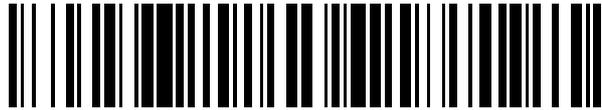


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 443 566**

21 Número de solicitud: 201231149

51 Int. Cl.:

**G01R 33/02** (2006.01)

**G01R 29/08** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**19.07.2012**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**19.02.2014**

Fecha de la concesión:

**27.11.2014**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**04.12.2014**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2013/070446**

73 Titular/es:

**WAVECONTROL, S. L. (100.0%)**

**C. Pallars, 65-71**

**08018 BARCELONA (Barcelona) ES**

72 Inventor/es:

**FREIRE ROSALES, Manuel José;**

**BERNAL MÉNDEZ, Joaquín;**

**ALONSO CASTRO, Carlos y**

**DEROUSSEAU, Laurent**

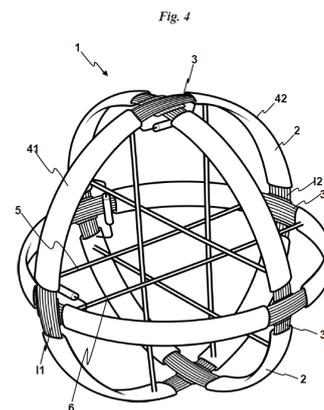
74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

54 Título: **SENSOR ISÓTROPO DE CAMPOS MAGNÉTICO Y ELÉCTRICO**

57 Resumen:

Sensor isótropo de campos magnético y eléctrico.  
Sensor isótropo 1, que comprende tres unidades sensoras 2, provistas de un devanado de hilo conductor 3 envuelto por una pantalla conductora 4, estando la pantalla 4 interrumpida en dos primeras zonas I1, I2 diametralmente opuestas, estando en una de dichas zonas I1, I2 los terminales de medición  $V_{\text{sub},B}$  de las corrientes inducidas, en el que los dos extremos de cada tramo de pantalla 41, 42 en las dos primeras zonas I1, I2 están conectados dos a dos mediante conductores 5, 6 y comprende dos segundas zonas I3, I4 de interrupción dispuestas en un punto medio de cada uno de los tramos de pantalla 41, 42, de modo que es posible medir a altas frecuencias de forma simultánea, independiente y con precisión, tanto el campo magnético B como el campo eléctrico E.



ES 2 443 566 B1

## DESCRIPCIÓN

Sensor isótropo de campos magnético y eléctrico

- 5 La presente invención se refiere a un sensor isotrópico para la medida simultánea y con gran precisión del campo eléctrico y el magnético en lugares en los que se desconocen las características de estos campos.

**Antecedentes de la invención**

- 10 Existen distintas soluciones para la realización de sensores de campos eléctricos y magnéticos de frecuencias por debajo de unos pocos kilohertzios. Estos sensores cubren las bandas ELF, SLF y ULF que se extienden desde los 3 Hz a los 3 kHz y que denominaremos en adelante bajas frecuencias (BF). Los sensores de campo eléctrico (E) están basados en elementos capacitivos tales como por ejemplo condensadores de placas planas y paralelas. Los sensores de campo magnético (B) están basados en devanados en los que el campo B induce una corriente en virtud de la Ley de Faraday. Para hacer este devanado inmune al campo E, el devanado se
- 15 apantalla mediante un blindaje metálico. Este blindaje suele contar con una abertura o *gap* cuya función es impedir la circulación de corrientes inducidas por el campo B en el blindaje.

- Existen algunos diseños de sonda que permiten medir campos E y B de BF simultáneamente. Estos sensores consisten en una espira con dos aberturas diametralmente opuestas en las que se disponen elementos de balanceado (baluns) para trasladar los voltajes medidos en las dos aberturas hasta un circuito de suma y resta de corrientes cuyas señales de salida son proporcionales a los campos E y B.
- 20 El inconveniente de este diseño, además de la complejidad añadida que suponen los baluns y el circuito de suma y resta de señales, es que su respuesta al campo B solamente es apreciable a frecuencias muy por encima del rango BF. Esto es debido a que el sensor consta de una única espira.

- Finalmente, existen soluciones para la medida de los campos E y B de BF que proponen aumentar la sensibilidad al campo B mediante un devanado de varias vueltas que se haya apantallado por un blindaje con dos aberturas.
- 25 Concretamente, se trata de sensores isótropos de campos magnético B y eléctrico E, que comprenden tres unidades sensoras, comprendiendo cada unidad sensora un devanado de hilo conductor envuelto por una pantalla conductora, estando la pantalla interrumpida en dos primeras zonas diametralmente opuestas, de modo que se definen dos tramos de pantalla independientes, estando en una de dichas zonas los terminales de medición de las corrientes inducidas por el campo magnético en el devanado de hilo conductor y en la otra zona los terminales de medición del voltaje inducido en la pantalla por el campo eléctrico.

