

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 566 204**

(51) Int. Cl.:

H01Q 9/27 (2006.01)
H01Q 11/10 (2006.01)
H01Q 13/10 (2006.01)
H01Q 21/06 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.02.2013 E 13155549 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.01.2016 EP 2629367**

(54) Título: **Disposición de antenas de ranura sinuosa de bajo perfil de banda ultra ancha**

(30) Prioridad:

17.02.2012 EP 12425035

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

11.04.2016

(73) Titular/es:

ELETTRONICA S.P.A. (100.0%)
Via Tiburtina Valeria Km 13.70
00131 Roma, IT

(72) Inventor/es:

**MANNA, ANTONIO y
BALDONERO, PAOLO**

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 566 204 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

Disposición de antenas de ranura sinuosa de bajo perfil de banda ultra ancha

5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere, en general, a una disposición en fase con elementos radiantes de banda ultra ancha de bajo perfil (UWB) para aplicaciones de Medida de Contadores Electrónicos (ECM) y, en particular, a una disposición de antenas de ranura sinuosa de bajo perfil UWB para aplicaciones de ECM.

10 Técnica anterior

Como es sabido, los sistemas de ECM deben cubrir una muy amplia banda del espectro de frecuencias (es decir, múltiples octavas). Por lo tanto, los sensores electromagnéticos explotados en tales sistemas deben ser diseñados para cubrir una banda de frecuencia de múltiples octavas presentando rendimientos muy "planos" de Radio Frecuencia (RF) en términos de ganancia, ancho de haz de media potencia y nivel de pérdida de retorno inferior a 10 dB.

Por otra parte, debido a las restricciones mecánicas y ambientales, los sistemas de ECM, especialmente para aplicaciones de aviación, requieren de bajo tamaño, bajo perfil y sensores electromagnéticos mecánicamente robustos.

En particular, los sensores electromagnéticos, con el fin de poder ser explotados en arreglos de fase para aplicaciones de ECM, deben cumplir los siguientes requisitos:

- 25 • cobertura de espectro de frecuencia UWB (es decir, por lo general 3:1);
- alta eficiencia (típicamente mayor que 50%);
- sector de la cobertura angular amplia estable con frecuencia (típicamente $\pm 45^\circ$ en ambos planos de Elevación y Acimut en la frecuencia central de operación);
- 30 • la integración en muy densa retícula de disposición con el fin de minimizar la presencia de lóbulos de rejilla no deseados;
- bajo tamaño y una estructura de perfil bajo (es decir, el espesor de la estructura radiante inferior a $\lambda_0/4$ a la frecuencia mínima de funcionamiento, donde λ_0 indica la longitud de onda correspondiente a la frecuencia mínima de operación) a fin de aumentar la capacidad del sistema de montaje empotrado en plataformas de aviónica que dan la posibilidad de diseñar las matrices de conformación integradas en la piel de las plataformas de aviónica; y
- 35 • capacidad para recibir instantáneamente todo el funcionamiento Horizontal, Vertical, y polarizaciones Circulares Izquierda y Derecha de campo electromagnético (es decir, el llamado requisito "no a ciegas").

40 En V. H. Rumsey, "Frequency independent antennas", 1957 IRE National Convention Record, páginas 114-118, marzo de 1957, se describen antenas de frecuencia independiente, que tienen funciones de RF únicas, ganar específicamente la capacidad de planitud y la estabilidad del patrón frente a la banda de frecuencia de funcionamiento UWB (hasta varias octavas), que hacen que tales antenas sean buenas candidatas para disposiciones de fase ECM. Desafortunadamente, varias desventajas, tales como la complejidad de la estructura de alimentación y las dimensiones a escala de la frecuencia (es decir, la imposibilidad de poblar redes de disposición "eléctricamente densas"), representan obstáculos insuperables para su uso en disposiciones de fase ECM.

45 Por lo tanto, las actuales estructuras de elementos radiantes de fin de incendios UWB, tales como Antenas de Ranura Cónica (TSA), antenas Vivaldi, etc., se utilizan para llenar disposiciones de fase para aplicaciones de ECM en lugar de antenas independientes de frecuencia plana.

50 A este respecto, las figuras 1, 2 y 3 muestran, respectivamente, una vista en perspectiva, una vista lateral y una vista superior de un modelo en tres dimensiones (3D) Diseño Asistido por Ordenador (CAD) de una disposición de antenas 10 de ejemplo a base de elementos radiantes Vivaldi.

55 Los elementos radiantes Vivaldi presentan las siguientes dos desventajas no despreciables.

60 En primer lugar, los elementos radiantes Vivaldi no son elementos de perfil bajo (de hecho, la corriente fluye en el plano de máxima radiación) y la altura total de la antena debe ser al menos igual a la mitad de la longitud de onda a la frecuencia de operación más baja. En consecuencia, los elementos Vivaldi no se pueden utilizar para llenar las aberturas de conformación.

65 En segundo lugar, con el fin de satisfacer el requisito de polarización no ciego, un elemento adicional, es decir, un polarizador, debe ser utilizado para girar el campo radiado. De esta manera es posible realizar una polarización de 45° inclinada no ciega. Por otra parte, es inevitable la presencia del polarizador (y de sus pérdidas) reduce

significativamente la eficiencia de la antena. A este respecto, la figura 4 muestra una vista en perspectiva de un modelo CAD en 3D de una disposición de Vivaldi 20 de ejemplo con polarizador para una inclinación de 45° de polarización.

- 5 Además, antenas de ranura sinuosa en cavidad se describen en Maná y otros: "MANNA A ET AL: "Novel UWB low-profile sinuous slot antenna", ANTENNAS AND PROPAGATION (EUCAP), PROCEEDINGS OF THE 5TH EUROPEAN CONFERENCE ON, IEEE, 11 de abril de 2011 (2011-04-11), páginas 783-786.

Objeto y sumario de la invención

10 El objeto de la presente invención es, por tanto, el de proporcionar una disposición de antenas que, en general, cumple todos los requisitos de ECM enumerados anteriormente y, desde allí, es explotable en disposiciones de fase para aplicaciones de ECM, y, en particular, que combina las ventajas respectivas de antenas de TSA y antenas de frecuencia independiente, evitando, al mismo tiempo, los respectivos inconvenientes descritos anteriormente.

15 Este objeto se consigue por la presente invención en que se trata de un sistema de antena, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

20 En particular, la presente invención se refiere a un sistema de antena para Medida de Contador Electrónico, cuyo sistema de antena comprende una disposición de antenas plana de tres o más antenas de ranura sinuosas dispuestas a fin de formar una red de disposición triangular. La disposición de antenas plana tiene un borde periférico cerrado. Cada antena de ranura sinuosa incluye una estructura de alimentación respectiva dispuesta en una superficie inferior de la disposición de antenas plana.

25 El sistema de antena de acuerdo con la presente invención comprende además una estructura metálica hueca, que incluye:

- una base que tiene un borde periférico cerrado;
- una pared lateral cerrada creciente desde el borde periférico cerrado de la base hasta una altura dada en el que dicha pared lateral cerrada termina con un borde superior cerrado; y
- un hueco definido por dicha base y dicha pared lateral cerrada.

30 El hueco está cerrado superiormente por la disposición de antena plana cuyo borde periférico cerrado está fijado sobre o en el borde superior cerrado de la estructura metálica hueca y cuya superficie inferior se enfrenta al hueco.

35 El sistema de antena de acuerdo con la presente invención comprende además un espaciador de espuma que llena el hueco y mantiene las antenas de ranura sinuosa separada de la base de la altura dada.

40 La altura determinada es igual a un cuarto de una longitud de onda correspondiente a una frecuencia de funcionamiento central de la disposición de antenas.

45 El sistema de antena de acuerdo con la presente invención comprende además una hoja absorbente que cubre la base en la parte inferior de la cavidad, dicha lámina absorbente está diseñada para absorber las corrientes de superficie en la base en la parte inferior de la cavidad.

50 Para cada antena de ranura sinuosa, la estructura metálica hueca incluye, además:

- un elemento cónico reflectante correspondiente, que sobresale desde la base a través de la lámina absorbente y el separador de espuma en el hueco, está dispuesto por debajo de dicha antena de ranura sinuosa, y está diseñado para reflejar de nuevo la radiación de dicha antena de ranura sinuosa; y
- una torreta de alimentación correspondiente, que sobresale de la base a través de la lámina absorbente y el separador de espuma en el hueco hasta la estructura de alimentación de dicha antena de ranura sinuosa, y que se acopla con la estructura de alimentación de dicha antena de ranura sinuosa.

