

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 000**

51 Int. Cl.:

**H01Q 9/30** (2006.01)

**H01Q 9/04** (2006.01)

**H01Q 9/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2017 E 17197497 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 3322036**

54 Título: **Antena monopolo con camisa y con carga dieléctrica espacialmente variable**

30 Prioridad:

**14.11.2016 US 201615350984**

**30.12.2016 US 201615395170**

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

**16.07.2020**

73 Titular/es:

**AMPHENOL ANTENNA SOLUTIONS INC. (100.0%)**

**1300 Capital Drive**

**Rockford, Illinois 61109, US**

72 Inventor/es:

**SHEHAN, JOSHUA W.**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

**ES 2 774 000 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

Antena monopolo con camisa y con carga dieléctrica espacialmente variable.

5 **Antecedentes de la invención****Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere, en general, a antenas, y, más específicamente, a la antena monopolo con camisa y con carga dieléctrica.

**Antecedentes de la técnica relacionada**

15 Los sistemas de antenas distribuidas (DAS) incluyen una pluralidad de antenas distribuidas por toda un área de cobertura específica. Las soluciones de DAS se despliegan, en general, para proporcionar una cobertura inalámbrica en áreas que no pueden ser cubiertas por un único punto de acceso. Esto, en general, es debido a estructuras situadas en el área de cobertura que dificultarían que la señal inalámbrica generada por la antena en el punto de acceso llegase a todos los usuarios dentro de dicha área de cobertura. Algunos ejemplos incluyen edificios de oficinas, campus universitarios y estadios.

20 Una antena se ve afectada, en general, por objetos que están muy próximos a ella, especialmente cuando el objeto se sitúa dentro del campo cercano de la antena. Los objetos próximos pueden provocar dificultades en la adaptación de la impedancia haciendo que resulte necesario considerar el entorno de funcionamiento en el diseño de la antena. Esto puede resultar complejo para redes de DAS en las que las ubicaciones de montaje de las antenas se ven comprometidas debido a limitaciones del espacio físico o a regulaciones urbanas y gubernamentales. Las ubicaciones de montaje resultantes pueden situar antenas muy cerca de estructuras de soporte o de otra infraestructura que puede hacer que resulte difícil lograr un rendimiento satisfactorio de las antenas. Estas ubicaciones de montaje también pueden imponer un posicionamiento de las antenas en lugares en los que pueden pasar personas a través del campo cercano de la antena.

25 El cuerpo humano está compuesto en gran medida por agua y presenta un alta constante dieléctrica. Como consecuencia, las personas que se mueven a través del campo cercano de una antena pueden tener un impacto sobre la impedancia de entrada a la antena. Además, el tamaño de la antena puede presentar limitaciones cuando la antena se ve obligada a encajar dentro de un volumen dado, y, como resultado, pueden surgir limitaciones en la capacidad de adaptar la antena en cuanto a impedancia. El efecto de objetos dentro del campo cercano de una antena se agrava adicionalmente para antenas omnidireccionales que se ven afectadas por obstáculos en múltiples direcciones. Las redes exteriores de DAS pueden presentar desafíos adicionales en los casos en los que las inclemencias del tiempo puedan generar entornos de funcionamiento dinámicos. Por ejemplo, puede resultar necesario que las antenas montadas cerca de estructuras de hormigón tengan en cuenta los efectos de carga del hormigón. Esto se convierte en un desafío cuando el hormigón está expuesto al agua, es decir, lluvia o nieve ya que el hormigón absorbe agua debido a su porosidad. Como consecuencia, las propiedades dieléctricas del hormigón pueden verse afectadas lo cual, a su vez, puede tener un impacto en los efectos de carga sobre una antena próxima. Las redes de DAS de banda ancha también pueden constituir un desafío debido a la necesidad de mantener el rendimiento de las antenas sobre un intervalo amplio de frecuencias. Las frecuencias más bajas tienen longitudes de onda mayores que las frecuencias más altas, y, como consecuencia, la distancia eléctrica de un objeto a una antena varía con la frecuencia. Objetos que pueden no tener un impacto significativo sobre la antena a frecuencias superiores, pueden resultar problemáticos a frecuencias más bajas.

30 Como ejemplo, la solicitud de patente EP n.º EP17175123 divulga una antena delgada de DAS, de banda dual, para estadios, en la que la antena está montada en barandillas del estadio cerca del hormigón de los escalones de dicho estadio. Como consecuencia de la ubicación del montaje y de las limitaciones del tamaño, las antenas de banda baja de la solicitud '123 padecen dificultades en cuanto a la adaptación de la impedancia y justifican una solución de adaptación de impedancia de banda ancha. Además, la antena de la solicitud '123 es una antena de banda dual, que comprende antenas que funcionan en diferentes bandas de frecuencia, lo cual es común para antenas de DAS. Las antenas de banda baja están diseñadas para funcionar en un intervalo de frecuencias de banda baja (696-960 MHz), y las antenas de banda alta están diseñadas para funcionar en un intervalo de frecuencias de banda alta (1695-2700 MHz). Es común que las antenas de DAS especifiquen un requisito para el aislamiento entre bandas en donde el nivel de acoplamiento de energía entre antenas de bandas diferentes se mantiene a un nivel máximo deseado.

35 En la actualidad, las antenas tienen una carga metálica, tal como se muestra, por ejemplo, en "A Sleeve Monopole Antenna with Wide Impedance Bandwidth for Indoor Base Station Applications", de Y.S. Li et al., *Progress in Electromagnetics Research C*, Vol. 16, págs. 223 a 232, 2010, "Design of a wideband sleeve antenna with symmetrical ridges", Peng Huang et al., *Progress in Electromagnetics Research Letters*, Vol. 55, págs. 137 a 143, 2015, y "A novel wideband sleeve antenna with capacitive annulus for wireless communication applications", *Progress in Electromagnetics Research C*, Vol. 52, págs. 1 a 6, 2014. Estas antenas son costosas de fabricar y

complicadas de ensamblar. Además, no se dispone de medios para que la antena filtre señales no deseadas, y se requeriría un filtro externamente con respecto a la antena, el cual debe montarse en dicha antena, ocupa un espacio adicional, requiere cierto tipo de montaje, y añade pérdidas al sistema lo cual hace que se reduzca la eficiencia total.

