

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 619 616**

51 Int. Cl.:

**G01R 29/08** (2006.01)

**H01Q 1/24** (2006.01)

**H01Q 1/26** (2006.01)

**H01Q 1/42** (2006.01)

**H01Q 21/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.07.2011 PCT/US2011/044456**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.01.2012 WO2012012378**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2011 E 11810251 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.02.2017 EP 2596548**

54 Título: **Sonda de campo**

30 Prioridad:

**23.07.2010 US 842700**

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

**26.06.2017**

73 Titular/es:

**AMPLIFIER RESEARCH CORPORATION (100.0%)  
160 School House Road  
Souderton, PA 18964-9990, US**

72 Inventor/es:

**GALLUPPI, JASON**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 619 616 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sonda de campo

## 5 CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a sondas de campo para su uso en la medición de campos electromagnéticos en aplicaciones de alta frecuencia, y más particularmente a una sonda de campo mejorada para su uso en mediciones de campo eléctrico.

10

## ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las sondas de campo son utilizadas para evaluar el rendimiento de muchos tipos diferentes de equipos de radiofrecuencia, y son también componentes esenciales de sistemas de ensayo de inmunidad radiada para su utilización en asegurar que la eléctrica y la electrónica y los sistemas en productos tales como automóviles no son afectados de forma adversa por campos de dispersión tales como transmisiones de radio y televisión, pulsos de radar, señales de teléfonos móviles, campos de red eléctrica, y otros tipos de campos electromagnéticos.

15

20

Varios tipos diferentes de sondas de campo son utilizados en las aplicaciones mencionadas anteriormente. Estas incluyen sondas cúbicas, sondas esféricas, y denominadas "sondas de tallo". Una sonda cúbica típica incluye tres elementos de detección mutuamente perpendiculares que se extienden desde tres caras de una carcasa con forma de cubo que contiene una circuitería electrónica. Una sonda esférica es similar a la sonda cúbica, pero la forma esférica de la carcasa de la electrónica ayuda a evitar que la orientación de la sonda afecte a las mediciones de campo. En las sondas de tallo, los detectores están dispuestos en una carcasa de RF transparente y conectados a la circuitería electrónica asociada mediante una línea de transmisión que se extiende a través de un tubo alargado, con lo que se mantiene a la circuitería de crónica alejada de los detectores con el fin de minimizar la interferencia por los elementos electrónicos con la radiación incidente.

25

30

Un detector de sonda típico incluye un diodo de detección que envía una señal de CC cuya amplitud corresponde a la magnitud del campo incidente en el detector. La circuitería electrónica en estas sondas procesa las señales de CC, enviando una señal compuesta que representa a los componentes del campo de los ejes "X", "Y" y "Z" como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los componentes individuales. Normalmente, la circuitería también puede enviar señales que representen a los componentes X, Y y Z de forma independiente. La circuitería normalmente también extiende el rango dinámico de la sonda, mejora la linealidad de la respuesta de la sonda, controla el muestreo, y protege contra la sobrecarga.

35

40

Con cada uno de los tres tipos de sondas, es deseable evitar el uso de cableado conductivo para suministrar señales de energía eléctrica y de control a la circuitería electrónica y para enviar datos desde la circuitería electrónica a un equipo de monitorización externo. Por consiguiente, ha sido común utilizar celdas electroquímicas para suministrar potencia a la circuitería electrónica interna de las sondas y utilizar fibras ópticas para enviar datos al equipo de monitorización. Es también común utilizar radiación láser para suministrar potencia operativa a la circuitería eléctrica de la probeta, suministrando una luz láser a través de una fibra óptica a un convertidor que genera una potencia de funcionamiento de CC para la circuitería electrónica.

45

Las sondas de campo de banda ancha, que utilizan antenas de dipolo corto formadas por tiras resistivas de película delgada con diodos en serie con las tiras para convertir la RF en señales de CC, han sido descritas por Samuel Hopfer en los documentos de patente de Estados Unidos 4,207,518 concedida el 10 de junio de 1980 y 4,392,108 concedida el 5 de julio de 1983. Esta patente ha formado la base de numerosas sondas de campo eléctrico prácticas que tienen un ancho de banda alto.

50

55

Los problemas encontrados con sondas de campo de ancho de banda convencionales del tipo mencionado anteriormente incluyen dificultades en la medida de las tensiones de CC a través del diodo detector situado en el punto medio de un dipolo corto, la prevención de objetos metálicos cerca de los detectores, y la prevención de conductores para el acoplamiento de detectores a la circuitería electrónica. Una conexión resistiva entre los detectores y la circuitería eléctrica ha sido considerada, generalmente, como la mejor solución para los problemas planteados por los objetos metálicos y por conductores convencionales, y normalmente se han utilizado líneas de alimentación de carbono.

60

Las conexiones entre las líneas de alimentación y los elementos de detección dan lugar a dificultades de fabricación. Es difícil fabricar mecánicamente conexiones fiables que no afecten a la respuesta de frecuencia de la sonda.

## RESUMEN DE LA INVENCION

65

Esta invención entra en la categoría de sondas de tallo, y comprende tres antenas de dipolo mutuamente ortogonales, conectadas a una línea de alimentación que se extiende a lo largo de toda la longitud a través del tallo tubular conectando un detector de radiofrecuencia transparente que alberga una carcasa separada que contiene la

circuitería electrónica. La sonda difiere de las sondas convencionales de tres elementos en que cada uno de los dipolos y su línea de alimentación están formados en una placa de circuito unitario, y las placas de circuito están configuradas de tal manera que los tres dipolos están muy próximos, pero no interfieren mecánicamente unos con otros.

5 Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la invención comprende un tallo hueco, alargado a lo largo de un eje de tallo, y que tiene un primer y un segundo extremos opuestos. Una carcasa de RF transparente hueca está conectada a, y situada adyacente, el primer extremo del tallo. Una carcasa electrónica está conectada a, y situada adyacente, el segundo extremo del tallo. Por tanto, la carcasa electrónica está separada de la carcasa de RF transparente.

15 Un conjunto de tres dipolos es dispuesto dentro de la carcasa de RF transparente, cada dipolo tiene dos elementos que se extienden en direcciones opuestas a lo largo de una línea formada por un punto de alimentación central. Los puntos de alimentación de los tres dipolos están situados, muy próximos unos a otros, respectivamente en los centros de las bases de un triángulo equilátero al cual es perpendicular el eje del tallo. Las tres líneas de alimentación alargadas están conectadas, respectivamente, a los puntos de alimentación de los dipolos si se extienden a lo largo de una dirección de elongación a través del tallo hueco en paralelo al eje del tallo. La línea a lo largo de la cual se extienden los elementos de cada dipolo desde el punto de alimentación del dipolo está dispuesta en un ángulo de 54,7 grados con respecto a la dirección de elongación de la línea de alimentación del dipolo. La línea a lo largo de la cual se extienden los elementos de cada dipolo es ortogonal a un plano imaginario con respecto al cual son paralelas las líneas a lo largo de las cuales se extienden los elementos de los dos otros dipolos. Los elementos de cada dipolo y la línea de alimentación conectada al punto de alimentación de los mismos están formados como elementos resistivos de película delgada en una placa de circuito común.