55 Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la presente invención, las realizaciones preferidas, que están destinadas meramente a modo de ejemplo y no han de interpretarse como limitativas, se describirán ahora con referencia a los dibujos adjuntos (todos no a escala), en los que:

- 60
- Las figuras 1, 2 y 3 muestran, respectivamente, una vista en perspectiva, una vista lateral y una vista superior de una disposición de antenas en base a elementos radiantes Vivaldi;
 - La figura 4 muestra una disposición de Vivaldi con polarizador para una polarización de 45° de inclinación;
 - La figura 5 ilustra esquemáticamente la geometría de un solo brazo sinuoso de una antena sinuosa plana conocida;

- La figura 6 muestra esquemáticamente una estructura de ranura sinuosa de una antena de ranura sinuosa conocida;
- Las figuras 7a y 7b muestran, en dos diferentes niveles de detalle, una estructura de alimentación para la estructura de ranura sinuosa que se muestra en la figura 6;
- 5 • Las figuras 8a y 8b muestran, respectivamente, una antena de ranura sinuosa conocida basada en la estructura de ranura sinuosa y la estructura de alimentación que se muestra en las figuras 6, 7a y 7b, y una estructura de transición 90° RF de dicha antena de ranura sinuosa conocida;
- 10 • La figura 9 muestra una vista en perspectiva de un sistema de antena de acuerdo con una primera realización preferida de la presente invención;
- La figura 10 muestra una vista despiezada del sistema de antena de la figura 9;
- Las figuras 11a y 11b muestran, respectivamente, una superficie superior y una superficie inferior de un componente del sistema de antena de las figuras 9 y 10;
- La figura 12 muestra distancias reticulares de elementos de antena del sistema de antena de las figuras 9 y 10;
- 15 • La figura 13 muestra una vista en perspectiva de otro componente del sistema de antena de las figuras 9 y 10;
- La figura 14 muestra una disposición de antenas modular basada en el sistema de antena de las figuras 9 y 10;
- La figura 15 muestra una disposición de antena de ranura sinuosa de un sistema de antena de acuerdo con una segunda realización preferida de la presente invención; y
- Las figuras 16 y 17 muestran, respectivamente, la ganancia media de un solo elemento y las pérdidas de escaneo del sistema de antena de acuerdo con la presente invención.

20 Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

La siguiente discusión se presenta para permitir a una persona experta en la técnica hacer y usar la invención. Diversas modificaciones de las realizaciones serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica, sin apartarse del alcance de la presente invención como se reivindica. Por lo tanto, la presente invención no pretende limitarse a las realizaciones mostradas y descritas, sino que ha de concedérsele el alcance más amplio consistente con los principios y características descritos en este documento y se definen en las reivindicaciones adjuntas.

En particular, en la siguiente la presente invención, que se refiere a un sistema de antena para aplicaciones de ECM, se describirá haciendo referencia explícita a la transmisión RF sin que ello implique ninguna pérdida de generalidad. De hecho, el sistema de antena de acuerdo con la presente invención, incluso si su funcionamiento se describirá con referencia explícita a la transmisión, puede funcionar, sin la necesidad de modificaciones, también como un sistema de recepción de acuerdo con el principio de reciprocidad bien conocido.

35 La presente invención se deriva de la idea del solicitante de explotar, como elementos radiantes de una disposición en fase para aplicaciones de ECM, antenas de ranura sinuosas.

Como se sabe (en esta referencia de conexión puede ser, por ejemplo, hecha con la Patente de Estados Unidos US 4.658.262), una antena sinuosa comprende una disposición de N brazos sinuosos idénticos (con $N > 1$), por ejemplo, 40 N bandas de metal sinuoso, que se encuentran en una superficie común, se extienden hacia fuera desde un punto común y están dispuestas simétricamente en la superficie común a intervalos de $360^\circ/N$ alrededor de un eje central que contiene el punto común. En otras palabras, la disposición de N sinuosos brazos idénticos tiene una simetría de rotación con respecto a (es decir, alrededor de) el eje central de tal manera que una rotación de $360^\circ/N$ grados alrededor de dicho eje central deja la estructura sinuosa en general sin cambios. Los brazos sinuosos tienen 45 anchuras que aumentan con la distancia desde el punto común. Convenientemente, la superficie común puede ser plana o cónica o piramidal.

Más en detalle, cada brazo de antena comprende P células de ángulos y curvas, en el que dichas células se escalan de tamaño una con respecto a otra y están numeradas de 1 a P, donde 1 es la célula más externa que es la más grande, y P es la célula más interna que es la más pequeña. El exterior y el interior de los radios de la p-ésima célula (con $1 \leq p \leq P$), medidos desde el punto común, se designan respectivamente como R_p y R_{p+1} y están relacionadas por un primer parámetro de diseño τ_p , que es un número positivo menor que 1 y define la relación entre el radio interior R_{p+1} y el radio exterior R_p , es decir, resulta que $\tau_p = R_{p+1} / R_p$.

55 A fin de que la geometría de un brazo sinuoso sea mejor entendida, la figura 5 ilustra esquemáticamente la estructura geométrica de un solo brazo sinuoso de una antena sinuosa plana con respecto a un sistema de referencia de dos dimensiones (2D) de coordenadas polares r y ϕ centrado en un punto C que es el punto común a partir del cual los brazos sinuosos N de la antena sinuosa plana se extienden.

60 En particular, con referencia a la figura 5, la ecuación de la curva de la p-ésima célula viene dada por:

$$\phi = (-1)^p \alpha_p \operatorname{sen} \left(\frac{180 \ln(r/R_p)}{\tau_p} \right)$$

con $R_{p+1} \leq r \leq R_p$ y donde α_p indica un segundo parámetro de diseño, que es un número positivo y define la anchura angular de la p-ésima célula.

Si α_p y τ_p son constantes para todas las células, es decir, si son independientes de p, la curva es una función de logaritmo periódica del logaritmo del radio r y, de allí, satisface el principio log-periódico; de lo contrario, es decir, si α_p y τ_p no son independientes de p, la curva puede ser referida como una curva de cuasi-log-periódica.

Se genera entonces el brazo sinuoso teniendo en cuenta un tercer parámetro de diseño δ que indica un cierto número de grados que definen la oscilación de la curva sinuosa para crear un brazo:

$$10 \quad \phi = (-1)^p \alpha_p \operatorname{sen} \left(\frac{180 \ln(r / R_p)}{\tau_p} \right) \pm \delta$$

con, de nuevo, $R_{p+1} \leq r \leq R_p$.

15 Es importante destacar que el ancho de banda de la antena sinuosa depende principalmente del tamaño físico de la curva sinuosa. En particular, el radio máximo externo R_1 y el radio mínimo interno R_p están estrictamente relacionados con, respectivamente, la frecuencia mínima de funcionamiento f_{baja} y la frecuencia de operación más alta f_{alta} de modo que resulta que:

$$20 \quad R_1 \approx \frac{\lambda_{baja} / 4}{\alpha_1 + \delta} \quad y \quad R_p \approx \frac{\lambda_{alta} / 4}{\alpha_p + \delta'}$$

donde λ_{baja} y λ_{alta} indican, respectivamente, la longitud de onda asociada con la frecuencia mínima de funcionamiento f_{baja} y la longitud de onda asociada con la frecuencia de funcionamiento más alta f_{alta} .

25 Para una antena sinuosa en la versión ranura, es decir, con N ranuras sinuosas en lugar de los brazos sinuosos N, las reglas básicas de diseño sinuoso descritos anteriormente siguen siendo válidas.

Como se dijo anteriormente, la presente invención se refiere al uso, con el fin de realizar una disposición de fase para aplicaciones de ECM, de una disposición de antena de ranura sinuosa, es decir, una disposición de antenas de ranura sinuosa.

35 En particular, un sistema de antena para disposiciones en fase ECM de acuerdo con una realización preferida de la presente invención, comprende una disposición de antenas de ranura sinuosa sobre la base de una antena de ranura sinuosa que se presenta y se describe en A. Manna, P. Baldonero, F. Trotta, "Novel UWB Low-Profile Sinuous Slot Antenna", Proceedings of 5th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), Roma, 11-15 de abril de 2011, y que es una antena de "cuasi" frecuencia independiente, tiene todas las ventajas de las antenas independientes de la frecuencia, y tiene también una estructura única de alimentación extremadamente simple.

40 A este respecto, se hace referencia a la figura 6 que muestra la estructura de ranura sinuosa (indicada en su conjunto por 30) propuesto en "Novel UWB Low-Profile Sinuous Slot Antenna".