5

El documento GB 2 316 539 divulga una antena monopolo de banda ancha contenida dentro de un elemento de camisa, en la que el elemento radiante del monopolo está encerrado por un dieléctrico que separa el elemento radiante del monopolo con respecto al elemento de camisa. El elemento de camisa puede estar separado adicionalmente con respecto al elemento radiante del monopolo por un dieléctrico adicional situado entre el elemento de camisa y el dieléctrico que encierra el elemento de radiación del monopolo.

10

Se desea una mejora en las antenas de DAS por la cual la antena pueda mantener un rendimiento suficiente sobre un intervalo amplio de frecuencias en entornos operativos exigentes y que, también, puede filtrar señales no deseadas.

15

### Sumario de la invención

La presente invención detalla una antena monopolo con camisa de acuerdo con las reivindicaciones presentadas.

20

De acuerdo con la invención, una antena comprende: una estructura de tierra; un elemento radiante que se extiende a lo largo de un eje longitudinal de manera sustancial ortogonalmente desde dicha estructura de tierra; una camisa eléctricamente conductora que se extiende a lo largo de dicho eje longitudinal y que encierra, por lo menos parcialmente, el elemento radiante, formando, de este modo, un espacio entre dicho elemento radiante por lo menos parcialmente encerrado y dicha camisa; y un material dieléctrico que llena por lo menos parcialmente el espacio; en donde comprende, además, uno o más elementos de filtrado en el espacio entre dicha camisa y dicho elemento radiante, en donde cada uno de entre dicho uno o más elementos de filtrado incluye una placa de circuito impreso que presenta una capa de base dieléctrica y una capa conductora encima de la capa dieléctrica, formando dicha capa conductora una capa metálica en forma de H.

25

30

En una estipulación adicional, la pluralidad de capas de material dieléctrico está apilada de manera que proporciona una constante dieléctrica efectiva que varía con la distancia con respecto a la estructura de tierra. En una estipulación, la pluralidad de capas de material dieléctrico está mecanizada individualmente para obtener una constante dieléctrica efectiva deseada. En una estipulación, cada una de la pluralidad de capas de material dieléctrico tiene un contorno exterior y un contorno interior, y el contorno exterior de la pluralidad de capas de material dieléctrico varía con la distancia con respecto a la estructura de tierra, y los contornos interiores de las capas de material dieléctrico se adaptan a un contorno exterior del elemento radiante. En una estipulación, cada una de la pluralidad de capas de material dieléctrico tiene un contorno exterior y un contorno interior, y los contornos interiores de la pluralidad de capas de material dieléctrico varían con la distancia con respecto a la estructura de tierra, y los contornos exteriores se adaptan a un contorno interior de la camisa conductora. En una estipulación, la antena comprende, además, uno o más orificios en una o más de la pluralidad de capas de material dieléctrico. En una estipulación, un diámetro de los orificios varía con la distancia con respecto a la estructura de tierra.

35

40

En una estipulación adicional, la antena comprende, además, un cable coaxial que presenta una camisa exterior y un conductor central, estando acoplada dicha camisa exterior a la estructura de tierra.

45

En una estipulación adicional, el conductor central del cable coaxial está acoplado al elemento radiante.

Estos y otros objetivos de la invención, así como muchas de las ventajas pretendidas de la misma, se pondrán más fácilmente de manifiesto cuando se haga referencia a la siguiente descripción, considerada en combinación con los dibujos adjuntos.

50

### Breve descripción de las figuras

las figuras 1A-1B ilustran la construcción básica del monopolo encamisado con carga dieléctrica espacialmente variable;

55

las figuras 2A-2B ilustran la línea de transmisión coaxial rellena parcialmente con materiales dieléctricos diferentes;

60

las figuras 3A-3B ilustran el monopolo encamisado con carga dieléctrica espacialmente variable aplicando un planteamiento por capas;

las figuras 4A a 4D ilustran dos conceptos para lograr la variabilidad espacial en la carga dieléctrica mediante la mecanización de materiales dieléctricos;

65

las figuras 5A a 5C ilustran una forma de realización de la antena monopolo con camisa y con carga dieléctrica;

las figuras 6A-6B ilustran un concepto para lograr la variabilidad espacial en la carga dieléctrica perforando con orificios materiales dieléctricos;

5 las figuras 7A a 7D ilustran un entorno operativo de muestra para la presente invención y la impedancia de la antena con variaciones en el entorno; y

las figuras 8A a 8E muestran una forma de realización de la presente invención con un filtro.

10 **Descripción detallada de las formas de realización preferidas**

En la descripción de una forma de realización preferida de la invención ilustrada en los dibujos, por motivos de claridad se recurrirá a una terminología específica. No obstante, no se pretende que la invención quede limitada a los términos específicos así seleccionados, y debe entenderse que cada término específico incluye todos los equivalentes técnicos que funcionan de manera similar para lograr una finalidad similar. Se describen varias formas de realización preferidas de la invención con fines ilustrativos; entendiéndose que la invención se puede materializar en otras formas no mostradas específicamente en los dibujos.

20 La presente invención detalla una antena con camisa y con carga dieléctrica y con filtros insertados en la camisa de la antena que presenta un funcionamiento de banda ancha en entornos operativos exigentes. El monopolo encamisado es una antena simple, aunque robusta, que se puede configurar para funcionar sobre anchos de banda amplios. A efectos de la presente invención, se considera que una antena que presenta una pérdida de retorno de -10 dB sobre un ancho de banda fraccionario del 25% o mayor, es de banda ancha. En la forma de realización preferida, la antena es de carácter omnidireccional y está diseñada para funcionar, por ejemplo, sobre las bandas de frecuencia celulares de 696 a 960 MHz (ancho de banda fraccionario del ~33%). La antena es adecuada para sistemas de antenas de DAS en los que la antena está diseñada para funcionar con características de radiación omnidireccional. No obstante, tal como pueden apreciar aquellos versados en la materia, el patrón de radiación para la antena en su entorno operativo probablemente diferirá con respecto al patrón de radiación en espacio libre en función del entorno operativo y de los objetos que estén muy próximos a la antena. Desde una perspectiva de adaptación de la impedancia, la antena resulta claramente adecuada para su funcionamiento en entornos exigentes en los que se requieren técnicas de adaptación de impedancia que van más allá de las correspondientes de las antenas monopolo con camisa tradicionales.