25 En un modo de realización preferido de la sonda de campo el circuito incluye tres placas de circuito. Cada dipolo, y la línea de alimentación conectada al punto de alimentación del mismo, están formados como elementos resistivos de película delgada en una de las tres placas de circuito. Cada placa de circuito comprende una primera parte alargada sobre la cual se forma una línea de alimentación. Esta primera parte alargada tiene bordes laterales alargados que se extienden paralelos a la dirección de elongación de la primera parte alargada, y un primer y un segundo extremos opuestos separados entre sí a lo largo de la dirección de elongación. La primera parte alargada también tiene un miembro en cruz en su primer extremo, en el cual se forma un dipolo. El miembro en cruz tiene forma de una tira alargada estrecha dispuesta a un ángulo de 54,7 grados con respecto a la dirección de elongación de la primera parte alargada.

35 Los bordes laterales de la primera parte alargada de cada una de las tres placas de circuito pueden estar dispuestos en una relación borde con borde con los bordes laterales de las otras dos placas de circuito impreso respectivamente de manera que las primeras partes alargadas de las tres placas de circuito impreso toma la forma de las paredes laterales de un prisma triangular equilátero alargado, es decir un prisma que tiene secciones transversales triangulares equiláteras transversales de su dirección de elongación.

40 Una cinta adhesiva situada dentro del prisma triangular equilátero alargado puede ser utilizada para fijar la primera parte alargada a una de las tres placas de circuito en una relación borde con borde, con las primeras partes alargadas de las otras dos placas de circuito. Una cinta adhesiva adicional situada fuera del prisma regular equilátero alargado puede ser utilizada para fijar aquellas otras dos placas de circuito en una relación borde con borde.

50 En un modo de realización preferido, cada uno de los miembros en cruz de cada placa de circuito tiene una primera parte que se extiende formando un ángulo agudo desde la primera parte alargada del mismo y una segunda parte que se extiende formando un ángulo obtuso desde la primera parte alargada del mismo. La primera parte del miembro en cruz de cada placa de circuito se extiende entre la primera parte alargada, y la segunda parte del miembro en cruz, de una de las placas de circuito adyacentes.

55 En un modo de realización preferido, la carcasa de RF transparente es una esfera hueca que tiene una pared interior que incluye seis ranuras, cada ranura que recibe y ajusta estrechamente un extremo y uno de los miembros en cruz de las placas de circuito.

60 Cada una de las placas de circuito tiene una primera y una segunda caras opuestas, y los elementos resistivos de película delgada están dispuestos en una primera cara de cada placa de circuito con almohadillas conductoras para realizar conexiones eléctricas a los elementos resistivos de película delgada. En un modo de realización, cada placa de circuito incluye una primera capa de enmascaramiento que cubre sustancialmente toda la primera cara, excepto en las posiciones de las almohadillas conductoras, para evitar que la soldadura se adhiera a las partes de las placas de circuito distintas a dichas almohadillas conductoras. Sustancialmente, toda la segunda cara de cada placa de circuito está también cubierta por una capa de enmascaramiento que tiene una tensión superficial sustancialmente igual a la de la primera capa de enmascaramiento.

65

Se puede proporcionar un diodo de detección en cada dipolo, que conecta los dos elementos del mismo en el punto de alimentación, y un circuito de derivación que incluye elementos resistivos y capacitivos conectados a través de dicho diodo.

5 Los elementos resistivos de película delgada preferiblemente están compuestos de una aleación de níquel-cromo. Las almohadillas conductoras para hacer conexiones eléctricas a los elementos resistivos de película delgada, están preferiblemente formadas como una capa de cobre que cubre las porciones de los elementos resistivos de película delgada. Cada una de las dos almohadillas conductoras en el punto de alimentación de cada dipolo está conectada a uno de los dos elementos del dipolo, y está formada como una capa de cobre que cubre una porción de un elemento de un dipolo. Un circuito de derivación incluye un diodo que tiene un ánodo y un cátodo conectados, respectivamente, a las almohadillas conductoras.

15 Las almohadillas conductoras pueden también estar provistas en extremos de los elementos de cada dipolo separados del punto de alimentación de los mismos, para hacer conexiones de ensayo eléctricas a los elementos del dipolo. Estas almohadillas consecutivas son formadas también como una capa de cobre que cubre porciones de los elementos resistivos de película delgada.

20 La sonda también puede incluir almohadillas conductoras en una posición sobre cada línea de alimentación separada del punto de alimentación del dipolo conectado a las mismas, para la conexión de la línea de alimentación a la circuitería electrónica dentro de la carcasa electrónica.

25 De forma preferente, la línea de alimentación comprende dos trazas paralelas de película delgada resistivas. Estas trazas son sustancialmente rectas a través de toda la longitud de la línea de alimentación excepto para una porción de la misma inmediatamente adyacente al punto de alimentación del dipolo conectado a la misma. Las trazas de la porción inmediatamente adyacente al punto de alimentación pueden estar curvadas de manera que se encuentran con el punto de alimentación en una dirección perpendicular a las direcciones de los elementos dipolo.

30 En virtud de la incorporación de cada dipolo y de su línea de alimentación en una placa de circuito común, la sonda puede ser fabricada de forma más barata, y puede mostrar un rendimiento mejorado, particularmente mediante una respuesta de frecuencia comparativamente plana, un amplio rango de frecuencia, y una desviación isotrópica baja. Adicionalmente, el hecho de que los brazos de la placa de circuito son recibidos en ranuras formadas dentro de la carcasa de RF transparente hace posible indicar las posiciones y la orientación de los dipolos proporcionando marcas en el exterior de la carcasa de RF transparente.

35 Objetos y ventajas adicionales de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción cuando se lea junto con los dibujos.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

40 La figura 1 es una vista en perspectiva de un modo de realización de la sonda de campo de acuerdo con la invención;

45 La figura 2 es una vista en perspectiva en despiece ordenado del tallo, la antena y un recinto de antena esférico de la sonda;

La figura 3 es una vista en perspectiva de una primera parte del recinto de antena esférico;

La figura 4 es una vista en perspectiva de una segunda parte del recinto de antena esférico;

50 La figura 5 es una vista en perspectiva en despiece ordenado, que muestra el recinto de antena, el tallo, y los componentes de un dispositivo de montaje y de un recinto de circuitería electrónica en el extremo del escalón opuesto al recinto de la antena;

55 La figura 6 es una vista en alzado que muestra uno de los tres componentes sustancialmente idénticos del dipolo de tres componentes y la línea de alimentación de las placas de circuito;

60 La figura 7 es un diagrama esquemático que muestra la línea de alimentación, los elementos de dipolo, los componentes electrónicos discretos y la línea de alimentación de uno de los dipolos y la línea de alimentación de las placas de circuito;

La figura 8 es una vista en planta aumentada que muestra los detalles del extremo de la placa de circuito de la figura 6 opuesto al extremo en el cual está situado el dipolo de la misma;

65 La figura 9 es una vista en planta aumentada que muestra detalles de un diodo en la posición en la cual la línea de alimentación de la placa de circuito se encuentra con los elementos de dipolo de la misma;

La figura 10 es una vista en alzado lateral, aumentada, que muestra los detalles del diodo de la figura 9, y un circuito de derivación compuesto de dos condensadores y una resistencia en la posición en la cual la línea de alimentación en la placa de circuito se encuentra con los elementos de dipolo de la misma;

- 5 La figura 11 es una vista en perspectiva que muestra la configuración de las tres placas de circuito que constituyen la sonda de tres dipolos y las líneas de alimentación de las mismas.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN PREFERIDOS

- 10 La sonda de campo, tal y como se muestra en la figura 1, comprende un tallo 12 tubular que tiene una carcasa 14 de radiofrecuencia transparente, esférica, en un extremo y una carcasa 16 de circuito electrónico en el extremo opuesto. La carcasa 16 de circuito electrónico está soportada en un poste 18 vertical mediante una brida 20, la cual está configurada de manera que el eje del tallo está dispuesto formando un ángulo con respecto a un plano horizontal correspondiente al ángulo entre la diagonal de un cubo y su base, es decir, aproximadamente  $35,3^\circ$ .  
 15 La carcasa 16 de circuito electrónico está fijada a la brida 20 mediante un tornillo 22, el cual puede ser aflojado para permitir el giro de la sonda con respecto al eje del tallo. Tal y como aparecerá a partir de la definición a continuación, los dipolos están dispuestos a  $54,7^\circ$  ( $90^\circ - 35,3^\circ$ ) con respecto al eje del tallo. Por consiguiente, cualquiera de los polos puede ser llevado a una posición vertical girando la sonda con respecto al eje de tallo, y los tres dipolos dentro de la carcasa 14 de RF transparente pueden ser orientados con respecto a los ejes X, Y y Z perpendiculares  
 20 mutuamente.