- Este blindaje actúa como sensor de campo E de manera similar a la espira con dos aberturas que se ha descrito en el párrafo anterior. Un sensor como este, considerado como el estado de la técnica más cercano, se muestra en la figura 1.
- 30 Sin embargo, estos diseños no permiten la medida simultánea de E y B ya que hacen uso de partes móviles o mecánicas (interruptores) que deben ser accionadas por el operador del sensor. Además presentan el inconveniente de que la inmunidad del sensor eléctrico frente a campos B está muy limitada en frecuencia y en amplitud de campo. Ello se debe a que en esos sensores el campo B induce una corriente que recorre el perímetro del blindaje. Esto a su vez produce una corriente de desplazamiento en la abertura donde se pretende medir E, que da lugar a una caída de tensión asociada al campo B y no al E.
- 35

**Descripción de la invención**

- 45 Para superar las carencias mencionadas, la presente invención propone un sensor isótropo de campos magnético y eléctrico, que comprende tres unidades sensoras, comprendiendo cada unidad sensora un devanado de hilo conductor envuelto por una pantalla conductora, estando la pantalla interrumpida en dos primeras zonas diametralmente opuestas, de modo que se definen dos tramos de pantalla independientes, estando en una de dichas zonas los terminales de medición de las corrientes inducidas por el campo magnético en el devanado de hilo conductor y en la otra zona los terminales de medición del voltaje inducido en la pantalla por el campo eléctrico, que se caracteriza por el hecho de que los dos extremos de cada tramo de pantalla en las dos primeras zonas están conectados dos a dos mediante conductores y comprende dos segundas zonas de interrupción dispuestas en un punto medio de cada uno de los tramos de pantalla, de modo que es posible medir de forma simultánea, independiente y con precisión, tanto el campo magnético a partir de la medida en los terminales del devanado, como el campo eléctrico a partir de la medida de la diferencia de potencial entre los dos tramos de pantalla.
- 50

- El sensor de la invención permite la medida simultánea e independiente de un campo E y un campo B variables sin utilizar conmutadores ni partes móviles. También prescinde del uso de la electrónica necesaria para sumar y restar señales. También permite superar el inconveniente que presentan los sensores en los que el blindaje actúa como sensor eléctrico.
- 60

- Como se ha descrito en los antecedentes, este inconveniente consiste en que la inmunidad del sensor eléctrico frente a campos B estaba muy limitada en frecuencia y en amplitud de campo debido a que en la abertura donde se pretende medir E, existe una caída de tensión asociada al campo B y no al E. En el diseño propuesto esta caída de tensión se minimiza gracias a la particular geometría del blindaje, que ofrece a las corrientes inducidas
- 65

por el campo B un camino de más baja impedancia (elementos horizontales del blindaje) alternativo a la abertura donde se mide E. Se obtiene así un sensor eléctrico con alta inmunidad al campo B.

Según una primera alternativa, el devanado es rectangular o cuadrado, estando las primeras zonas de interrupción y las segundas zonas de interrupción dispuestas en los centros de los lados.

5 Según otra alternativa, el devanado es circular, estando las primeras zonas de interrupción y las segundas zonas de interrupción dispuestas separadas a 90° entre sí.

### Breve descripción de las figuras

10 Para mejor comprensión de cuanto se ha expuesto se acompañan unos dibujos en los que, esquemáticamente y tan sólo a título de ejemplo no limitativo, se representa un caso práctico de realización.

La figura 1 es un esquema de una de las unidades sensoras de un sensor isotrópico del estado de la técnica.

La figura 2 es un esquema de una de las unidades sensoras de un sensor isotrópico según la invención.

15 La figura 3 es una vista en alzado de un prototipo de unidad sensora, donde se aprecian los cortocircuitos entre los extremos de los tramos de pantalla conductora.

La figura 4 es una vista en perspectiva de un sensor isotrópico donde se aprecia la disposición relativa de las tres unidades sensoras.