35 La antena está equipada, también, con uno o más filtros insertados en la camisa de la antena. Al hacer esto, pueden filtrarse señales no deseadas para minimizar la cantidad de interacción entre antenas diseñadas para funcionar en diferentes bandas de frecuencia. Además, insertando el filtro en la camisa de la antena, se materializa una solución compacta en la que el tamaño de la antena no se incrementa nada más que lo poco que pueda ser necesario para sintonizar la adaptación de la impedancia en la banda de paso para la antena.

40 El monopolo con camisa presenta inherentemente cierta inmunidad a su entorno operativo debido a que el punto de alimentación de la antena está blindado por la camisa. La carga dieléctrica dentro de la camisa de la antena añade un grado de libertad en la sintonización de la misma, y potencia la capacidad del diseñador para controlar la impedancia de entrada. Además, la variación espacial en el material de carga dieléctrico despeja todavía otro grado de libertad con respecto a los planteamientos tradicionales mejorando el control sobre la impedancia de entrada a la antena. Puede utilizarse cualquier dieléctrico mecanizado adecuado, el cual constituya un planteamiento sencillo y de bajo coste y que represente una mejora con respecto a la carga metálica.

50 Con respecto a la figura 1A, se ilustra la estructura general de la antena monopolo con camisa y con carga dieléctrica 5 de acuerdo con un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada.

Tal como se muestra, la antena 5 incluye un elemento radiante o radiador primario 100, una camisa 110 y una estructura de tierra de RF 120. La antena incluye, además, una carga dieléctrica 140 entre la camisa 110 y el radiador primario 100 junto con un cable de alimentación coaxial 130 para suministrar la señal de RF a la antena.

55 El radiador primario 100 puede ser, por ejemplo, una barra alargada maciza que tenga una forma en general cilíndrica con una sección transversal circular. El radiador 100 es conductor y está realizado con metal. El radiador 100 tiene un extremo proximal 102 y un extremo distal 104 opuesto al extremo proximal 102.

60 La camisa 110 es un tubo hueco compuesto por un material con una conductividad sustancialmente elevada. El material elegido es el cobre, por ejemplo, debido a la capacidad de soldadura con el cobre. La camisa 110 rodea la carga dieléctrica 140 completa junto con el extremo distal 104 del radiador primario 100. La camisa 110 es alargada y tiene forma de cilindro, y tiene un extremo proximal 112 y un extremo distal 114. Tanto el extremo proximal 112 como el extremo distal 114 están abiertos. El radiador 100 se aloja por lo menos parcialmente en la camisa 110. Tal como se muestra, la parte distal (por ejemplo, aproximadamente la mitad distal completa) del radiador 100 incluyendo el extremo distal 104, se aloja en la camisa 110. El extremo distal 104 del radiador 100 se aloja casi completamente en la camisa 110, de manera que el extremo distal 104 del radiador 100 está

prácticamente a nivel con el extremo distal 114 de la camisa 110. Existe un pequeño intersticio o distancia entre el extremo distal 104 del radiador 100 y el extremo distal 114 de la camisa 110, de manera que el extremo distal 104 del radiador.

5 En un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, la tierra de RF 120 tiene forma de tapón que es un cilindro circular. La estructura de tierra 120 tiene un lado circular 128, un extremo proximal 122 que está cerrado y un extremo distal 124 que puede estar abierto o cerrado. El extremo proximal cerrado 122 forma una superficie superior plana 126 que proporciona un pequeño plano de tierra de RF para el radiador primario 100. Igual que la  
 10 camisa 110, la tierra de RF 120 está compuesta también por cobre. La superficie superior 126 de la tierra de RF 120 está también en contacto directo con el extremo distal 144 de la camisa 110, de tal manera que los dos están en cortocircuito eléctrico. El lado 128 de la tierra de RF 120 se extiende alejándose de la superficie superior plana 126 en la dirección opuesta con respecto a la camisa 110 y el radiador primario 100. El radiador 100 se puede extender de manera sustancialmente ortogonal desde la estructura de tierra 120. Es decir, el eje longitudinal del radiador 100 puede ser sustancialmente ortogonal al eje central de la estructura de tierra 120. El radiador 100 es  
 15 ortogonal a la parte de la tierra de RF en la que se fija el cable, tal como se muestra en las figuras 1, 3 a 6. Tal como se muestra adicionalmente, existe un pequeño espacio o intersticio 101 entre el extremo distal 104 del radiador 100 y la superficie superior 126 de la estructura de tierra 120, de manera que el radiador 100 no entra en contacto con la estructura de tierra 120. Adicionalmente, la estructura de tierra 120 es ligeramente más grande que la camisa 110, de manera que hay un pequeño labio o saliente formado entre el extremo distal 114 de la camisa y la superficie superior de la estructura de tierra. Este labio proporciona una ubicación de montaje para montar la  
 20 camisa 110 en la estructura de tierra de RF 120.

Una abertura u orificio 129 se extiende a través de la estructura de tierra de RF 120, y, por ejemplo, se puede extender de manera centrada a través de la parte central de la estructura de tierra 120. Alternativamente, la  
 25 estructura de tierra 120 puede ser hueca, y el orificio 129 se puede extender únicamente a través de la parte superior 126 de la estructura de tierra 120. El cable de alimentación coaxial 130 se extiende a través de la estructura de tierra 120 completa por medio del orificio 129. De este modo, el cable 130 se extiende desde fuera de la estructura de tierra 120 hacia la estructura de tierra 120 por el extremo distal 124, a través del orificio 129, y sale fuera por el extremo proximal 122 de la estructura de tierra 120. De esta manera, el cable 130 proporciona una  
 30 señal de RF a la antena 5.