- Los cables 23 son cables de fibra óptica que suministran la energía de funcionamiento y la señal de control a circuitería electrónica dentro de la carcasa 16 y envían señales de salida desde la circuitería electrónica al equipo de monitorización externo. La energía de funcionamiento puede ser suministrada a través de uno de los cables por  
 25 medio de un láser infrarrojo. El uso de fibras ópticas minimiza la interferencia con las mediciones de campo que podrían suceder si se empleasen conductores eléctricos tales como cables, o líneas de transmisión coaxial, y se evita el uso de fuentes de alimentación electroquímicas autocontenidas, que necesitan ser reemplazadas de vez en cuando.

- 30 En la figura 2, el tallo de la carcasa de RF transparente y un conjunto de placas de circuito sobre las que se forman los dipolos y sus líneas de alimentación, son mostradas en una vista en despiece ordenado. La carcasa comprende dos partes 24 y 26 semiesféricas, las cuales en el montaje final encierran un conjunto 28 que consta de tres dipolos respectivamente en brazos formados en los extremos de las tres placas de circuito que tienen partes alargadas sobre las cuales se forman las líneas de alimentación de los dipolos. Las partes alargadas forman un prisma 30 triangular equilátero que se extiende a través del tallo 12 hueco. El tallo 12, a su vez, se extiende a través de un collar 32 que encaja en una cavidad 34 en la parte 26 de la carcasa semiesférica, la cavidad que es mostrada en la figura 4. El collar está fijado al tallo, y tiene al menos una parte plana que encaja en una parte de forma plana correspondiente de la cavidad con el fin de evitar la rotación de la carcasa 14 con respecto al tallo.

- 40 Las partes de la carcasa semiesférica pueden estar compuestas de cualquiera de los distintos materiales de RF transparentes, pero están moldeadas preferiblemente a partir de un poliestireno espumado que tiene una alta resistencia y poros muy pequeños.

- Tal y como se muestra en las figuras 3 y 4, las partes 24 y 26 de carcasa de RF transparentes tienen partes que se interconectan de forma complementaria. Un reborde 36 circular formado en una cara 38 de la semiesfera 26 tiene una brecha 46. Cuando la cara 38 de la semiesfera 26 se encuentra con la cara 40 de la semiesfera 24, el reborde 36 encaja en una cavidad 42, y un saliente 44 que se extiende hacia dentro desde la cara 40 de la semiesfera 24 encaja en la brecha 46 de la semiesfera 26 para establecer una relación particular entre las ranuras 48, 50 y 52 (figura 3) formadas en el interior de la semiesfera 24 y ranuras 54, 56 similares (figura 4) y otra ranura similar (no mostrada en la figura 4). Las ranuras en cada semiesfera están separadas circunferencialmente unas de otras  $120^\circ$  con respecto al eje longitudinal del tallo 12, y cada ranura en la semiesfera 26 está separada circunferencialmente aproximadamente  $180^\circ$  desde una ranura en la semiesfera 24. Por consiguiente, un par de ranuras, respectivamente en las dos semiesferas 24 y 26 reciben los extremos de cada uno de los brazos de la matriz 28 para fijar los brazos en una relación fija unos con respecto a otros y a la carcasa 14 esférica de RF transparente. Las ranuras 52 (figura 3) y 54 (figura 4) reciben a los extremos opuestos de uno de los brazos. La ranuras 48 (figura 3) y 56 (figura 4), de forma similar, reciben a los extremos opuestos de otro brazo de la matriz 28. La ranura 50 (figura 3) y otra ranura (no mostrada en la figura 4) reciben a los extremos opuestos de un 3er brazo. La relación angular de las ranuras y su orientación con respecto a los ejes del tallo se ajustan ligeramente para tener en cuenta el hecho de que los brazos de la matriz 18 están desplazados radialmente una corta distancia desde el eje del tallo.

- 60 Tal y como se muestra en la figura 5, el extremo del tallo 12 separado de la carcasa 14 esférica de RF transparente está conectado a la carcasa 16 de circuito electrónico. Dentro de la carcasa 16 está un módulo 58 de circuito, que está encerrado en un recinto esférico protector compuesto de dos partes 60 y 62 semiesféricas. La parte 62 tiene aberturas 64 para conexiones de cable de fibra óptica para transportar la potencia infrarroja a un convertidor incluido en el módulo 58 de circuito y para transportar señales ópticas a y desde el conjunto de circuito. Una de las funciones  
 65

de las partes 60 y 62 semiesféricas es proteger el módulo de circuito electrónico del campo eléctrico que está siendo medido.

5 Un cierre 66 extremo encaja en el extremo 68 abierto de la carcasa 16 de circuito electrónico, dejando partes de las ranuras 70 en la pared lateral de la carcasa cilíndrica abiertas para el paso de los cables de fibra óptica. Un tornillo 22 de bloqueo se extiende a través de un orificio 72 en la brida 20, y a través de una arandela 74 en un orificio 76 roscado en el cierre 66 extremo.

10 Tal y como se muestra en la figura 5, letras marcadas, o de forma preferible moldeadas, en el exterior de la carcasa 14 esférica indican las posiciones de los tres dipolos dentro de ella. Letras idénticas son situadas adyacentes a los extremos opuestos de cada dipolo. Por tanto, la letra 78 (una "Z") y la letra 80 (una "Y") están formadas en la semiesfera 26, y una letra 82 (una "X") es formada en la semiesfera 24. Un homólogo, no visible en la figura 5, es formado diametralmente opuesto a cada letra. Al aflojar el tornillo 22 y girar el conjunto consistente en las carcasas electrónicas, el tallo y la carcasa de RF transparente, el dispositivo puede ser orientado de manera que cualquiera de los tres ejes X", "Y" y "Z" es horizontal o de manera que cualquiera de los tres ejes es vertical.

15 Las tres placas de circuito del conjunto mostrado en la figura 2 son idénticas, y una de dichas placas 84 de circuito es mostrada en la figura 6. La placa de circuito es de forma preferente un laminado que tiene un hidrocarburo de vidrio reforzado y una capa dieléctrica cerámica, y una capa decapada de níquel-cromo (NiCr) que forman pistas resistivas o más también referidas como trazas resistivas, en una superficie de la capa dieléctrica.