En particular, la estructura de ranura sinuosa 30 está diseñada para operar en la banda de frecuencia de 6 a 18 GHz y comprende:

- 45
- dos ranuras sinuosas (es decir, $N = 2$) 31 y 32, cada una de las cuales se puede obtener mediante la rotación de la otra ranura sinuosa de 180° alrededor de un punto central O desde el cual se miden los radios de las células; y
 - una ranura de alimentación recta 33 que conecta las células más pequeñas "P" (es decir, las células más internas) de las ranuras sinuosas 31 y 32 y está centrada con respecto al punto central O (es decir, el punto central O es sustancialmente la mediana con respecto a la ranura de alimentación recta 33).

En detalle, la estructura de ranura sinuosa 30 se basa en los siguientes parámetros:

- 55
- $R_1 = 12$ mm;
 - $R_p = 1,5$ mm;
 - $\alpha = 50^\circ$;
 - $\delta = 10^\circ$; y
 - diecisésis células por brazo (es decir, $P = 16$).

Para la estructura de ranura sinuosa 30 un crecimiento lineal de las ranuras sinuosas 31 y 32 ha sido elegido con el fin de garantizar una anchura constante de célula de manera similar a una espiral de Arquímedes.

Más en detalle, la antena de ranura sinuosa que se describe en el documento antes mencionado se realiza mediante:

- proporcionar un elemento dieléctrico en forma de disco delgado que tiene una superficie frontal plana y una superficie posterior plana, en la que ambas de dichas superficies están metalizadas, es decir, cubierto por metalizaciones;
- cortar la estructura de ranura sinuosa 30 en la superficie frontal plana del elemento dieléctrico en forma de disco de modo que la ranura de alimentación recta 33 está centrada con respecto al centro del elemento dieléctrico en forma de disco (siendo dicho centro, y desde allí, la mediana con respecto a dicha ranura de alimentación recta 33); y
- realizar sobre la superficie plana posterior del elemento dieléctrico en forma de disco una estructura de alimentación para la alimentación de la estructura de ranura sinuosa 30 a través de la ranura de alimentación recta 33, en el que realizar la estructura de alimentación incluye la eliminación de la metalización(es) a partir de las áreas de la superficie plana de nuevo no ocupada por dicha estructura de alimentación con el fin de exponer el dieléctrico subyacente.

Convenientemente, el elemento dieléctrico en forma de disco puede ser, por ejemplo, obtenido de un laminado Rogers RT/5880 duroid® con un espesor de 0,254 mm.

De la figura 6 se puede observar que la estructura de ranura sinuosa 30 no explota toda el área disponible en las superficies frontal y posterior del elemento dieléctrico. Tal estrategia parece ser desventajosa debido a la longitud total más baja de las células externas que, en consecuencia, resuenan a una frecuencia mínima más alta. En realidad, tal elección esconde una ventaja muy atractiva, a saber, la posibilidad de explotar la parte metálica libre de la superficie plana frontal del elemento dieléctrico en forma de disco como un plano de tierra para una microcinta impresa en la superficie plana posterior del elemento dieléctrico en forma de disco. De esta forma es posible alimentar las ranuras sinuosas 31 y 32 por medio de una microcinta que terminan con un talón abierto en forma de abanico UWB que hace que la señal RF fluya en la ranura de alimentación recta 33 y, a continuación, en las ranuras sinuosas 31 y 32.

Para que la estructura de alimentación de la estructura de ranura sinuosa 30 sea mejor entendida, se hace referencia a las figuras 7a y 7b, en la que la figura 7a muestra la superficie plana trasera (indicada por 40) del elemento dieléctrico en forma de disco y la figura 7b es una vista ampliada de una región central de dicha superficie trasera plana 40 que se extiende alrededor de un punto O' central de la misma (en las figuras 7a y 7b el elemento dieléctrico en forma de disco no se muestra en aras de la claridad de la ilustración).

Como se muestra en las figuras 7a y 7b, sobre la superficie plana trasera 40 se realiza una estructura de alimentación 41, que incluye una línea de alimentación 42 en la forma de una banda recta que:

- se extiende radialmente desde el punto central O' en una posición media con respecto a la ranura de alimentación recta 33 (es decir, el punto central O' es la mediana con respecto a la ranura de alimentación recta 33);
- es perpendicular a la ranura de alimentación recta 33;
- tiene una anchura predefinida W_m paralelamente a la ranura de alimentación recta 33; y
- termina, en el punto central O', con un talón abierto 43 en forma de abanico.

En particular, la línea de alimentación recta 42 y el talón abierto 43 en forma de abanico se extienden desde lados opuestos de la ranura de alimentación recta 33 y tienen uno y el mismo eje de simetría que es perpendicular a la ranura de alimentación recta 33 y pasa a través del punto central O'.

Como se ha dicho anteriormente, en la fabricación de la línea de alimentación 42 y del talón abierto 43 en forma de abanico, la metalización(es) en las áreas de la superficie posterior plana 40 no ocupadas por dicha línea de alimentación 42 y por dicho talón en forma de abanico abierto 43 es/son eliminadas para exponer el dieléctrico subyacente. En otras palabras, después de la realización de la línea de alimentación 42 y del talón abierto 43 en forma de abanico, en la superficie posterior plana 40 del elemento dieléctrico en forma de disco solo están presentes la metalización(es) que define dicha línea de alimentación 42 y dicho abanico en forma de talón abierto 43, mientras que el dieléctrico se expone en el resto de dicha superficie trasera plana 40.

Convenientemente, con el fin de minimizar la reflexión debida a la falta de correspondencia entre la estructura de alimentación 41 y la estructura de ranura sinuosa 30, la anchura W_m de la línea de alimentación 42 y el radio R_F y el tamaño angular θ_F del talón abierto en forma de abanico 43 (medido, respectivamente, desde el punto central O', y con respecto al eje de simetría o a la ranura de alimentación recta 33) pueden ser optimizados para lograr una pérdida de retorno inferior a -15 dB en la banda de frecuencias 6-18 GHz.

Dado que, la estructura de ranura sinuosa 30 tiene un patrón de radiación bidireccional, es decir, en uso, se irradia hacia adelante y hacia atrás, es necesaria una cavidad trasera metálica adecuada. Para una banda de frecuencia 3:1 es posible explotar fácilmente la radiación posterior por medio de una cavidad metálica separada de la parte superior de la superficie plana de aproximadamente $\lambda_0/4$ a la frecuencia central de operación (donde λ_0 indica la

5 longitud de onda correspondiente a la frecuencia central de operación). Además, la cavidad está diseñada también para alimentar correctamente la estructura de alimentación 41 y, desde allí, la estructura de ranura sinuosa 30 por medio de una estructura de transición de RF.

10 Para que la estructura de transición de RF sea mejor entendida, se hace referencia a las figuras 8a y 8b, en la que la figura 8a es una vista en perspectiva de la antena de ranura sinuosa general (indicada en su conjunto por 50) propuesto en "Novel UWB Low-Profile Sinuous Slot Antenna" y la figura 8b es una vista en perspectiva ampliada solamente de una estructura de transición 90° RF (indicada en su conjunto por 60) empleada en dicha antena de ranura sinuosa 50.

15 En particular, la estructura de transición 90° RF 60 comprende un conector GPO® (en despiece debido al pequeño tamaño de la antena 50). En detalle, la clavija del conector de grano GPO® se suelda sobre la superficie de la planta superior (indicado por 51) de la antena de ranura sinuosa 50. Por lo tanto, por medio de metálico a través del orificio, la señal de RF viaja a través de la línea de alimentación 42 hasta la ranura de alimentación recta 33.

20 La antena de ranura sinuosa propuesta en "Novel UWB Low-Profile Sinuous Slot Antenna" presenta excelentes funciones de RF en términos de ganancia en el eje de puntería, de media potencia del haz de ancho y nivel de pérdida de retorno.

25 En lo que se refiere a la presente invención, las figuras 9 y 10 muestran, respectivamente:

- una vista en perspectiva de un modelo CAD en 3D de un sistema de antena (en ambas figuras 9 y 10 se indica como un todo mediante 70) de acuerdo con una primera realización preferida de la presente invención; y
- una vista en despiece del sistema de antena 70.

30 El sistema de antena 70 está diseñado para cubrir una banda de frecuencia 3:1 directamente en una polarización de 45° de inclinación (sin la necesidad de un polarizador), específicamente está diseñado para operar en la banda de frecuencias 6-18 GHz siendo de ese modo un sistema de antena UWB.

35 Como se muestra en las figuras 9 y 10, el sistema de antena 70 incluye:

- una disposición de antena de ranura sinuosa 71;
- un espaciador de espuma 72; y
- una estructura metálica hueca 73.

40 En particular, la estructura metálica hueca 73 tiene un hueco 731 que está cerrado superiormente, es decir, tapado, por la disposición de antenas de ranura sinuosa 71 y el separador de espuma 72 llenando dicho hueco 731.