El cable 130 tiene un revestimiento exterior 132 y un conductor central 134. El revestimiento exterior 132 del cable de alimentación coaxial 130 está en contacto eléctrico con la tierra de RF 120, y el conducto central 134 del cable de alimentación coaxial 130 está en contacto eléctrico con el radiador primario 100. El revestimiento exterior 132  
 35 es metálico y existe un aislamiento entre el revestimiento exterior 132 y el conductor 134 (por ejemplo, Teflón (PTFE)). En el ejemplo mostrado, el revestimiento exterior 132 del cable de alimentación coaxial 130 está soldado directamente a la tierra de RF 120, y el conductor central 134 del cable de alimentación coaxial está soldado directamente al radiador primario 100. El revestimiento exterior 132 se puede soldar a la estructura de tierra de RF 120 (por ejemplo, en la superficie inferior de la estructura de tierra de RF 120) y puede terminar en la superficie superior 122 de la estructura de tierra 120. El conductor central 134 se extiende más allá de la superficie superior 122 de la estructura de tierra 120, y hacia el extremo distal 114 de la camisa 110 en donde se acopla al extremo  
 40 distal 104 del radiador 100.

El extremo distal 104 del radiador primario 100 puede incluir un ligero rebaje u orificio ubicado de manera sustancialmente centrada, y el conductor central 134 del cable de alimentación coaxial 130 se puede insertar y soldar posteriormente al rebaje para proporcionar una conexión fiable entre el radiador 100 y el conductor 134 del cable. También pueden proporcionarse otras configuraciones adecuadas para aportar una conexión fiable entre el radiador 100 y el conductor 134 del cable. Por ejemplo, el radiador primario 100 puede incluir una estructura adicional, tal como una pestaña, mediante la cual se puede fijar el conductor central 134 del cable de alimentación coaxial 130. La inclusión de una estructura adicional en el radiador primario 100 puede dar como resultado un desplazamiento del cable de alimentación coaxial 130 y, correspondientemente, del orificio en la tierra de RF 120. Esto, además, puede requerir una modificación del material de carga dieléctrico con el fin de permitir unas holguras para la estructura adicional en el radiador primario 100.  
 45

El espacio 103 entre la camisa 110 y el radiador primario 100 poseerá probablemente una constante dieléctrica efectiva a efectos de diseño y análisis. Para lograr una sintonización mejorada con esta antena, en la camisa de la antena se proporciona una constante dieléctrica variable. La camisa 110 se puede llenar completamente con un material cuya constante dieléctrica varíe en la dirección Z. Alternativamente, puede lograrse una constante dieléctrica efectiva variable utilizando materiales dieléctricos económicos, muy comunes. La constante dieléctrica efectiva se logra cargando la camisa con materiales que, en algunos casos, únicamente llenarán parcialmente el intersticio 103 entre la camisa 110 y el radiador primario 100. Por lo tanto, se puede lograr esencialmente cualquier constante dieléctrica con un planteamiento de bajo coste.  
 50

El espacio 103 se puede rellenar por completo con una carga dieléctrica 140, incluyendo en el intersticio 101 entre el radiador 100 y la estructura de tierra 130. La carga dieléctrica 140 está diseñada para proporcionar una constante dieléctrica efectiva que varía con la distancia desde la tierra de RF 120. En otras palabras, la constante dieléctrica  
 55

5 efectiva presenta una dependencia de Z según se indica en la figura 1B donde  $\epsilon_{ef}$  se escribe de manera que presenta cierta dependencia funcional de la variable Z con respecto al sistema de coordenadas mostrado en la figura 1B; en donde, para la  $\epsilon_{ef}(z)$  la (z) indica que  $\epsilon_{ef}$  es cierta función de z. La constante dieléctrica efectiva en el extremo distal 104 del radiador primario 100 donde la camisa 110 se fija a tierra de RF 120 es diferente a la constante dieléctrica efectiva en el extremo proximal opuesto 104 del radiador 100 y el extremo distal 114 de la camisa 110. El cambio puede variar gradualmente de un extremo al otro, o se podría escalonar (FIGS. 3, 4 y 6). Lo más importante es que se produce cierto cambio desde un extremo al otro. Un cambio gradual es lo que mejora la función para la mayoría de aplicaciones, aunque un cambio escalonado podría resultar más económico y más sencillo de realizar (por ejemplo, pastillas dieléctricas con radios exteriores que varían (FIG. 4) fabricadas sobre algún trozo macizo de dieléctrico con algún contorno inhabitual para lograr la constante dieléctrica efectiva deseada dentro de la camisa).

15 El intersticio 101 sirve como parámetro para ajustar el rendimiento eléctrico (adaptación de impedancia) de la antena. Además, el intersticio 101 garantiza que el radiador primario 100 no se cortocircuita involuntariamente con la estructura de tierra de RF 120, lo cual haría que la antena resultase inoperativa. En un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, el intersticio 101 puede ser de aproximadamente de 0.15 cm, aunque puede proporcionarse cualquier intersticio adecuado (mayor o menor que 0.15 cm) en función de las dimensiones del radiador primario 100, la camisa 110 y el material de carga 140.

20 Tal como pueden apreciar aquellos versados en la materia, la permitividad para un material dado se representa como

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

25 donde  $\epsilon_0$  es la permitividad en un vacío ( $8.854 \cdot 10^{-12}$  F/m), y  $\epsilon_r$  es la permitividad relativa, o constante dieléctrica, para el material. La constante dieléctrica puede considerarse como un factor de escala para representar la permitividad del material con respecto a la del espacio libre. La constante dieléctrica presenta, en general, cierta dependencia de la frecuencia, pero permanece más o menos constante para materiales dieléctricos típicos a frecuencias de RF inferiores y frecuencias usadas para las comunicaciones móviles. Como consecuencia, en este caso se ignora la dependencia de la frecuencia.

30 Obsérvese, además, que la permitividad es en general compleja donde la parte imaginaria describe la pérdida asociada al material. La permitividad compleja se escribe como

$$\epsilon = \epsilon' - j\epsilon''$$

35 donde  $\epsilon'$  y  $\epsilon''$  son las partes real e imaginaria de la permitividad, respectivamente. La tangente de pérdidas dieléctricas para un material se define como

$$40 \quad \tan\delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'}$$

y describe la cantidad de pérdidas asociada al material. Los materiales que presentan una baja  $\tan\delta$  presentan una pérdida de energía pequeña debido al material.