20 Tal y como se suministra inicialmente, la placa de circuito, disponible de Rogers Corporation de Chandler, Arizona, Estados Unidos comprende una capa dieléctrica, una capa NiCr resistiva, y una película de cobre que lo recubre. La película de cobre y la capa NiCr resistivas pueden ser decapadas de forma selectiva para formar elementos resistivos y para formar almohadillas de cobre para hacer conexiones eléctricas a los elementos resistivos. Como una primera etapa en el proceso de decapado, un fotorresistente es aplicado a la capa de hoja de cobre. El patrón de trazas resistivas y almohadillas de cobre conductoras es definido fotográficamente. Después de la exposición y el desarrollo de la capa fotorresistente, se retiran de forma simultánea las capas de cobre y de NiCr mediante decapado, utilizando un decapante adecuado, tal como una mezcla de cloruro de cobre y de ácido clorhídrico. La capa fotorresistente restante es desplegada después, dejando un patrón compuesto de una capa de NiCr y una capa de cobre que la cubre. Una segunda capa fotorresistente es aplicada después, y el patrón de trazas resistivas se define fotográficamente. La segunda capa fotorresistente es expuesta y desarrollada, dejando el fotorresistente sobre las áreas en las que la hoja de cobre permanece sobre la placa de circuito. El cobre restante es entonces retirado de forma selectiva sin retirar las capas resistivas de NiCr Aplicando una solución decapante de amoniaco, que comprende normalmente una mezcla de cloruro de amonio, ácido ortofosfórico, hidróxido de amonio y cloruro cúprico. El fotorresistente restante es entonces despegado, dejando sobre la placa de circuito las trazas resistivas de NiCr deseadas y las almohadillas de conexión de hoja de cobre.

25 En el caso de la placa 84 de circuito en la figura 6, las trazas 86 y 88 resistivas de NiCr, formadas respectivamente en los brazos 90 y 92 de la placa de circuito, constituyen los elementos de un dipolo. Estas trazas 86 y 88 resistivas son, de forma preferente, alineadas unas con otras y se extienden en direcciones opuestas desde un punto de alimentación central. Cada traza resistiva tiene una resistencia constante a lo largo de su longitud, con una resistividad preferida de 25 ohmios por cuadrado.

30 Una almohadilla 96 de cobre se forma en un extremo exterior de una traza 86 resistivas y una almohadilla 98 de cobre similar se forma en un extremo interior de la traza 86. Almohadillas 100 y 102 de cobre similares se forman respectivamente en los extremos exterior e interior de la traza 88 resistiva. Se forma una línea de alimentación para el dipolo mediante dos trazas 104 y 106 resistivas paralelas, las cuales se extienden a lo largo de toda la longitud de una tira 108 alargada, que se extiende desde el miembro en cruz formado por los brazos 86 y 88 a un ángulo de 54,7°.

35 Adyacente al punto 110 de alimentación, las trazas 104 y 106 resistivas son curvadas de manera que se encuentran con las almohadillas de cobre en un punto de alimentación en una dirección perpendicular a la dirección a lo largo de la cual se extienden los elementos de dipolo.

40 Tal y como se muestra en la figura 6, y en un detalle más grande en la figura 8, adyacentes al extremo 112 de la cinta 108 de placa de circuito separada del punto de alimentación, las trazas 104 y 106 resistivas divergen y están conectadas a las almohadillas 114 y 116 de cobre respectivamente. Una resistencia 118 está conectada desde una almohadilla 114 de cobre a otra almohadilla 120 de cobre y al extremo 112 de la cinta 108. Una resistencia 122 similar está conectada desde la almohadilla 116 a la almohadilla 124. Cables 126 y 128 soldados a las almohadillas 120 y 124 son utilizados para conectar la línea de alimentación a la circuitería en el módulo 58 (figura 5).

45 Tal y como se muestra de forma esquemática en la figura 6, en el punto 110 de alimentación en el cual las trazas 104 y 106 resistivas que forman la línea de alimentación están conectadas a los elementos 86 y 88 de dipolo, las almohadillas 98 y 102 de cobre están conectadas mediante un diodo 130, el cual está derivado por una serie de circuitos que constan de un condensador 132, una resistencia 134 y un condensador 136. El circuito de derivación

aplana la respuesta de frecuencia del circuito, evitando que la tensión de CC suministrada al módulo de circuito y a los terminales 138 y 140 formen un pico en una frecuencia correspondiente a una longitud de onda igual a dos veces la longitud del dipolo, y provocando que la tensión de CC permanezca comparativamente constante sobre un rango de frecuencia amplio. En el caso de un dipolo que tiene una longitud total de 5 cm (desde una almohadilla 96 a una almohadilla 100), con resistencias de elemento de dipolo de 3 K $\Omega$  cada una, resistencias de línea de alimentación de 30 K $\Omega$  cada una, resistencias 118 y 132 de 1 K $\Omega$  cada una, resistencias 134 de 100 K $\Omega$  y condensadores 132 y 134 de 15 pF cada uno, el circuito de derivación puede lograr una respuesta de frecuencia relativamente plana que varía no más de 3 dB a lo largo de un rango desde aproximadamente 8 MHz a 6 GHz.

Las figuras 9 y 10 muestran detalles de configuración del circuito de derivación en el punto de alimentación. Se utiliza de forma preferente una resina epoxi conductora para realizar las conexiones eléctricas en el punto de alimentación. La figura 9 no muestra la resistencia 134, pero muestra el diodo 130 y los condensadores 132 y 136, con los hilos del diodo unidos por epóxido a almohadillas en los extremos interiores de las trazas 86 y 88 resistivas. Los condensadores 132 y 136 cubren, y están unidos por epóxido, a los hilos del diodo. Tal y como se muestra en la figura 10, la resistencia 134 cubre el diodo y está unida por epóxido a los condensadores.

El conjunto de la cara de circuito, cuya configuración es mostrada de forma esquemática en la figura 11, está compuesto de tres placas de circuito idénticas del tipo ilustrado en la figura 6. Las partes alargadas en las cuales se forman las líneas de alimentación están dispuestas para formar un prisma 30 triangular equilátero. Los brazos en cruz que forman la matriz 28 están dispuestos de manera que cada brazo en cruz se extiende sobre un brazo en cruz de una placa adyacente y por debajo de un brazo en cruz de la otra placa adyacente. Por tanto, la rama 92 que se extiende en dirección ascendente del brazo en cruz de la placa 84 de circuito, se extiende sobre la rama 142 que se extiende en dirección descendente del brazo en cruz de la placa 144 de circuito, mientras que la rama 90 que se extiende en dirección descendente de la placa 84 se extiende por debajo de la rama 146 que se extiende en dirección ascendente de la placa 148 de circuito.

Debido a que los dispositivos de derivación en los puntos de alimentación de los dipolos no pueden interferir físicamente unos con otros, los dipolos en los tres brazos no se pueden interceptar. Por tanto, los puntos de alimentación están situados en puntos intermedios de las bases del triángulo equilátero definido por las partes largas de las placas de circuito sobre las cuales se forman las líneas de alimentación. Sin embargo, debido a que cada uno de los dipolos es formado en una placa de circuito común con su línea de alimentación, los puntos de alimentación pueden ser situados lo suficientemente próximos unos a otros como para que no provoquen problemas serios en las mediciones de los campos no uniformes.

Debido a que los brazos en cruz están dispuestos a ángulos de 54,7 grados con respecto a las porciones largas de las placas de circuito sobre las cuales se forman las líneas de alimentación, y están dispuestos en planos que intersectan unos con otros formando un ángulo de 60°, la línea a lo largo de la cual se extienden los elementos de cada dipolo es ortogonal a un plano imaginario al cual son paralelas las líneas a lo largo de las cuales se extienden los elementos con los otros dos dipolos.

Las tres placas de circuito están unidas preferiblemente juntas de manera que sus partes más largas forman un prisma triangular promedio de cinta adhesiva recubierta. Una cinta 150 interior, situada dentro del prisma triangular, une los bordes laterales de la parte larga de la placa 144 respectivamente a los bordes laterales adyacentes de las placas 84 y 148, pero no cubre a los bordes de encuentro de las placas 84 y 148, permitiendo que las placas de circuito sean montadas en la configuración mostrada en la figura 11 mediante plegado. Después del plegado, las cintas 152 y 154 exteriores son aplicadas para completar el conjunto.