En detalle, la disposición de antenas de ranura sinuosa 71 incluye:

45 • una lámina dieléctrica que tiene una superficie superior 711, una superficie inferior y un borde periférico cerrado, en el que la superficie superior 711 es metalizado; y

- doce antenas de ranura sinuosas 712 realizadas, es decir, formadas, en la lámina dieléctrica, específicamente cada una en una parte respectiva de la lámina dieléctrica, y dispuestas de manera que se forme una red de disposición triangular con dos filas de seis elementos.

50 Es importante destacar el hecho de que el número de las antenas de ranura sinuosas puede ser diferente de doce. De hecho, puede ser igual a, o mayor que, tres a fin de permitir una disposición de malla triangular de las antenas de ranura sinuosas.

55 Preferiblemente, cada una de las antenas de ranura sinuosas 712 incluye la estructura de ranura sinuosa 30 y la estructura de alimentación 41 propuesta en "Novel UWB Low-Profile Sinuous Slot Antenna" y se ha descrito previamente. Pero, a diferencia de "Novel UWB Low-Profile Sinuous Slot Antenna", en el sistema de antena 70 las doce antenas de ranura sinuosas 712 se imprimen en una y la misma lámina dieléctrica y, de allí, el sistema de antena 70 está diseñado con el fin de tener en cuenta y gestionar adecuadamente el acoplamiento mutuo entre las antenas de ranura sinuosas 712.

60 A este respecto, las figuras 11a y 11b muestran respectivamente:

- la superficie superior 711 de la lámina dieléctrica donde se imprimen las doce estructuras de ranura sinuosas 30 de las doce antenas de ranura sinuosas 712; y

- la superficie inferior (indicada por 713) de la lámina dieléctrica donde se imprimen las doce estructuras de alimentación 41 de las doce antenas de ranura sinuosas 712.

5 Como se ha descrito anteriormente, cada estructura de alimentación 41 incluye la recta final línea de alimentación 42, en un primer extremo, con el talón abierto en forma de abanico 43 y, en un segundo extremo, con una parte extrema diseñada para el acoplamiento de transición RF 90°.

10 Además, con el fin de minimizar la presencia de lóbulos de rejilla, una red de disposición triangular ha sido elegida. A este respecto, la figura 12 muestra las distancias reticulares seleccionados como un buen compromiso entre la zona de solo elemento asignado (es decir, a más ancha es la zona, más baja es la frecuencia mínima de funcionamiento) y la presencia de lóbulos de rejilla. En particular, como se muestra en la figura 12, las antenas de ranura sinuosas adyacentes 712 dispuestas a lo largo de una y la misma fila están separadas (en particular los centros de dichas antenas de ranura sinuosas adyacentes 712 están separados) de $d_{Az} = 3/2 \lambda_{min}$, y las filas se colocan de lado a lado no alineadas a fin de formar la red de disposición triangular y están separadas (en particular, los ejes que contienen los centros de las respectivas antenas de ranura sinuosas 712) están separados de $d_{Ei} = 7/6 \lambda_{min}$, donde λ_{min} indica la longitud de onda correspondiente a la frecuencia más baja de funcionamiento en el que el sistema de antena 70 está diseñado para funcionar, es decir, para transmitir y recibir.

15 Con la presente red, las antenas de ranura sinuosa 71 cubre una banda de frecuencia más ancha que una octava (es decir, 3:1).

20 De nuevo con referencia a las figuras 9 y 10, la disposición de antena de ranura sinuosa 71 está dispuesta de manera que superiormente cierra, es decir, detiene, el hueco 731 de la estructura metálica hueca 73 y de modo que la superficie inferior 713 de la lámina dieléctrica enfrenta dicho hueco 731. El espaciador de espuma 72 (por ejemplo, ROHACELL® 71HF) se inserta en el hueco 731 para garantizar la distancia correcta entre la disposición de antenas de ranura sinuosa 71 y la parte inferior del hueco 731.

Por otra parte, la figura 13 muestra una vista en perspectiva de la estructura metálica hueca 73, que incluye:

- 25
- una base 732 que tiene un borde periférico cerrado y tiene un tamaño y una forma que corresponde sustancialmente con el tamaño y la forma de la disposición de antenas de ranura sinuosa 71, en particular de la lámina dieléctrica;
 - una pared lateral cerrada 733 que asciende, es decir, se extiende hacia arriba, desde el borde periférico cerrado de la base 732 hasta una altura H dada en la que dicha pared lateral cerrada 733 termina con un borde superior cerrado correspondiente al borde periférico cerrado de la lámina dieléctrica;
 - el hueco 731 definido por dicha base 732 y dicha pared lateral cerrada 733;
 - unos elementos cónicos reflectantes 734 que sobresalen desde la base 732 a través del espaciador de espuma 72 en el hueco 731, se forman sustancialmente como cúpulas o conos circulares o conos circulares truncados, y están dispuestos, cada uno, en una posición respectiva correspondiente a la posición de una correspondiente antena de ranura sinuosa 712 en la hoja de dieléctrico formando de este modo, todos juntos, una red de disposición triangular que corresponde a la red de disposición triangular formada por las doce antenas de ranura sinuosas 712; y
 - unas torretas de alimentación 735 que sobresalen desde la base 732 a través del espaciador de espuma 72 en el hueco 731 hasta la altura dada H, que están dispuestas, cada una, en una posición respectiva correspondiente a la posición de la parte extrema de la línea de alimentación 42 de una correspondiente antena de ranura sinuosa 712 en la superficie inferior 713 de la lámina dieléctrica, y que terminan en la altura dada H, cada una, con una porción de conexión respectiva diseñada para formar con la parte extrema de la línea de alimentación 42 de la correspondiente antena de ranura sinuosa 712 un acoplamiento de transición 90° RF basado en un metal a través de la propagación de orificio de las señales de RF entre dicha parte de conexión respectiva y dicha porción final de la línea de alimentación 42.

30 Por otra parte, una hoja absorbente de un material absorbente cubre la base 732 en la parte inferior de la cavidad 731, en el que los elementos cónicos reflectantes 734 y las torretas de alimentación 735 sobresalen de la base 732 en el hueco 731 a través de la lámina absorbente y el separador de espuma 72.

35 De nuevo con referencia a la figura 9, en el sistema de antena 70 del borde periférico cerrado de la lámina dieléctrica de la disposición de antenas de ranura sinuosa 71 está fijado, por ejemplo, pegado, en o en el borde superior cerrado de la pared lateral cerrada 733 de la estructura metálica hueca 73 de manera que cierre, es decir, detenga, el hueco 731 y de modo que la superficie inferior 713 de la lámina dieléctrica enfrenta dicho hueco 731.

40 Convenientemente, la base 732, la pared lateral cerrada 733 y los elementos cónicos reflectantes 734 se hacen integralmente en una sola pieza de un material metálico.

45 Preferiblemente, cada una de las partes de conexión de las torretas de alimentación 735 incluye la estructura de transición 90° RF 60 con el conector propuesto en GPO® "Novel UWB Low-Profile Sinuous Slot Antenna" y se ha

descrito previamente.

Como se muestra en las figuras 10 y 13, la estructura metálica hueca 73 no tiene paredes metálicas internas que sobresalen en el hueco 731 y por lo tanto una particular atención se ha prestado en el diseño de dicho artículo.

Además, la presencia y la forma de los elementos cónicos reflectantes 734 tienen un doble objetivo:

- reflejar de manera eficiente la radiación de retorno de la antena para lograr un patrón de disposición unidireccional; y
- evitar la presencia de resonancias parásitas internas.

Por otra parte, la lámina absorbente está dispuesta en la parte inferior del hueco 731 con el fin de, en el uso, absorber las corrientes de superficie particular (es decir, en la parte inferior de la cavidad 731, es decir, en la base 732) y evitar las radiaciones de retorno destructivas.

Convenientemente, la altura dada H de la pared lateral cerrada 733 y de las torres de alimentación 735 es igual a $\lambda_0/4$, λ_0 donde indica la longitud de onda a la frecuencia central de funcionamiento f_0 en la que el sistema de antena 70 está diseñado para funcionar, es decir, para transmitir y recibir. El espaciador de espuma 72 llena el hueco 731 con el fin de mantener la disposición de antenas de ranura sinuosa 71 y la parte inferior del hueco 731 separadas de la altura H dada. Esta altura H dada, que, desde allí, es sustancialmente la altura del sistema de antena general 70, hace que dicho sistema de antena 70 tenga un perfil bajo.