### 20 Descripción de una realización preferida

En la figura 1 se muestra un esquema de un sensor según el estado de la técnica. Se indica también mediante flechas la dirección de la corriente inducida por un campo magnético en el sensor eléctrico. Una corriente de conducción recorre el apantallamiento y la resistencia R y el circuito se cierra con una corriente de desplazamiento que recorre la abertura situada a la derecha del apantallamiento. A frecuencias bajas (10Hz), la abertura se comporta como un abierto que impide la existencia de la corriente. Sin embargo, a frecuencias altas (3kHz) la impedancia capacitiva de la abertura disminuye de manera que permite la existencia de una corriente de desplazamiento apreciable. Esta corriente, al atravesar la resistencia R, provoca una caída de tensión  $V_R$  que puede falsear la medida del voltaje  $V_E$  asociado al sensor eléctrico.

30 Para dar respuesta a este inconveniente, la invención propone, tal como se ilustra en la figura 4, un sensor isótropo 1 de campos magnético B y eléctrico E, que comprende tres unidades sensoras 2, comprendiendo cada unidad sensora 2 un devanado de hilo conductor 3 envuelto por una pantalla conductora 4, estando la pantalla 4 interrumpida en dos primeras zonas I1, I2 diametralmente opuestas, de modo que se definen dos tramos de pantalla independientes 41, 42, estando en una de dichas zonas I1, I2 los terminales de medición  $V_B$  de las corrientes inducidas por el campo magnético B en el devanado de hilo conductor 3 y en la otra zona I1 ó I2 los terminales de medición  $V_E$  del voltaje inducido en la pantalla 4 por el campo eléctrico.

40 Los dos extremos de cada tramo de pantalla 41, 42 en las dos primeras zonas I1, I2 están conectados dos a dos mediante conductores 5, 6 y comprende dos segundas zonas I3, I4 de interrupción dispuestas en un punto medio de cada uno de los tramos de pantalla 41, 42, de modo que es posible medir a altas frecuencias de forma simultánea, independiente y con precisión, tanto el campo magnético B a partir de la medida de  $V_B$  en los terminales del devanado, como el campo eléctrico E a partir de la medida de la diferencia de potencial  $V_E$  entre los dos tramos de pantalla 41, 42. Según la realización preferida ilustrada, el devanado es circular, estando las primeras zonas I1, I2 de interrupción y las segundas zonas I3, I4 de interrupción dispuestas separadas a 90° entre sí.

50 El sensor de la invención anula la caída de tensión  $V_R$  en condiciones de sólo presencia de campo B (ausencia de campo E). El objetivo es ofrecer a la corriente inducida por el campo magnético en el blindaje, un camino de mucha menor impedancia que no pase por la resistencia R. De esta manera se incrementa drásticamente la inmunidad del sensor eléctrico frente a un campo magnético. La modificación se basa en cortocircuitar los dos extremos de la resistencia R mediante dos cables conductores que conectan entre sí las dos aberturas originales del sensor. De esta manera, no hay prácticamente corriente asociada al campo magnético recorriendo la resistencia R, por lo que la caída de tensión  $V_R$  es nula en condiciones de ausencia de campo E.

55 Para que el devanado que mide el campo magnético esté protegido convenientemente, es preciso practicar dos nuevas aberturas I3 e I4 (situadas arriba y abajo en la figura 2), de manera que la impedancia capacitiva de estas nuevas aberturas reduzca la intensidad que pueda recorrer el apantallamiento, lo que es necesario para que el devanado sea sensible solamente al campo magnético que se desea medir y no al originado por una corriente importante que recorriera el apantallamiento.