Las trazas resistivas son formadas de forma preferente sobre las caras exteriores de las placas de circuito en el conjunto mostrado en la figura 11. A excepción de en las posiciones de las almohadillas de cobre, las caras exteriores de la placa de circuito están cubiertas con una capa de enmascaramiento de soldadura, para evitar que la soldadura se adhiera a las placas y al material resistivo. Un material similar, y preferiblemente idéntico, es proporcionado en las caras opuestas de las placas de circuito, equilibrando la tensión superficial de los lados opuestos de las placas de circuito con el fin de evitar el enrollamiento de las placas que resulta de variaciones de temperatura y de humedad.

El módulo electrónico en la zona de campo de acuerdo con la invención proporciona, de forma preferente, salidas independientes para cada uno de los dipolos, es decir salidas X, Y y Z, así como una salida RSS compuesta (raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las salidas X, Y y Z). La sonda puede responder a frecuencias desde por debajo de 2 MHz a por encima de 60 GHz. El módulo electrónico también incorpora, de forma preferente, varios amplificadores asociados con cada dipolo para extender el rango dinámico de la sonda de manera que pueda responder a campos E de desde 2 V/m a 1000 V/m.

En el ejemplo descrito, las trazas resistivas que forman los elementos de dipolo tienen una resistencia constante. Como una alternativa, las trazas resistivas pueden tener una resistencia cónica por medio de la cual la resistencia aumenta de forma progresiva desde el punto de alimentación hacia los extremos de los elementos de dipolo. Utilizando resistencias cónicas, es posible aplanar la respuesta de frecuencia de las ondas sin el circuito de

5 derivación a través del diodo y del punto de alimentación. La conicidad de la resistencia puede lograrse conformando los elementos del dipolo de manera que se conviertan en más estrechos de forma progresiva, procediendo desde el punto de alimentación hacia sus extremos exteriores. También se pueden hacer ajustes a la respuesta de frecuencia mediante el uso de elementos de dipolo de resistencia cónica en combinación con un circuito de derivación de tal manera que el circuito de derivación conste de una resistencia 134 y condensadores 132 y 136 tal y como se ha mostrado en la figura 7.

10 Se pueden realizar muchas otras modificaciones de los materiales, dimensiones, configuración, y otros aspectos de la sonda de acuerdo con la invención sin alejarse del alcance de la invención tal y como se ha definido en las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Sonda de campo de radiofrecuencia que comprende:

- 5 un tallo (12) hueco que tiene un primer y un segundo extremos opuestos, el tallo que es alargado a lo largo de un eje de tallo;
- una carcasa (14) de RF transparente hueca conectada a, y situada adyacente, el primer extremo del tallo;
- una carcasa (16) electrónica conectada a, y situada adyacente, el segundo extremo del tallo con lo que la carcasa electrónica está separada de la carcasa de RF transparente;
- 10 un conjunto de tres dipolos (86, 88) dispuestos dentro de la carcasa de RF transparente, cada dipolo que tiene dos elementos que se extienden en direcciones opuestas a lo largo de una línea desde un punto de alimentación central, los puntos de alimentación de los tres dipolos que están situados respectivamente en los centros de las bases de un triángulo equilátero al cual es perpendicular el eje de tallo; y
- 15 tres líneas (104, 106) de alimentación alargadas conectada respectivamente a los puntos de alimentación de los dipolos y que se extienden a lo largo de una dirección de elongación a través del tallo hueco en paralelo al eje de tallo;

en donde:

- 20 la línea a lo largo de la cual se extienden los elementos de cada dipolo desde el punto de alimentación del dipolo se dispone a un ángulo de 54,7 grados con respecto a la dirección de elongación de la línea de alimentación de dipolo;
- la línea a lo largo de la cual se extienden los elementos de cada dipolo es ortogonal a un plano imaginario con respecto al cual son paralelas las líneas a lo largo de las cuales se extienden los otros dos dipolos;
- 25 los elementos de cada dipolo y la línea de alimentación conectada al punto de alimentación del mismo están formados como elementos resistivos de película delgada en una placa (84) de circuito común.

- 2. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye tres placas de circuito, en las cuales cada uno de dichos dipolos y la línea de alimentación conectada al punto de alimentación del mismo son formados como elementos resistivos de película delgada en una de dichas tres placas de circuito, en las cuales
- 30 cada una de dichas placas de circuito comprende una primera parte alargada en la cual se forma una línea de alimentación, dicha primera parte alargada que tiene bordes laterales alargados que se extienden paralelos a la dirección de elongación de la primera parte alargada, y un primer y un segundo extremos opuestos separados el uno del otro a lo largo de dicha dirección de elongación, y un miembro en cruz sobre el cual se forma un dipolo, situado
- 35 en el primer extremo, el miembro en cruz que tiene la forma de una cinta alargada estrecha dispuesta formando un ángulo de 54,7 grados con respecto a la dirección de elongación de la primera parte alargada.

- 3. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 2, en la cual los bordes laterales de la primera parte alargada de cada una de las tres placas de circuito están dispuestos en una relación borde con
- 40 borde con los bordes laterales de las otras dos placas de circuito, con lo que las primeras partes alargadas de las tres placas de circuito toman la forma de las paredes laterales de un prisma triangular equilátero alargado.

- 4. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 3, que incluye una cinta adhesiva situada dentro de dicho prisma triangular equilátero alargado y que fija la primera parte alargada de una de las tres
- 45 placas de circuito en dicha relación borde con borde con las primeras partes alargadas de las otras dos placas de circuito.

- 5. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 4, que incluye cinta adhesiva adicional situadas fuera de dicho prisma triangular equilátero alargado y que fijan dichas otras dos placas de circuito
- 50 en una relación borde con borde.

- 6. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 3, en la cual cada uno de dichos miembros en cruz de cada placa de circuito tiene una primera parte que se extiende formando un ángulo agudo
- 55 desde la primera parte alargada del mismo y una segunda parte que se extiende formando un ángulo obtuso desde la primera parte alargada del mismo, y en la que la primera parte del miembro en cruz de cada placa de circuitos extiende entre la primera parte alargada, y la segunda parte del miembro en cruz, de una de dichas placas de
- circuito adyacente.

- 7. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 6, en la cual dicha carcasa de RF transparente es una esfera hueca que tiene una pared interior, y en la cual dicha pared interior incluye seis ranuras,
- 60 cada una de dichas ranuras que recibe y ajusta un extremo de uno de dichos miembros en cruz.