45 La constante dieléctrica efectiva ( $\epsilon_{ef}$ ) se refiere, en general, a la constante dieléctrica observada por ondas electromagnéticas que viajan a través de un medio de transmisión no homogéneo donde los campos están expuestos a dos o más materiales con diferentes constantes dieléctricas. La constante dieléctrica efectiva consolida los efectos de múltiples materiales en una única constante dieléctrica para el medio de transmisión dado. El uso de la constante dieléctrica efectiva abre un grado de libertad nuevo en la sintonización de esta antena, de manera que puede lograrse una mejor pérdida de retorno sobre bandas de frecuencia más amplias dadas las limitaciones y condiciones operativas de la antena para la presente invención (limitaciones de espacio/volumen y montaje próximo al hormigón u otras estructuras en referencia a la antena de la solicitud '123). Esto facilita la adaptación de impedancia cuando la antena se acopla eléctricamente a objetos de su entorno que pueden modificar la impedancia de entrada a la antena.

55 Algunos ejemplos de medios de transmisión que se caracterizan por una  $\epsilon_{ef}$  son las microcintas, las líneas de cinta con materiales diferentes, y cables coaxiales parcialmente rellenos en donde el espacio entre los conductores interior y exterior se rellena con una combinación de múltiples materiales dieléctricos. En la presente invención, la estructura del campo en la parte de la camisa de la antena se encuentra que es muy similar al cable coaxial; por lo tanto, tiene sentido caracterizar la constante dieléctrica efectiva en la parte de la camisa de la antena de una manera similar.

60 La configuración de cable coaxial parcialmente cargado para la antena 5 se ilustra en la figura 2 donde, en la figura 2A, se muestra una configuración de ejemplo de carga (configuración en serie), y, en la figura 2B, se muestra una configuración de carga de ejemplo diferente (configuración en paralelo). En referencia a la figura 2A, el cable

coaxial tiene un conductor interior 200, un revestimiento exterior 210, una primera capa de material dieléctrico 220 y una segunda capa de material dieléctrico 230. Tanto el conductor central 200 como el revestimiento exterior 210 están compuestos por materiales con una alta conductividad eléctrica, tales como el cobre. La primera y la segunda capas de material dieléctrico 220, 230 están compuestas, cada una de ellas, por un material que tiene una constante dieléctrica diferente. El primer material dieléctrico 220 y el segundo material dieléctrico 230 rellenan el espacio entre el conductor central 200 y el revestimiento exterior 210. Tal como se muestra en la figura 2A, los dos materiales dieléctricos 220, 230 están dispuestos de tal manera que el primer material dieléctrico 220 con  $\epsilon_{r1}$  y  $\tan\delta_1$  rodea por completo al conductor central 200 del cable. Y el segundo material dieléctrico 230 con  $\epsilon_{r2}$  y  $\tan\delta_2$  rellena por completo el espacio entre el primer material dieléctrico 220 y el revestimiento exterior 230 del cable.

De este modo, el cable tiene un conductor central 200, una primera capa de material dieléctrico 220 que rodea el conductor central 200, una segunda capa de material dieléctrico 230 que rodea la primera capa de material dieléctrico 230, y un revestimiento exterior 210 que rodea la segunda capa de material dieléctrico 230. La primera capa dieléctrica 220 tiene un material dieléctrico diferente de la segunda capa dieléctrica 230, y también puede tener grosores diferentes. En uno de los ejemplos, el núcleo central 200, la primera y la segunda capas dieléctricas 220, 230, y el revestimiento exterior 210 tienen, cada uno de ellos, una sección transversal circular y están dispuestos concéntricamente unos con respecto a otros.

En esta configuración, las capacidades asociadas a las dos capas dieléctricas 220, 230 están en serie puesto que todos los vectores que describen el campo eléctrico pasan a través de la primera capa de material dieléctrico 220 y, a continuación, de la segunda capa de material dieléctrico 230. Por tanto, el cable tiene una constante dieléctrica efectiva que se puede calcular como

$$\epsilon_{ef} = \frac{\epsilon_{r1}\epsilon_{r2} \ln\left(\frac{r_b}{r_a}\right)}{\epsilon_{r1} \ln\left(\frac{r_b}{r_1}\right) + \epsilon_{r2} \ln\left(\frac{r_1}{r_a}\right)}$$

donde  $r_a$  es el radio del conductor central 200,  $r_b$  es la distancia desde el centro del cable al contorno interior del revestimiento exterior 210, y  $r_1$  es la distancia desde el centro del cable al contorno exterior del primer material dieléctrico 220.

Con respecto a la figura 2B, el primer y el segundo materiales dieléctricos 240, 250 están dispuestos en una configuración en paralelo. En este caso, el primer material dieléctrico 240 llena por completo una primera parte del espacio entre el conductor central 200 y el revestimiento exterior 210. Es decir, la primera capa de material dieléctrico 240 se extiende por toda la distancia desde el conductor central 200 al revestimiento exterior 210. Sin embargo, la primera capa de material dieléctrico 240 únicamente se extiende de forma parcial en torno al conductor central 200 y el revestimiento exterior 210. La primera capa de material dieléctrico 240 tiene una superficie interior 242 que se adapta a la superficie exterior del conductor central 200, y una superficie exterior 244 que se adapta a la superficie interior del revestimiento exterior 210. En el ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada y que se muestra, la primera capa de material dieléctrico 240 rodea aproximadamente el setenta y cinco por ciento (75%) del conductor interior 200 y se extiende aproximadamente un setenta y cinco por ciento (75%) en torno al interior del revestimiento exterior 210.

La segunda capa de material dieléctrico 250 llena por completo la parte restante del espacio entre el conductor central 200 y el revestimiento exterior 210. La segunda capa de material dieléctrico 250 tiene una superficie interior 252 que se adapta a la superficie exterior del conductor central 200, y una superficie exterior 254 que se adapta a la superficie interior de la camisa exterior 210. En el ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada mostrada, la segunda capa de material dieléctrico 250 rodea aproximadamente el veinticinco por ciento (25%) del conductor interior 200 y se extiende aproximadamente un veinticinco por ciento (25%) en torno al interior del revestimiento exterior 210.

