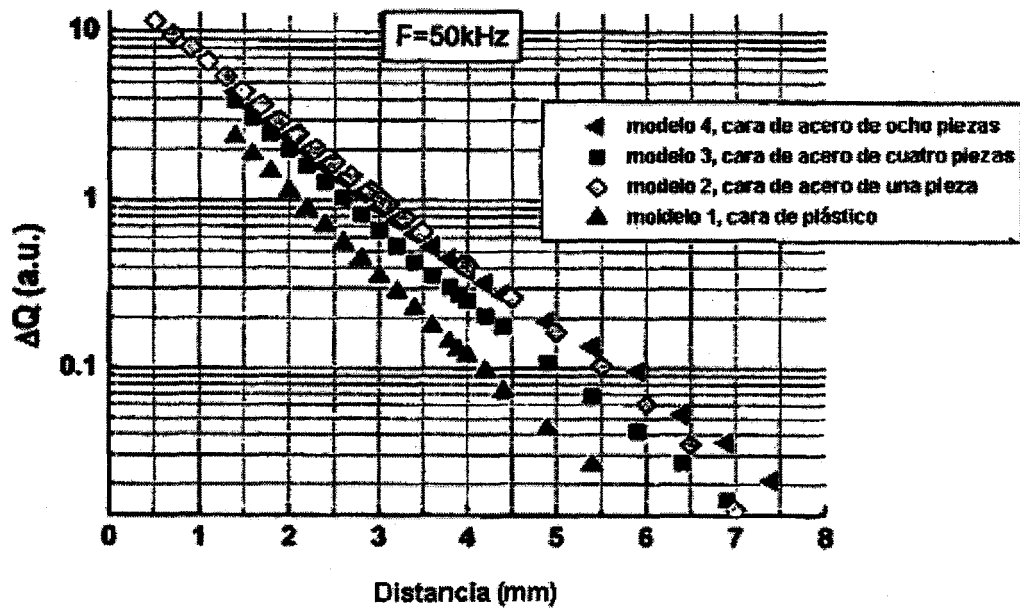


Fig. 23

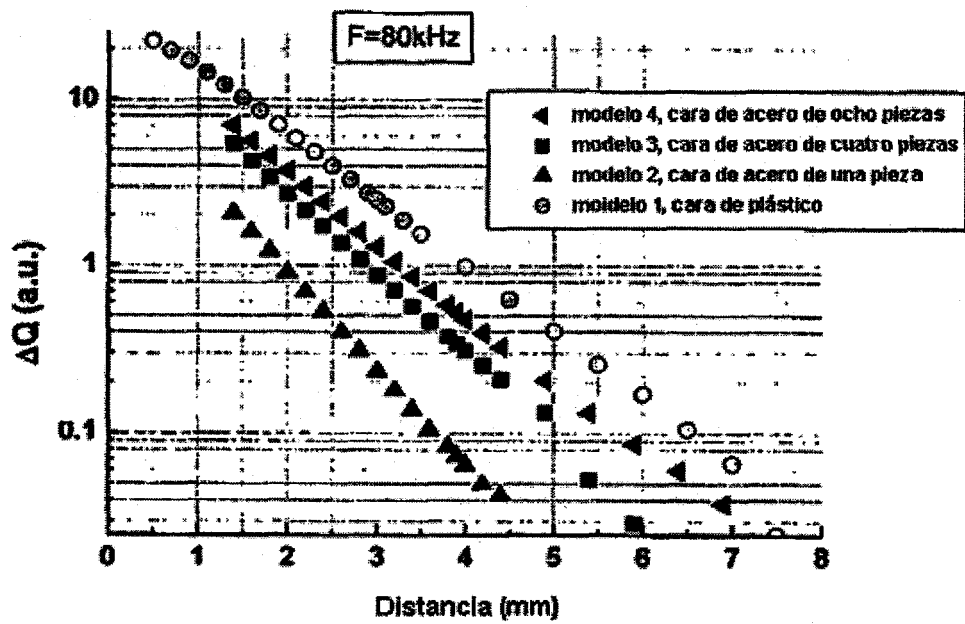


Fig. 24

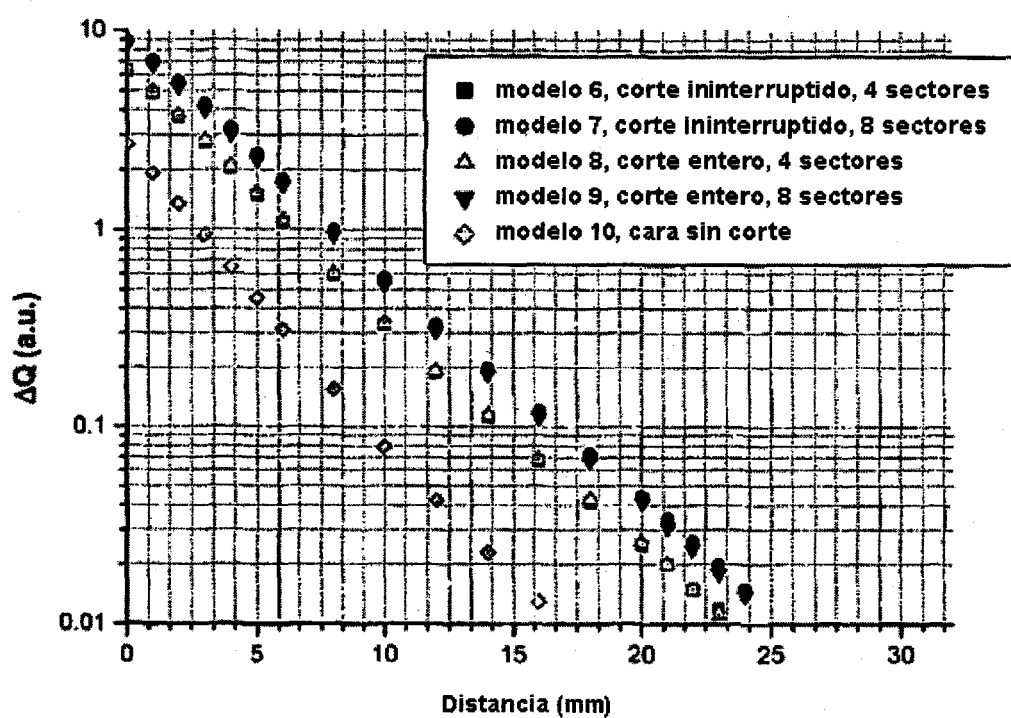


Fig. 25