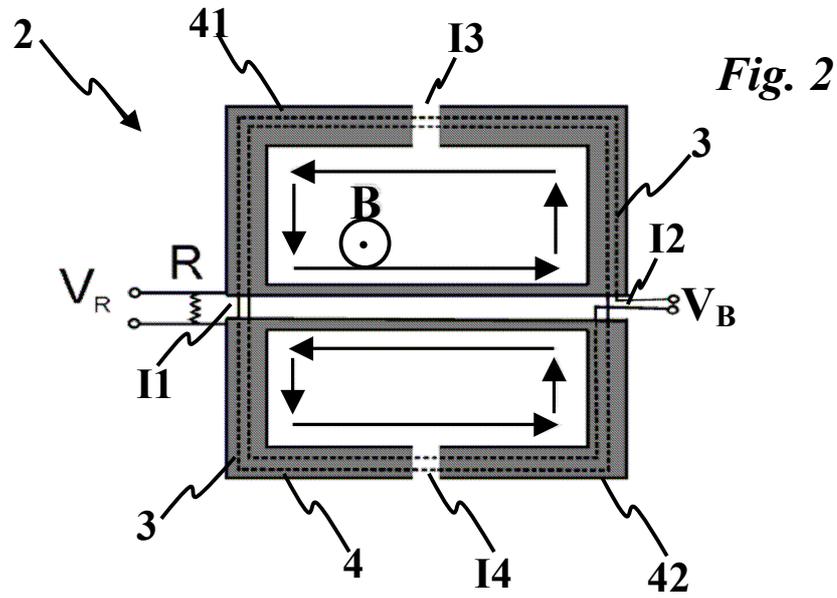
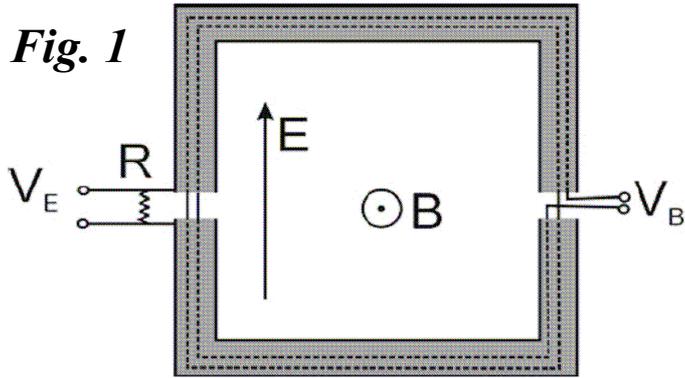
60 Desde el punto de vista de la respuesta del sensor eléctrico, la introducción del par de cables se traduce en la aparición de una débil capacidad en paralelo que se suma a la del apantallamiento, lo que aumentaría el voltaje  $V_E$  aunque de forma inapreciable. En cuanto a las dos nuevas aberturas, su efecto es el de reducir la capacidad del apantallamiento a la mitad, lo que puede compensarse duplicando el valor de la resistencia R. Esto sigue

siendo aceptable ya que la nueva resistencia sigue siendo muy inferior a la impedancia capacitiva del apantallamiento.

5 A pesar de que se ha hecho referencia a una realización concreta de la invención, es evidente para un experto en la materia que el sensor isotrópico descrito es susceptible de numerosas variaciones y modificaciones, y que todos los detalles mencionados pueden ser substituidos por otros técnicamente equivalentes, sin apartarse del ámbito de protección definido por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Sensor isótropo (1) de campos magnético (B) y eléctrico (E), que comprende tres unidades sensoras (2), comprendiendo cada unidad sensora (2) un devanado de hilo conductor (3) envuelto por una pantalla conductora (4), estando la pantalla (4) interrumpida en dos primeras zonas (I1, I2) diametralmente opuestas, de modo que se definen dos tramos de pantalla independientes (41, 42), estando en una de dichas zonas (I1, I2) los terminales de medición ( $V_B$ ) de las corrientes inducidas por el campo magnético (B) en el devanado de hilo conductor (3) y en la otra zona (I1 ó I2) los terminales de medición ( $V_E$ ) del voltaje inducido en la pantalla (4) por el campo eléctrico, **caracterizado por el hecho de que** los dos extremos de cada tramo de pantalla (41, 42) en las dos  
10 primeras zonas (I1, I2) están conectados dos a dos mediante conductores (5, 6) y comprende dos segundas zonas (I3, I4) de interrupción dispuestas en un punto medio de cada uno de los tramos de pantalla (41, 42), de modo que es posible medir a altas frecuencias de forma simultánea, independiente y con precisión, tanto el campo magnético (B) a partir de la medida de ( $V_B$ ) en los terminales del devanado, como el campo eléctrico (E) a partir de la medida de la diferencia de potencial ( $V_E$ ) entre los dos tramos de pantalla (41, 42).  
15
2. Sensor según la reivindicación anterior, en el que el devanado es rectangular o cuadrada, estando las primeras zonas (I1, I2) de interrupción y las segundas zonas (I3, I4) de interrupción dispuestas en los centros de los lados.
- 20 3. Sensor según la reivindicación 1, en el que el devanado es circular, estando las primeras zonas (I1, I2) de interrupción y las segundas zonas (I3, I4) de interrupción dispuestas separadas a 90° entre sí.



**Fig. 3**

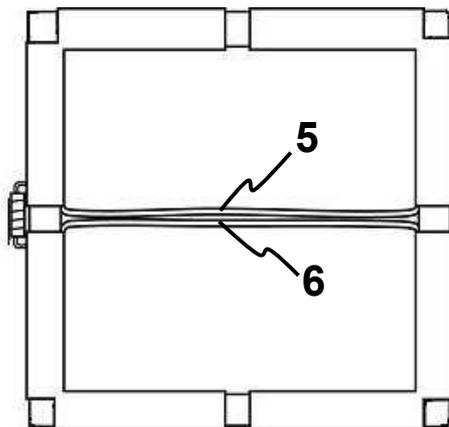


Fig. 4