Convenientemente, la disposición de antenas de ranura sinuosa 71, el espaciador de espuma 72 y la estructura metálica hueca 73 están pegados entre sí por medio de adhesivo estructural (por ejemplo, Araldite AV138) para garantizar la robustez estructural.

Una característica adicional importante del sistema de antena 70 es la forma, en particular, el perfil lateral, de dicho sistema de antena 70. De hecho, el perfil lateral de la base 732, de la pared lateral cerrada 733 y la disposición de antenas de ranura sinuosa 71 es sustancialmente sinusoidal con el fin de permitir que dos o más sistemas de antena 70 que se colocan lado a lado formen una estructura modular. A este respecto, la figura 14 muestra una disposición modular de veinticuatro elementos de ranura sinuosos realizados utilizando dos "disposiciones de doce elementos de ranura sinuosa", en particular dos sistemas de antena 70 en la que no hay cambios en las interrelaciones distancias entre los elementos y no se han introducido modificaciones de la mecánica (es decir, de la estructura metálica hueca 73).

Por otra parte, una segunda forma de realización preferida de la presente invención se refiere a un sistema de antena que se diferencia del sistema de antena 70 según la primera forma de realización preferida sólo en la disposición de antenas de ranura sinuosa.

En particular, de acuerdo con dicha segunda realización preferida de la presente invención, las estructuras de ranura sinuosas de las antenas de ranura sinuosas dispuestas a lo largo una y la misma fila están conectadas.

A este respecto, la figura 15 muestra una disposición de antena de ranura sinuosa 80 de un sistema de antena de acuerdo con la segunda realización preferida de la presente invención, dicha disposición de antenas de ranura sinuosa 80 comprendiendo dos filas de seis antenas de ranura sinuosas 81 teniendo, cada una, una estructura de ranura sinuosa respectiva 82 con dos ranuras sinuosas (similar a la estructura de ranura sinuosa 30 descrita anteriormente).

Como se muestra en la figura 15, la estructura de ranura sinuosa 82 de cada antena de ranura sinuosa 81 que tiene dos antenas de ranura sinuosas adyacentes 81 a lo largo de una y la misma fila tiene:

- la célula más grande y más externa (es decir, la célula "1") de una de sus dos ranuras sinuosas conectada a la célula más grande y más exterior de una ranura sinuosa de una de las dos antenas de ranura sinuosa adyacentes 81; y
- la célula más grande y más externa (es decir, la célula "1") de la otra de sus dos ranuras sinuosas conectada a la célula más grande y más exterior de una ranura sinuosa de la otra de las dos antenas de ranura sinuosas adyacentes 81.

De esta manera, cada antena de ranura sinuosa única 81 se carga con los de los alrededores, la longitud eléctrica total de la antena crece de manera significativa y, desde allí, la frecuencia mínima de funcionamiento disminuye.

En la figura 16 se muestra la ganancia media de elemento individual del sistema de antena 70 en el eje de puntería respecto a la frecuencia. En particular, el gráfico mostrado en la figura 16 se ha calculado midiendo todo el patrón de doce elementos uno a la vez con los otros elementos cargados a 50 Ohm. Entonces, por medio de procesamiento posterior, se ha obtenido la ganancia media del elemento en el eje de puntería.

Por otra parte, en la figura 17 se muestra las pérdidas de escaneo del sistema de antena 70 en cuatro puntos de dirección particulares función de la frecuencia. Los puntos de escaneo son respectivamente $(Az, El) = (30^\circ, 0^\circ)$, $(45^\circ, 0^\circ)$, $(0^\circ, 30^\circ)$ y $(0^\circ, 45^\circ)$. Las curvas que se muestran en la figura 17 representan las "pérdidas" de la ganancia de disposición en los puntos de dirección anteriormente enumerados en comparación con el eje de puntería.

5 Las ventajas de la presente invención son claras a partir de lo anterior. En particular, cabe destacar el hecho de que la presente invención puede explotarse ventajosamente para hacer arreglos de fase que satisfagan plenamente las necesidades de ECM, es decir, que presentan todas las características siguientes:

- 10 • la cobertura de espectro de frecuencia UWB (es decir, 3:1);
• alta eficiencia;
• sector de cobertura angular ancho estable con frecuencia;
• la integración en una red de disposición muy densa minimizando la manera la presencia de lóbulos de rejilla no deseados;
- 15 • estructura de bajo perfil y bajo tamaño y aumentar así la capacidad del sistema de montaje empotrado en plataformas de aviónica que dan la posibilidad de diseñar matrices de conformación integradas en la piel de las plataformas de aviónica; y
• capacidad para recibir de forma instantánea todas las polarizaciones circulares que operan horizontal, vertical, e izquierda y derecha.

20 Por último, es evidente que numerosas modificaciones y variantes se pueden hacer con la presente invención, todas ellas dentro del alcance de la invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de antena (70) para medidas de contadores electrónicos, que comprende una disposición plana de la antena (71; 80) de tres o más antenas de ranura sinuosas (712; 81) dispuestas de manera que formen una red de disposición triangular; en el que la disposición plana de la antena (71; 80) tiene un borde periférico cerrado; en el que cada antena de ranura sinuosa (712; 81) incluye una estructura de alimentación respectiva (41) dispuesta en una superficie inferior (713) de la disposición plana de la antena (71; 80); comprendiendo además el sistema de antena (70) una estructura metálica hueca (73), que incluye:
- 5 • una base (732) que tiene un borde periférico cerrado;
 • una pared lateral cerrada (733) que se eleva desde el borde periférico cerrado de la base (732) hasta una altura (H) determinada en la que dicha pared lateral cerrada (733) termina con un borde superior cerrado; y
 • un hueco (731) definido por dicha base (732) y dicha pared lateral cerrada (733);
- 10 en el que el hueco (731) está superiormente cerrado por la disposición de antena plana (71; 80), cuyo borde periférico cerrado se fija en/al borde superior cerrado de la estructura metálica hueca (73) y cuya superficie inferior (713) enfrenta al hueco (731); comprendiendo además el sistema de antena (70) un espaciador de espuma (72) que llena el hueco (731) y mantiene las antenas de ranura sinuosas (712; 81) separadas de la base (732) de la altura dada (H);
- 15 en el que la altura dada (H) es igual a un cuarto de una longitud de onda correspondiente a una frecuencia de funcionamiento central de la disposición de antenas (71; 80);
 en el que una hoja absorbente cubre la base (732) en la parte inferior de la cavidad (731), dicha hoja absorbente está diseñada para absorber las corrientes de superficie en la base (732) en la parte inferior de la cavidad (731);

20 y en el que, para cada antena de ranura sinuosa (712; 81), la estructura metálica hueca (73) incluye además una torreta de alimentación correspondiente (735), que sobresale de la base (732) a través de la lámina absorbente y el separador de espuma (72) en el hueco (731) hasta la estructura de alimentación (41) de dicha antena de ranura sinuosa (712; 81), y que está acoplada con la estructura de alimentación (41) de dicha antena sinuosa ranura (712; 81);
 estando el sistema de antena (70) **caracterizado por que**, para cada antena sinuosa ranura (712; 81), la estructura metálica hueca (73) incluye además un elemento reflectante correspondiente cónico (734), que sobresale de la base (732) a través de la lámina absorbente y el separador de espuma (72) en el hueco (731), está dispuesto por debajo de dicha antena de ranura sinuosa (712; 81), y está diseñado para reflejar de nuevo la radiación de dicha antena de ranura sinuosa (712; 81).

25 2. El sistema de antena de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la red de disposición triangular comprende dos o más filas de antenas de ranura sinuosas (712; 81);
 en el que antenas de ranura sinuosas (712; 81) adyacentes en una y la misma fila están separadas entre sí de una primera distancia igual a tres mitades de una longitud de onda correspondiente a la frecuencia más baja de funcionamiento de la disposición de antenas (71; 80);

30 40 y en el que las filas adyacentes están separadas de una segunda distancia igual a siete sextas partes de la longitud de onda correspondiente a la frecuencia más baja de funcionamiento de la disposición de antenas (71; 80).

35 3. El sistema de antena de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la disposición plana de la antena (71; 80) incluye una lámina dieléctrica que tiene una superficie superior (711) y una superficie inferior (713);

40 45 en el que la superficie superior (711) de la lámina dieléctrica es metalizada;
 en el que cada antena de ranura sinuosa (712; 81) se hace en una parte respectiva de la lámina dieléctrica;
 y en el que las estructuras de alimentación (41) de las antenas de ranura sinuosas (712; 81) se forman en la superficie inferior (713) de la lámina dieléctrica.