- 8. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 2, en la cual cada una de dichas placas de circuito tiene una primera y una segunda caras opuestas, en las cuales están dispuestos los elementos resistivos de película delgada sobre la primera cara de cada placa de circuito, en los cuales cada placa de circuito
- 65 incluye almohadillas conductoras sobre dicha primera cara de las mismas para hacer conexiones eléctricas a los

- 5 elementos resistivos de película delgada de las mismas, y una primera capa de enmascaramiento que cubre sustancialmente toda dicha primera cara de la misma, excepto en las posiciones de dichas almohadillas conductoras, para prevenir que la soldadura se adhiera a las partes de las placas de circuito diferentes a las de dichas almohadillas conductoras, y en las cuales sustancialmente toda la segunda cara de cada placa de circuito está también cubierta por una segunda capa de enmascaramiento que tiene una tensión superficial sustancialmente igual a la de la primera capa de enmascaramiento.
- 10 9. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 1, incluye un diodo de detección en cada dipolo, que conecta los dos elementos del mismo al punto de alimentación.
- 15 10. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 9, que incluye un circuito de derivación que incluye elementos resistivos y capacitivos conectados a través de cada uno de dichos diodos.
- 20 11. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 1, en la cual los elementos resistivos de película delgada están compuestos de una aleación de níquel-cromo.
- 25 12. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 11, que incluye almohadillas conductoras para hacer conexiones eléctricas a dichos elementos resistivos de película delgada, dichas almohadillas conductoras que están formadas como una capa de cobre que cubre porciones de dichos elementos resistivos de película delgada.
- 30 13. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 11, que incluye dos almohadillas conductoras en el punto de alimentación de cada dipolo, cada una de dichas almohadillas conductoras que está conectada a uno de dichos dos elementos de dipolo y que está formada como una capa de cobre que cubre una porción de un elemento de dipolo, y un circuito de derivación que incluye un dipolo que tiene un ánodo y un cátodo conectados respectivamente a dichas almohadillas conductoras.
- 35 14. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la línea de alimentación comprende dos trazas paralelas de una película delgada resistivas, dichas trazas que son sustancialmente rectas a lo largo de toda la longitud de la línea de alimentación excepto en una porción de la misma inmediatamente adyacente al punto de alimentación del dipolo conectado a la misma, y las trazas de dicha porción inmediatamente adyacentes al punto de alimentación están curvadas y se encuentran con el punto de alimentación en una dirección perpendicular a las direcciones de los elementos de dipolo.
15. Una sonda de campo de radiofrecuencia de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la resistencia de cada elemento dipolo de al menos uno de los dipolos aumenta de forma progresiva procediendo a lo largo del elemento de dipolo lejos del punto de alimentación del mismo.

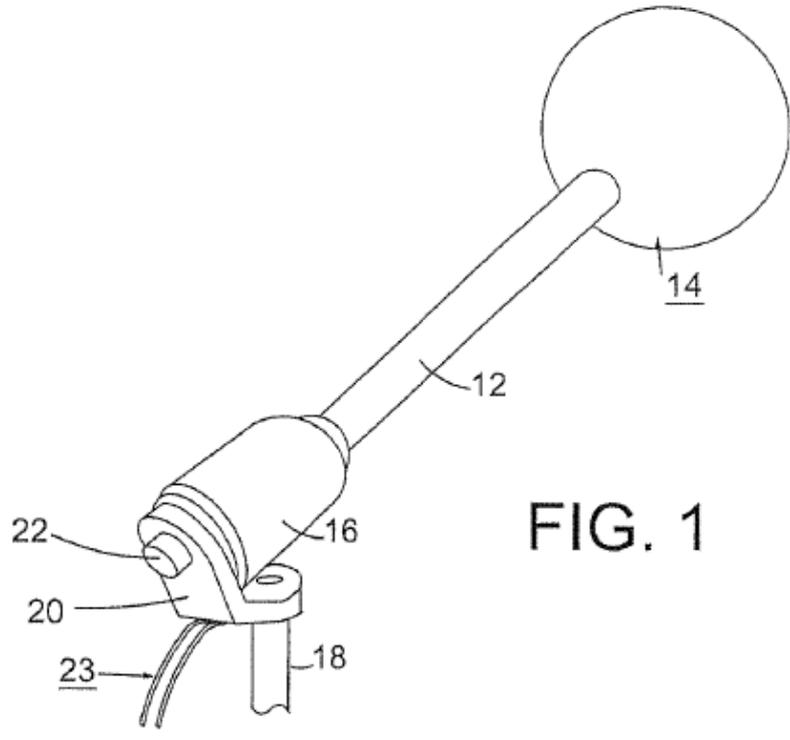


FIG. 1

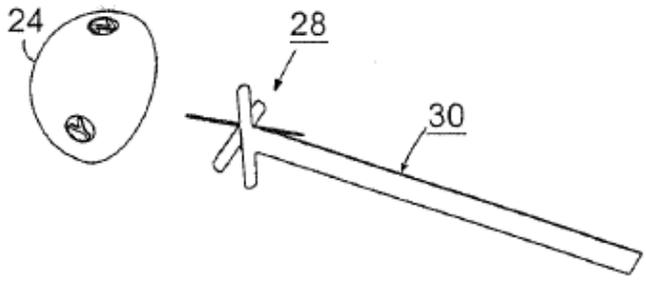


FIG. 2

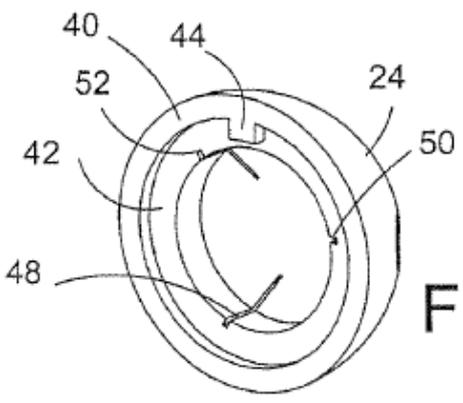
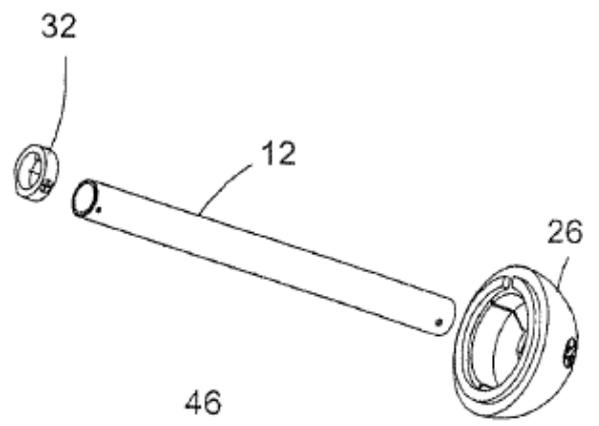