En este caso, se dice que las capacidades asociadas a las dos capas dieléctricas 240, 250 están en paralelo puesto que un vector que describe el campo eléctrico puede ocupar o bien la primera capa dieléctrica 240 o bien la segunda capa dieléctrica 250 en función de en dónde se tome el vector de campo eléctrico dentro de la línea de transmisión. De este modo, una constante dieléctrica efectiva puede calcularse como

$$\epsilon_{ef} = \alpha\epsilon_{r1} + (1 - \alpha)\epsilon_{r2}$$

donde  $\alpha$  es el porcentaje con el cual el primer material dieléctrico 240 llena el espacio entre el conductor central 200 y el revestimiento exterior 210. Por ejemplo, si el primer material dieléctrico 240 llena un 35% del espacio entre el conductor central 200 y el revestimiento exterior 210, entonces  $\alpha$  es 0.35. En un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, los valores van de  $\alpha=0$  a  $\alpha=1$ , aunque puede utilizarse cualquier valor en función de en dónde se encuentres en la camisa de la antena.

Con respecto a las figuras 3A-3B, se ilustra un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada y por medio

del cual se obtiene la variabilidad espacial en la constante dieléctrica efectiva dentro de la camisa 110. Haciendo referencia brevemente a la figura 1B, el material dieléctrico 140 puede ser una única capa homogénea de material que presenta un extremo proximal 142 y un extremo distal 144. O, tal como se muestra en las figuras 3A-3B, el material dieléctrico puede estar formado por múltiples capas, por ejemplo, cinco capas 300 a 340. De este modo, el área entre la camisa 110 y el radiador primario 100 está rellena completamente con múltiples capas de material dieléctrico 300 a 340 apiladas de una manera que se logra una constante dieléctrica variable. Puesto que el espacio entre la camisa 110 y el radiador primario 100 está completamente lleno, la constante dieléctrica efectiva para cada capa 300 a 340 es simplemente igual a la constante dieléctrica del material usado para cada capa 300 a 340.

Tal como se ilustra, se muestran cinco capas 300 a 340, presentando cada una de ellas una constante dieléctrica diferente, a saber, una primera capa 300 presenta  $\epsilon_{r1}$  y  $\tan\delta_1$ , una segunda capa 310 presenta  $\epsilon_{r2}$  y  $\tan\delta_2$ , una tercera capa 320 presenta  $\epsilon_{r3}$  y  $\tan\delta_3$ , una cuarta capa 330 presenta  $\epsilon_{r4}$  y  $\tan\delta_4$ , y una quinta capa 340 presenta  $\epsilon_{r5}$  y  $\tan\delta_5$ . Las diversas capas 300 a 340 se extienden desde el extremo proximal 112 de la camisa 110 al extremo distal 114 de la camisa 110, situándose la primera capa 300 en y a nivel con el extremo distal 114 de la camisa 110, y situándose la quinta capa 340 en y a nivel con el extremo proximal 112 de la camisa 110, tal como se muestra.

Puede haber un número mayor o menor de cinco capas; no obstante, debería haber por lo menos dos capas para obtener una variación espacial de la constante dieléctrica efectiva entre la camisa 110 y el radiador primario 100. Dos o más capas pueden estar compuestas por el mismo material que presente la misma constante dieléctrica. Por ejemplo, la primera capa 300 y la segunda capa 310 pueden ser polietileno de alta densidad (HDPE) con lo que la constante dieléctrica efectiva es  $\epsilon_e \approx 2.3$  desde el lado inferior de la primera capa 300 hasta el lado superior de la segunda capa 310. No obstante, no todas las capas de este ejemplo particular que no forma parte de la invención reivindicada deberían estar compuestas por el mismo material ya que no existiría variabilidad espacial en la constante dieléctrica efectiva dentro de la camisa. Además, las capas individuales 300 a 340 pueden tener grosores diferentes o pueden tener el mismo grosor. El(los) material(es) de carga dieléctrico(s) total(es) se puede(n) extender a todo lo largo de la camisa 110, o únicamente puede(n) abarcar una parte de la altura total de la camisa 110.

En un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, el valor más grande de la constante dieléctrica se encuentra en la parte inferior de la camisa 110, y el valor más pequeño de la constante dieléctrica se encuentra en la parte superior de la camisa 110. Esto es para obtener la adaptación de impedancia óptima con respecto a la frecuencia de manera que la impedancia de entrada se transforma para adaptarse a la carga capacitiva en el extremo de la parte de la camisa. Las capas se preforman antes de encajarse en la camisa. En una secuencia de etapas de ensamblaje: (1) la camisa y tierra se fijan (sueldan). (2) La capa inferior se coloca dentro de la camisa para actuar como separador entre el radiador primario 100 y la tierra de RF 120. (3) El conductor central del cable coaxial 130 se fija al radiador primario 100 (se suelda). (4) El revestimiento exterior 132 del cable coaxial 130 se suelda a la estructura de tierra de RF 120. (5) Los materiales dieléctricos restantes se encajan sobre el radiador primario 100, y en la camisa 110.

Las capas se pueden pegar entre sí, con la camisa 110 y/o con el radiador primario 100. Idealmente, las capas (que no sean la capa inferior) se pegan entre sí y, a continuación, se hacen encajar en la camisa 110 sobre el radiador primario 100 en donde se pegan a la parte superior de la capa inferior. La capa inferior se puede pegar a tierra de RF. Si las capas no están pegadas, debería haber alguna estructura de soporte mecánica que se fije a la camisa y/o al radiador primario y que mantenga las capas en su sitio. Si se usa una estructura de soporte mecánica de tipo mencionado, la misma debería ser no metálica y poseer una baja constante dieléctrica (<3).

Volviendo a las figuras 4A a 4D, se presentan ejemplos alternativos para la materialización de una constante dieléctrica efectiva espacialmente variable dentro de la camisa 110. Los planteamientos ilustrados en las figuras 4A a 4D son similares al mostrado en la figura 3; no obstante, las capas de las figuras 4A a 4D pueden tener o no, todas ellas, el mismo valor de constante dieléctrica. Si todas las capas tienen la misma constante dieléctrica, entonces el material dieléctrico entre la camisa 110 y el radiador primario 100 se puede mecanizar a partir de un único material dieléctrico. Puesto que se produce una mecanización adicional para controlar la forma del(de los) dieléctrico(s), puede lograrse una variación espacial. Como en la figura 3, el(los) material(es) de carga dieléctrico(s) total(es) se puede(n) extender a todo lo largo y lo ancho de la camisa 110, o únicamente puede(n) abarcar una parte de longitud total de la camisa 110.