50 55 4. El sistema de antena de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la estructura de alimentación (41) de cada antena de ranura sinuosa (712; 81) incluye una porción de extremo diseñada para una transición de 90° de frecuencia de radio;
 y en el que cada torreta de alimentación (735) incluye una porción de conexión, que está diseñada para una transición de 90° de radio frecuencia y que está acoplada con la porción de extremo de la estructura de alimentación (41) de la correspondiente antena de ranura sinuosa (712; 81).

60 65 5. El sistema de antena de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que cada antena de ranura sinuosa (712) incluye una estructura de ranura sinuosa respectiva (30); y en el que las estructuras de ranura sinuosas (30) de diferentes antenas de ranura sinuosas (712) no están conectadas.

65 6. El sistema de antena de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que cada antena de ranura sinuosa (81) incluye una estructura de ranura sinuosa respectiva (82);
 en el que la red de disposición triangular comprende dos o más filas de antenas de ranura sinuosas (81);
 y en el que se conectan las estructuras de ranura sinuosas (82) de las antenas de ranura sinuosas (81) en una misma fila.

7. El sistema de antena de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la estructura de ranura sinuosa (82) de cada antena de ranura sinuosa (81) incluye dos ranuras sinuosas; y en el que la estructura de ranura sinuosa (82) de cada antena de ranura sinuosa (81) adyacente a dos antenas de ranura sinuosas (81) en una y la misma fila tiene:

- 5 • la célula más externa de una de sus dos ranuras sinuosas conectada a la célula más externa de una ranura sinuosa de una de las dos antenas de ranura sinuosas adyacentes (81); y
 • la célula más externa de la otra de sus dos ranuras sinuosas conectada a la célula más externa de una ranura sinuosa de la otra de las dos antenas de ranura sinuosas adyacentes (81).

10 8. El sistema de antena de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la disposición plana de la antena (71; 80) es una disposición de antenas plana o conformada.

15 9. El sistema de antena modular que comprende varios sistemas de antena (70) como el reivindicado en cualquier reivindicación precedente; en el que los sistemas de antena (70) se colocan de lado a lado formando con ello una estructura de antena modular.

20 10. El sistema de antena modular de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el perfil lateral de cada sistema de antena (70) es sinusoidal.

25 11. Un sistema de disposición en fase para medida de contadores electrónicos, que comprende el sistema de antenas (70) de acuerdo con cualquier reivindicación 1 - 8 o el sistema de antena modular de acuerdo con la reivindicación 9 o 10.

12. Un sistema de medida de contadores electrónicos que comprende el sistema de antenas (70) de acuerdo con cualquier reivindicación 1 - 8 o el sistema de antena modular de acuerdo con la reivindicación 9 o 10.