FIG. 3

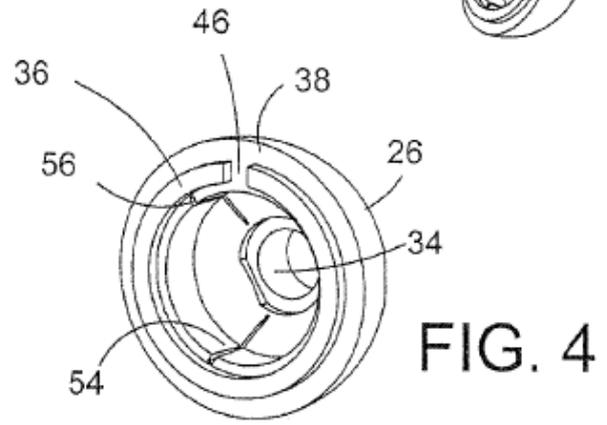
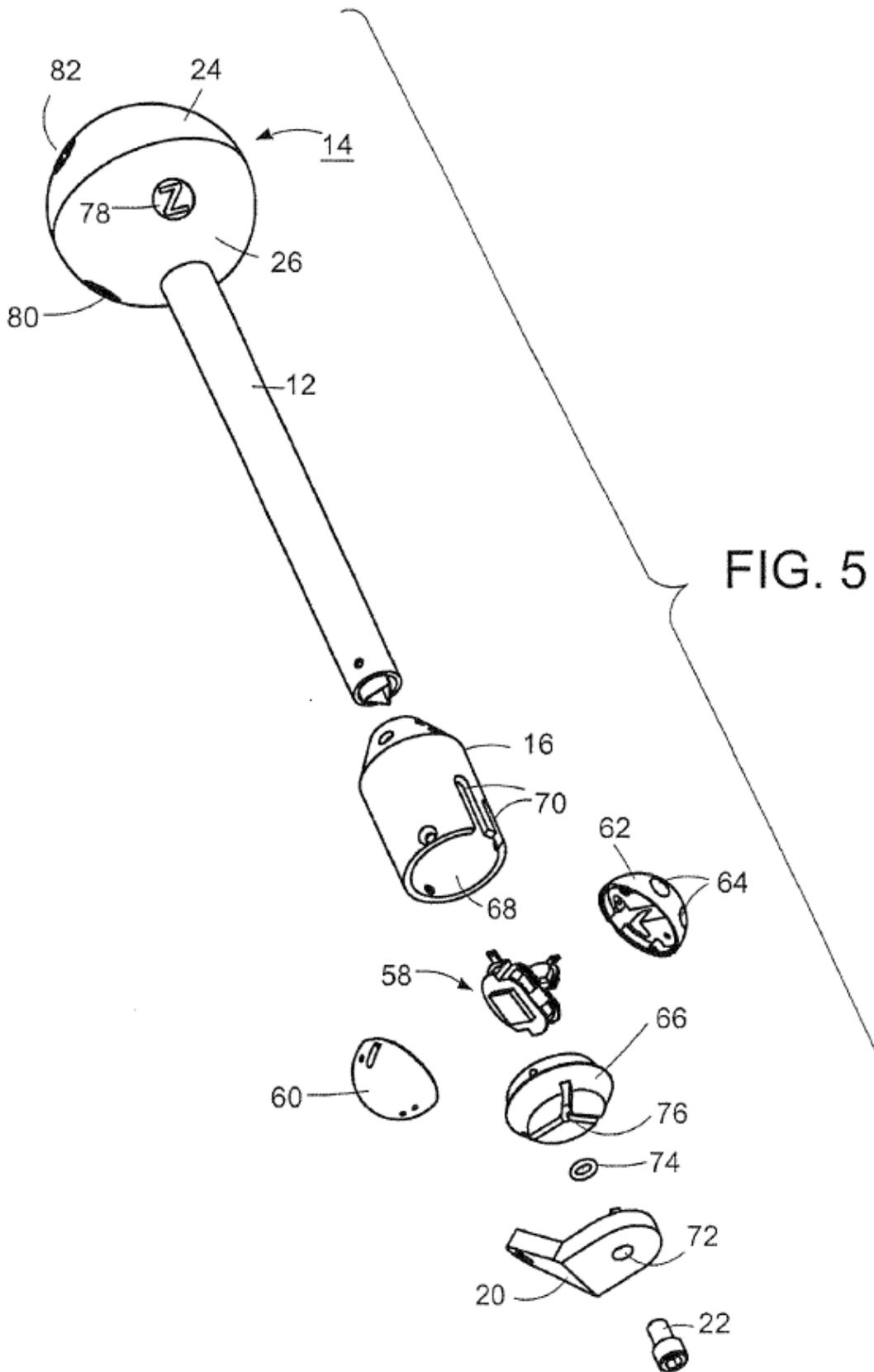
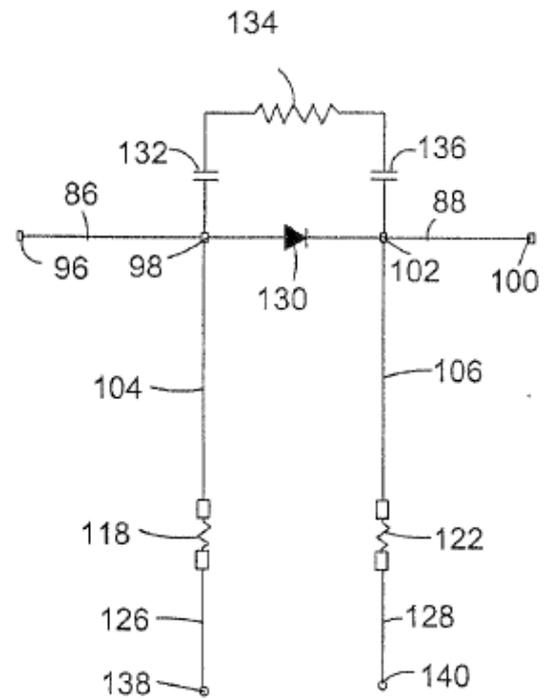
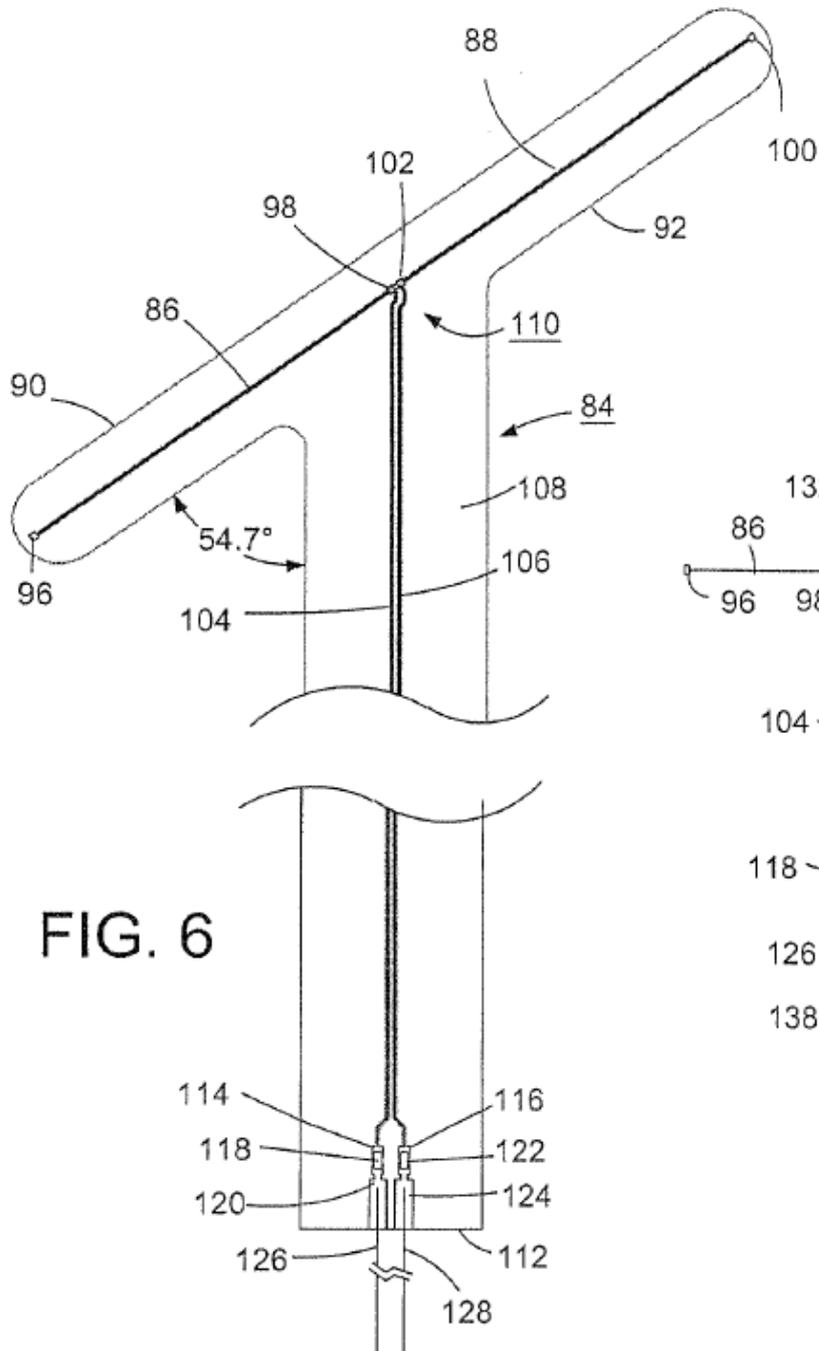