En un ejemplo particular que no forma parte de la invención reivindicada según se muestra en las figuras 4A, 4B, el espacio entre la camisa 110 y el radiador primario 100 se rellena con cinco capas de materiales dieléctricos donde la primera capa 400 presenta  $\epsilon_{r1}$  y  $\tan\delta_1$ , la segunda capa 410 presenta  $\epsilon_{r2}$  y  $\tan\delta_2$ , la tercera capa 420 presenta  $\epsilon_{r3}$  y  $\tan\delta_3$ , la cuarta capa 430 presenta  $\epsilon_{r4}$  y  $\tan\delta_4$ , y la quinta capa 440 presenta  $\epsilon_{r5}$  y  $\tan\delta_5$ . Puede haber un número mayor o menor de cinco capas. Cada capa 400 a 440 se mecaniza con un contorno o superficie interior y un contorno o superficie exterior, donde el contorno interior de cada capa 400 a 440 se adapta al contorno o superficie exterior del radiador primario 100, y el contorno exterior de cada capa puede variar. El contorno exterior de cada capa 400 a 440 es constante durante la altura completa de la capa, de manera que la constante dieléctrica efectiva entre la camisa 110 y el radiador primario 100 varía de una manera escalonada. Es decir, cada capa tiene

dimensiones uniformes (es decir, el radio exterior (o radio interior) de cada capa individual no varía con la distancia desde la tierra de RF). De este modo, cada capa es circular con una abertura central, aunque cada una de ellas tiene un diámetro diferente. El espacio restante entorno a las capas se llena con aire.

5 Además, una o la totalidad de las capas 400 a 440 puede presentar la misma constante dieléctrica. Si dos o más capas vecinas 400 a 440 presentan la misma constante dieléctrica, la multitud de capas se puede mecanizar a partir de un único material dieléctrico homogéneo. Si todas las capas 400 a 440 se mecanizan para tener la misma geometría, las constantes dieléctricas de por lo menos dos de las capas 400 a 440 deberían diferir con el fin de lograr una variación espacial en la constante dieléctrica efectiva. En un ejemplo alternativo que no forma parte de la invención reivindicada, las capas 400 a 440 se pueden mecanizar de tal manera que el contorno exterior de cada capa no sea constante. Por ejemplo, cada capa se podría mecanizar de modo que el contorno exterior presente un radio máximo y un radio mínimo de tal manera que la constante dieléctrica efectiva varía dentro de cada capa. El material dieléctrico usado debería presentar una constante dieléctrica entre  $\epsilon_r \approx 2-6$  con una tangente de pérdidas  $\tan \delta \leq 0.01$ . La constante dieléctrica efectiva para el planteamiento de las figuras 4A, 4B se puede calcular como una combinación en serie del(de los) material(es) de carga y aire.

En todos los escenarios, las capas (o cualesquiera materiales de relleno dieléctricos) se preforman y, a continuación, se hacen encajar en la camisa. Esto seguiría la misma secuencia de ensamblaje que se ha expresado anteriormente en líneas generales con respecto a las figuras 3A-B. Las capas se pueden adherir al radiador primario 100 usando un agente adhesivo que tenga un tiempo máximo de aplicación suficiente como para permitir el ensamblaje de la antena. Si no, las capas se pueden pegar entre sí, y mantener en su sitio usando un soporte mecánico que se fije a la camisa 110 y/o al radiador primario 100. Este soporte debería ser no metálico y está realizado con material plástico que tenga una constante dieléctrica relativamente baja (preferentemente  $< 3$ ). Alternativamente, la capa inferior se puede pegar a la tierra de RF 120, y las capas restantes se pueden pegar posteriormente entre sí. No es necesario que el grosor esté definido de forma rígida, aunque la constante dieléctrica efectiva debería reducirse, en general, desde la parte inferior de la camisa hasta la parte superior de la misma. Esto, en general, da como resultado un adelgazamiento de las capas a medida que las mismas se aproximan a la parte superior de la camisa, aunque el grosor queda determinado por el material seleccionado para cada capa y la constante dieléctrica efectiva deseada. Si todas las capas 400 a 440 están compuestas por el mismo material, el conjunto completo de capas se puede mecanizar a partir de una única pieza de material homogéneo.

En otro ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada según se muestra en las figuras 4C-4D, el espacio entre la camisa 110 y el radiador primario 100 se rellena con cinco capas de materiales dieléctricos en donde la primera capa 401 presenta  $\epsilon_{r1}$  y  $\tan \delta_1$ , la segunda capa 411 presenta  $\epsilon_{r2}$  y  $\tan \delta_2$ , la tercera capa 421 presenta  $\epsilon_{r3}$  y  $\tan \delta_3$ , la cuarta capa 431 presenta  $\epsilon_{r4}$  y  $\tan \delta_4$ , y la quinta capa 441 presenta  $\epsilon_{r5}$  y  $\tan \delta_5$ . Puede haber un número mayor o menor de cinco capas. Cada capa se mecaniza con un contorno interior y un contorno exterior donde el contorno exterior de cada capa se adapta al contorno interior de la camisa 110. Y el contorno interior de cada capa puede variar. El contorno interior de cada capa es constante durante la altura completa de la capa, de manera que la constante dieléctrica efectiva entre la camisa 110 y el radiador primario 100 varía de una manera escalonada.

Además, una o la totalidad de las capas 401, 411, 421, 431, 441 puede presentar la misma constante dieléctrica. Si dos o más capas vecinas presentan la misma constante dieléctrica, la multitud de capas se puede mecanizar a partir de un único material dieléctrico homogéneo. Si todas las capas se mecanizan para tener la misma geometría, las constantes dieléctricas de por lo menos dos capas deberían diferir con el fin de lograr una variación espacial de la constante dieléctrica efectiva. En un ejemplo alternativo que no forma parte de la invención reivindicada, las capas se pueden mecanizar de tal modo que el contorno exterior de cada capa no sea constante. Por ejemplo, cada capa podría mecanizarse de modo que el contorno interior presente un radio máximo y un radio mínimo de tal manera que la constante dieléctrica efectiva varíe dentro de cada capa. El material dieléctrico usado debería presentar una constante dieléctrica entre  $\epsilon_r \approx 2$  a 6 con una tangente de pérdidas  $\tan \delta \leq 0.01$ . La constante dieléctrica efectiva para el planteamiento de las figuras 4C-4D se puede calcular como una combinación en serie del(de los) material(es) de carga y el aire. Las capas se muestran con el grosor más pequeño en la capa superior 441 y el grosor más grande en la capa inferior 401. Esa disposición es práctica puesto que resulta más sencillo lograr una constante dieléctrica efectiva que disminuye con la distancia desde la tierra de RF. No obstante, las capas se pueden disponer de cualquier manera adecuada, tal como la capa inferior 401 con el grosor más pequeño, o las capas con grados variables de grosor, siempre que pueda lograrse una variación espacial de la constante dieléctrica efectiva.