FIG. 1

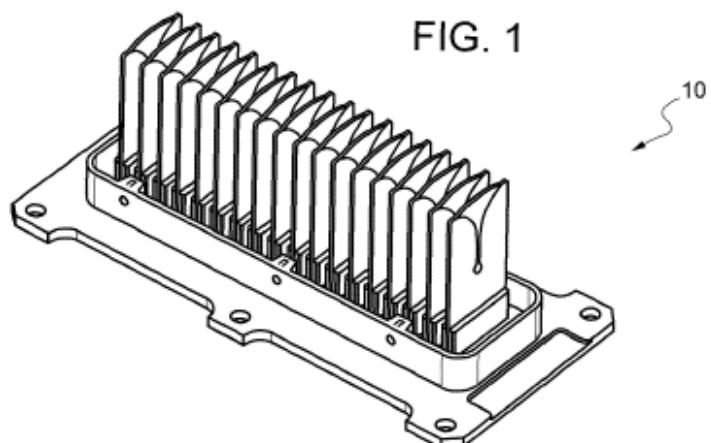


FIG. 2

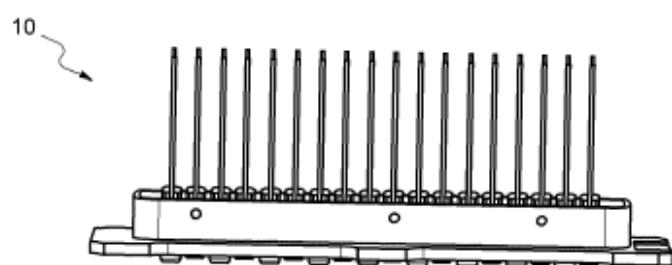


FIG. 3

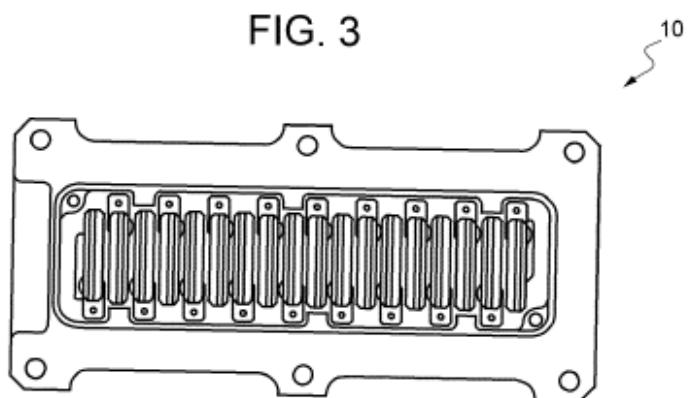


FIG. 4

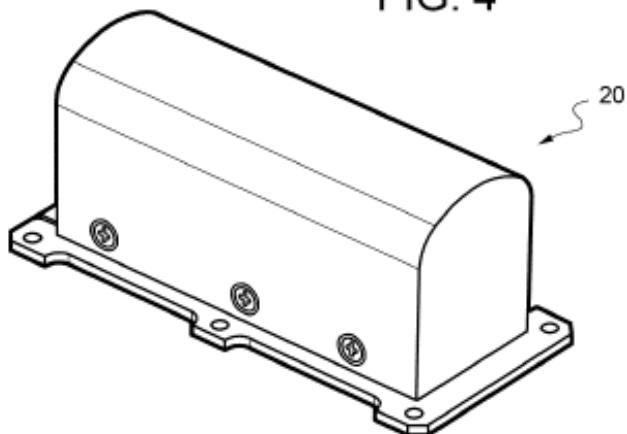


FIG. 5

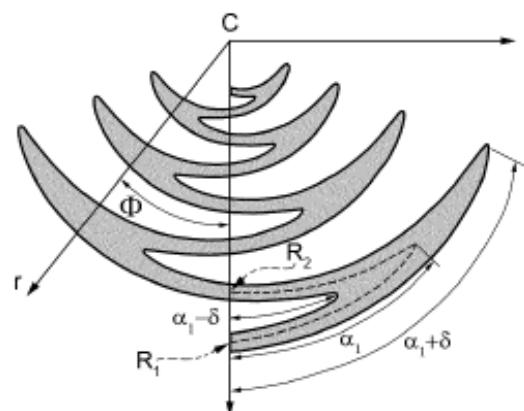


FIG. 6

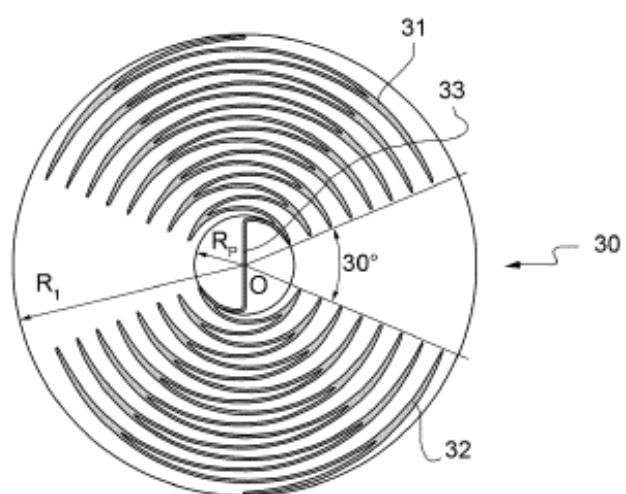


FIG. 7a

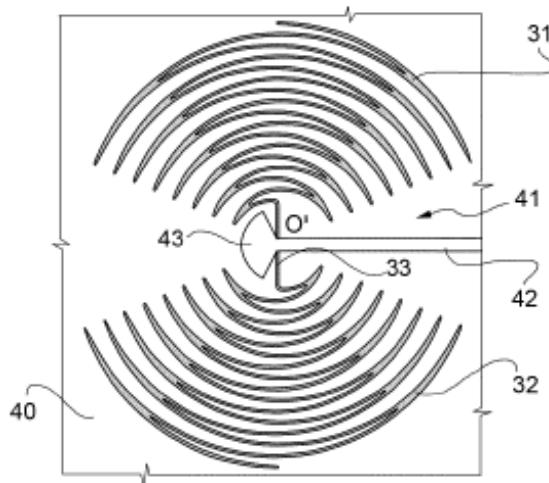


FIG. 7b

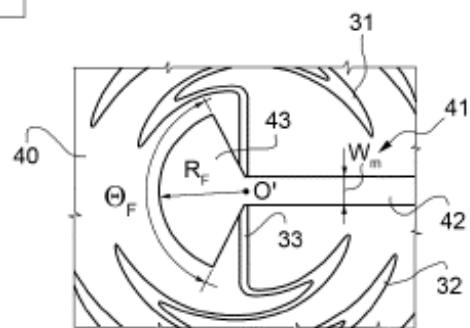


FIG. 8a

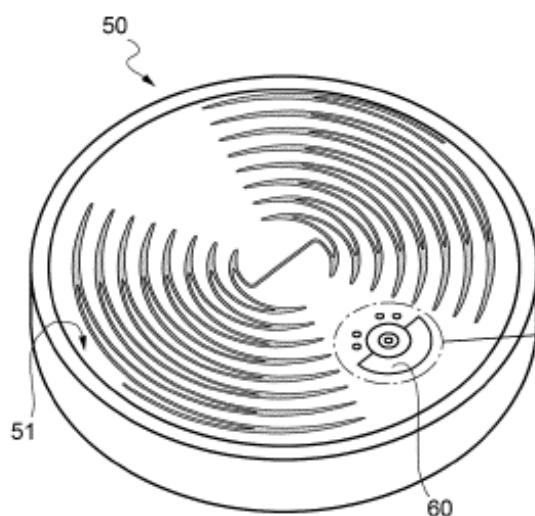


FIG. 8b

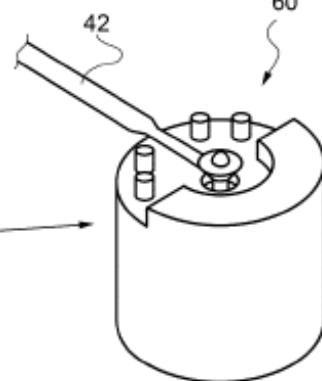