FIG. 4





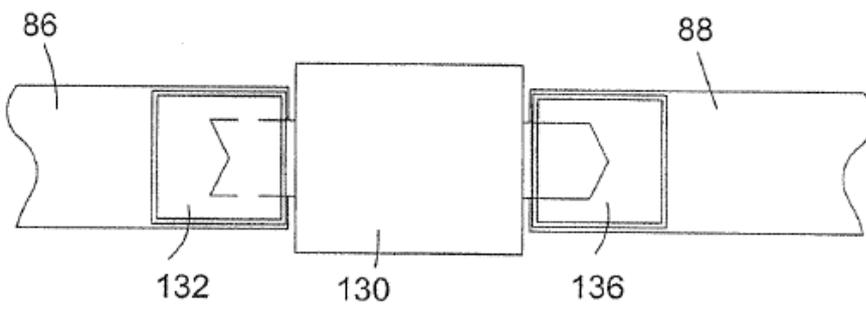
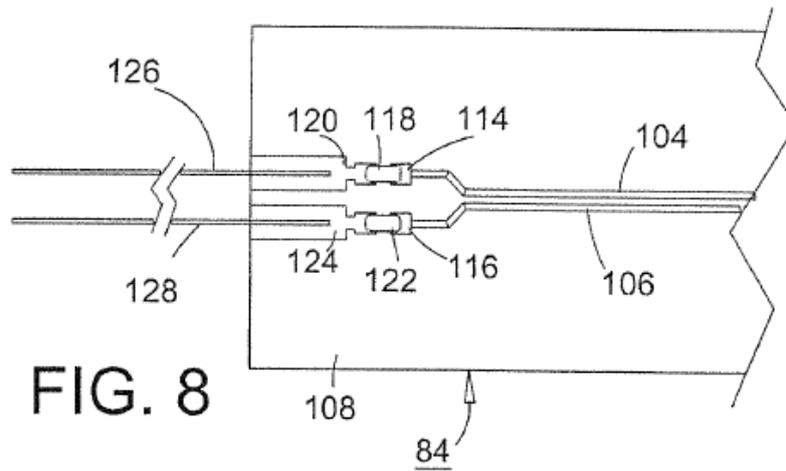


FIG. 9

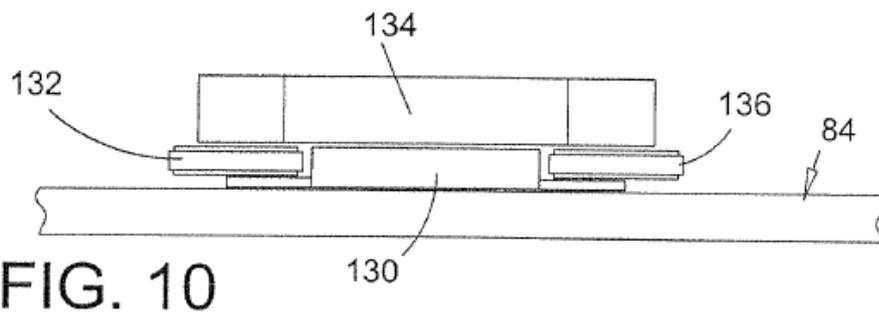


FIG. 10

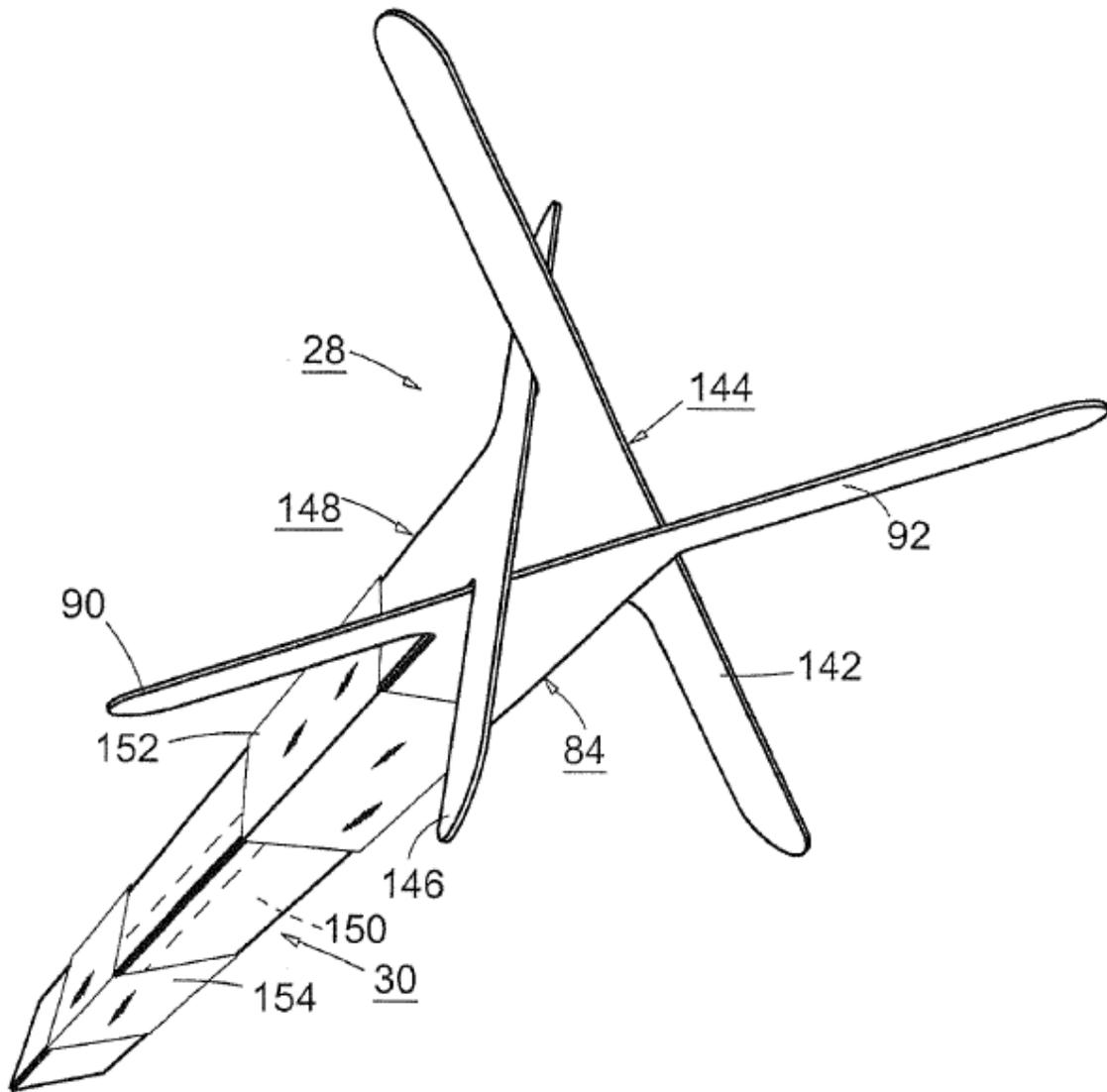


FIG. 11