FIG. 9

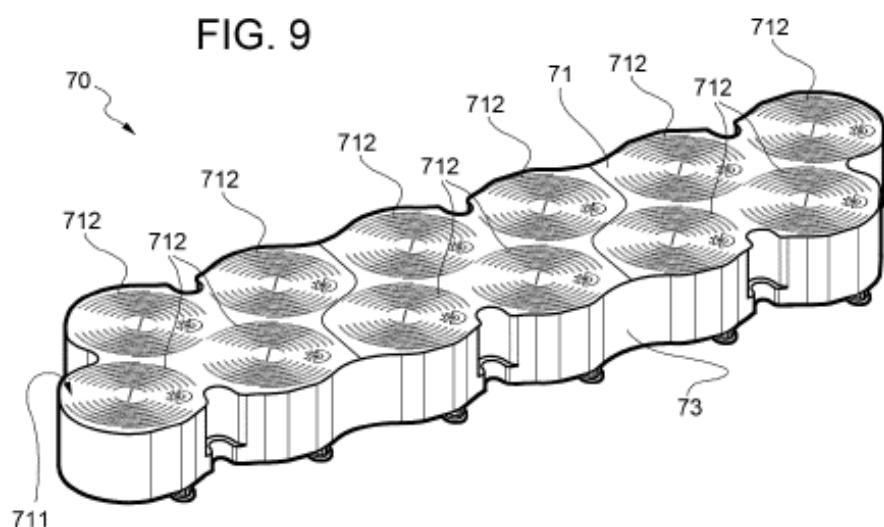


FIG. 10

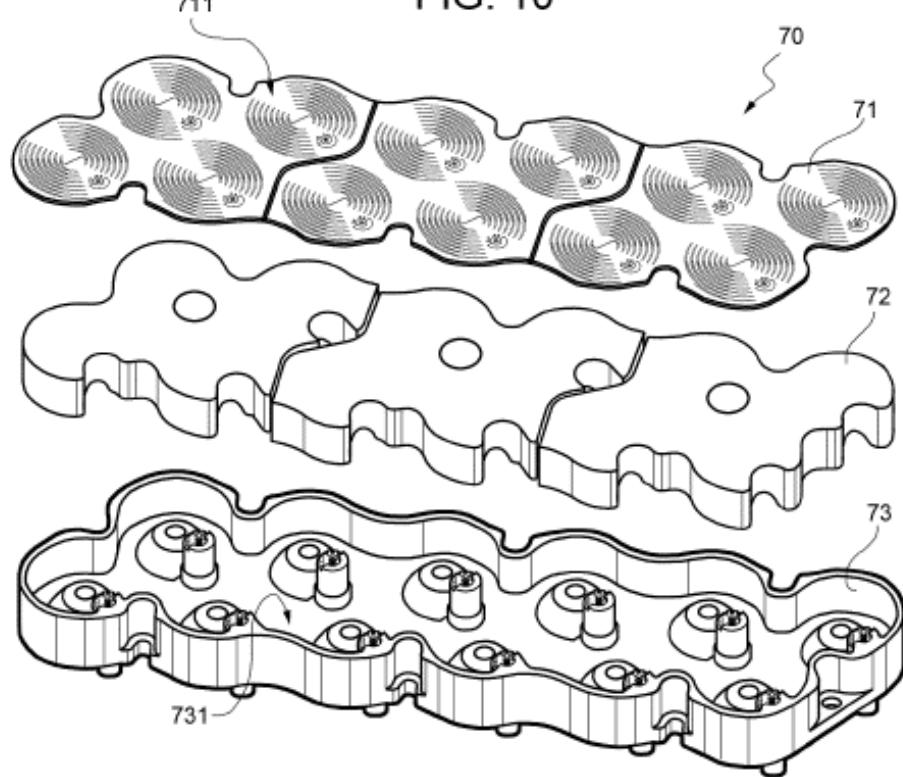


FIG. 11a

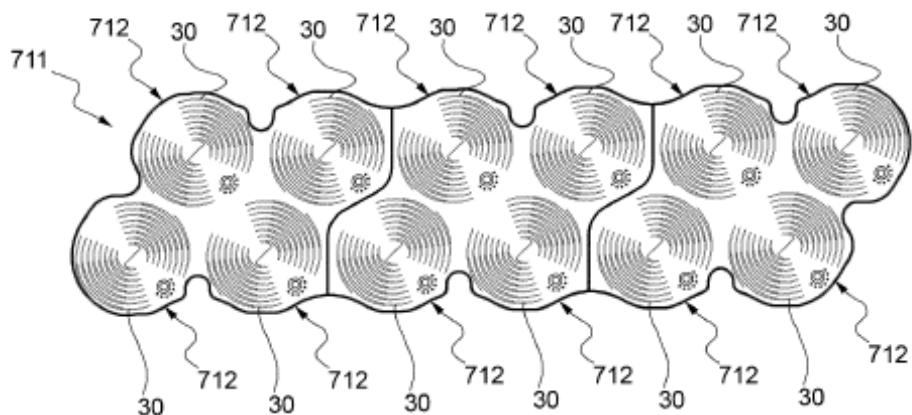


FIG. 11b

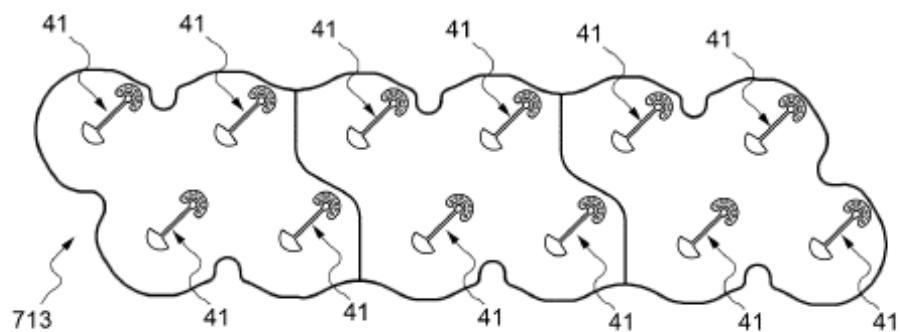


FIG. 12

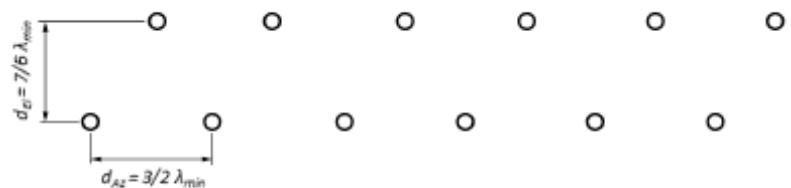


FIG. 13

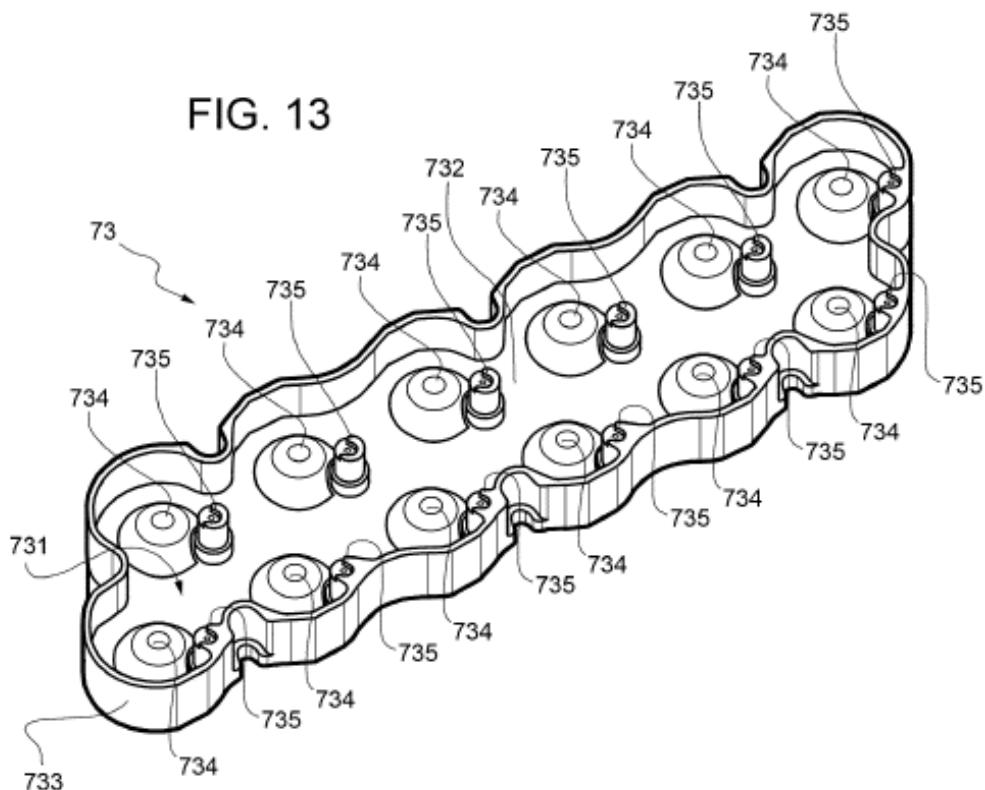


FIG. 14

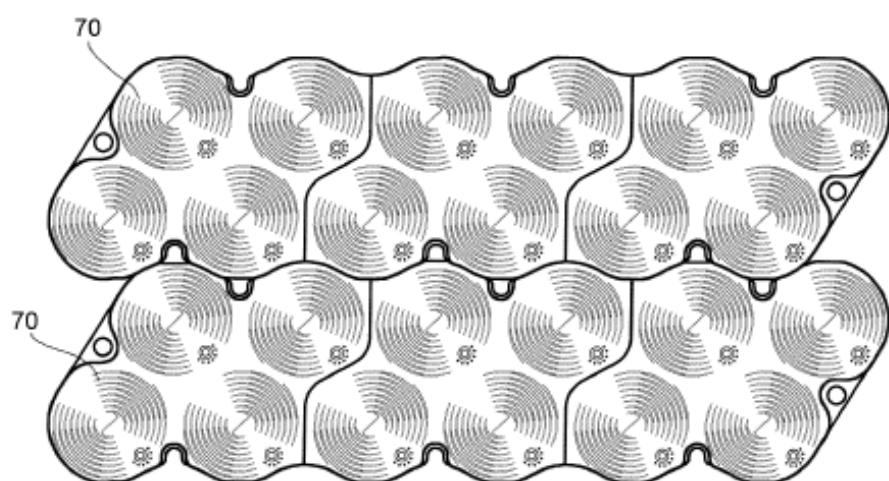


FIG. 15

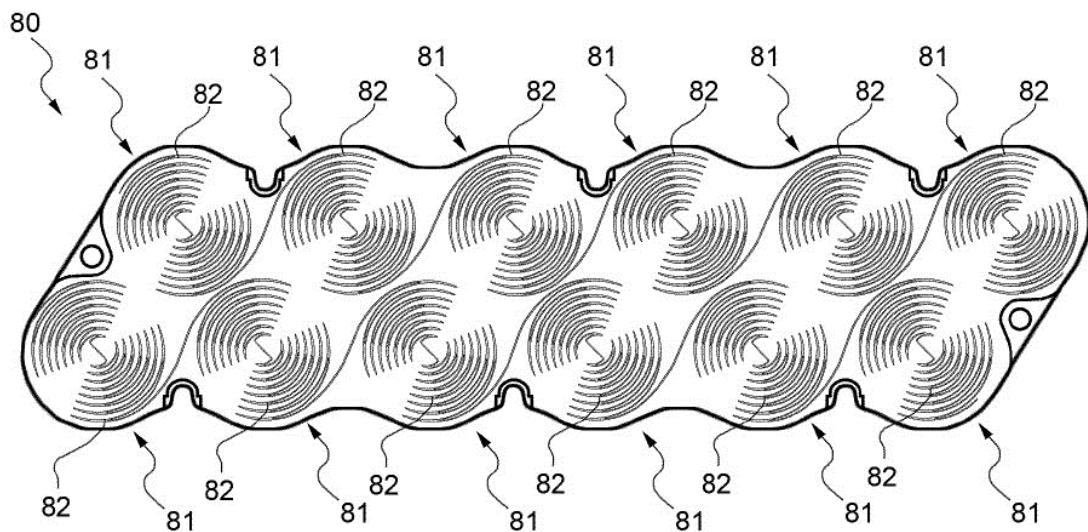


FIG. 16

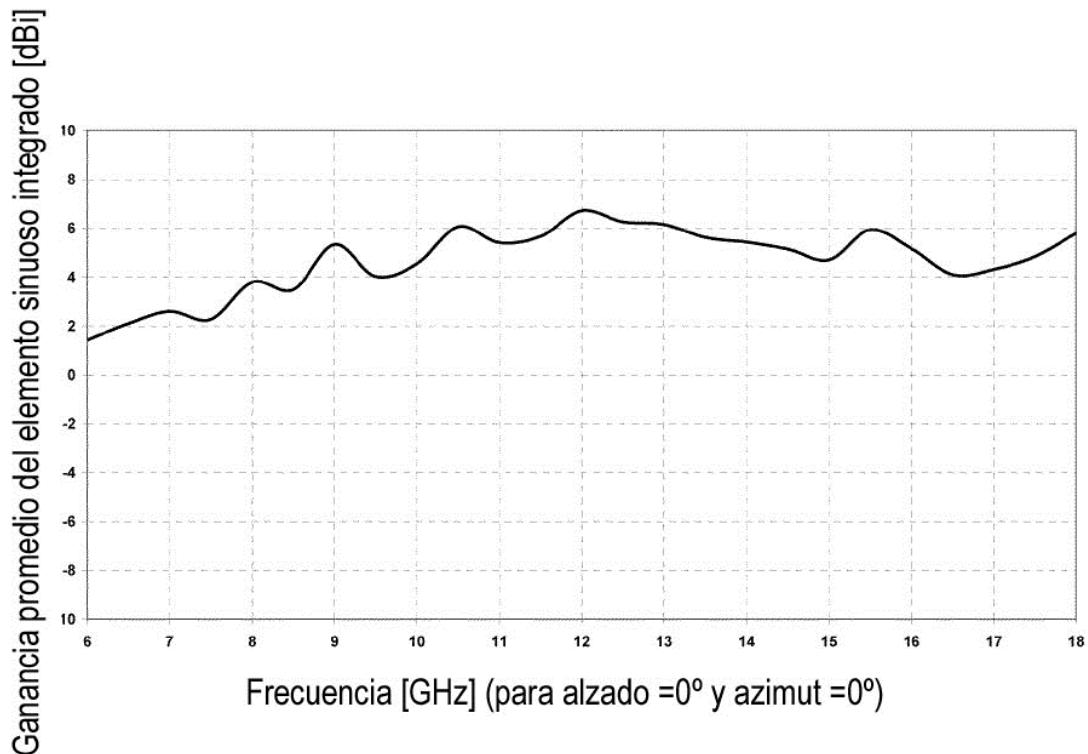


FIG. 17