Las capas 401 a 441 se pueden adherir a la camisa 110, o se pueden adherir entre sí y mantener en su sitio mecánicamente con alguna fijación en la camisa 110. Esta configuración resultaría ventajosa con respecto a las figuras 4A-4B si el radiador primario 100 posee un diámetro pequeño, lo cual podría hacer que resultase difícil perforar de manera precisa cada capa 400 a 440 y mantener la alineación con la camisa 110 en los ejemplos que no forman parte de la invención reivindicada de las figuras 4A-4B. La ventaja de los ejemplos que no forman parte de la invención reivindicada de las figuras 4A-4B es que las capas 400 a 440 proporcionan un soporte mecánico al radiador primario 100. Sin este soporte (como en las figuras 4C-4D), podría proporcionarse alguna estructura para sujetar el radiador central 100 en vertical y en el centro de la camisa 110. Por ejemplo, esta estructura podría ser una pieza de plástico que se asiente en el extremo distal de la camisa 110 fijada a la camisa 110 y al radiador primario 100 y que mantiene el radiador primario 100 en una posición con respecto a la camisa 110.

Las capas 401 a 441 se pueden adherir a la camisa 110 usando un agente adhesivo que tenga un tiempo de aplicación máximo suficiente para permitir el ensamblaje de la antena. Si no, las capas se pueden pegar entre sí, y se pueden mantener en su sitio usando un soporte mecánico que se fija a la camisa 110 y/o al radiador primario 100. Este soporte debería ser no metálico y realizado con algún material plástico que tenga una constante dieléctrica relativamente baja (preferentemente  $< 3$ ). Alternativamente, la capa inferior se puede pegar a tierra de RF, y las capas restantes posteriormente se pueden pegar entre sí. Además, si todas las capas 401 a 441 están compuestas por el mismo material, el conjunto completo de capa se puede mecanizar a partir de una sola pieza de material homogéneo. Adicionalmente, aunque las capas de las figuras 3-4 se muestran directamente adyacentes y tocándose entre sí, dos o más de las capas pueden estar separadas unas con respecto a otras.

En las figuras 5A, 5B, 5C se ilustra otro ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada de la antena 5, y el mismo es una variación del planteamiento expresado en líneas generales en la figura 4A. La camisa 110 tiene una longitud de aproximadamente 7.8 cm, o aproximadamente  $\lambda/4$  a la frecuencia de funcionamiento más alta (960 MHz) donde  $\lambda$  es la longitud de onda en el espacio libre. El radiador primario 100 se extiende aproximadamente 8.4 cm más allá del extremo de la camisa 110, y la tierra de RF se extiende un poco menos de 2.54 cm desde la base de la camisa 110. Tal como se indica en la figura 1A, existe una separación 101 entre la parte superior de la tierra de RF 120 y el extremo distal 104 del radiador primario 100. En un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, esta separación 101 se fija a 0.15 cm, aunque se puede ajustar para la adaptación de impedancias. Las dimensiones mínimas y máximas aproximadas son las siguientes. La camisa 110 puede ser aproximadamente de 7.3 cm a 7.8 cm, la extensión del monopolo más allá del extremo de la camisa 110 puede ser de 7.3 cm a 8.4 cm, y el espacio 101 puede ser de 0.13 cm a 0.16 cm. Obsérvese que cabe la posibilidad de que estas dimensiones puedan variar más si se toman medidas para sintonizar la antena 5 para las dimensiones específicas. Estas dimensiones mínimas y máximas plasman básicamente el análisis de tolerancias con lo cual la antena debería seguir teniendo el rendimiento pretendido sin un rediseño de la misma.

Para mantener esta separación 101 y mejorar la factibilidad de fabricación, el material de carga dieléctrico se divide en un elemento o pieza superior 500 y un elemento o pieza inferior 510. Preferentemente, la pieza superior 500 y la pieza inferior 510 del material de carga dieléctrico están realizadas, ambas, con politetrafluoroetileno (PTFE) mecanizado, o Teflón con  $\epsilon_r \approx 2.1$  y  $\tan\delta \approx 0.001$ . La variabilidad espacial se materializa de una forma similar al planteamiento expresado en líneas generales en la figura 4A donde la pieza superior 500 tiene un contorno exterior del Teflón que varía linealmente de una manera cónica desde la base de la camisa 110 a la parte superior del material de carga de Teflón. La altura total del material de Teflón es aproximadamente 7.3 cm. En un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, la pieza superior 500 no se extiende a todo lo largo de la camisa 110, con el fin de proporcionar la adaptación de impedancia óptima con el Teflón. El extremo más ancho de la pieza superior 500 se puede posicionar en el extremo proximal 114 de la camisa 110. Esto proporciona la adaptación de impedancia óptima para la antena 5 transformando la impedancia de entrada de manera que se adapte a la carga capacitiva en el extremo de la camisa 110.

Tal como se indica adicionalmente en las figuras 5B, 5C, el radiador primario 100 incluye una pestaña 106 que se extiende desde la base en paralelo a la parte superior de la tierra de RF 120. Esta pestaña 106 incluye un orificio 108 a través del cual se hace pasar el conductor central 134 del cable de alimentación coaxial 130 y el mismo se suelda para hacer contacto eléctrico. La pestaña 106 se puede extender hacia fuera desde el lateral del radiador 100 en el extremo distal del radiador 100, y puede ser plana. El cable 130 está desplazado dentro del elemento de tierra 120 para alinear el conductor central 134 con el orificio 108 en la pestaña 106.

Para dar acomodo a la pestaña 106 y a la fijación de soldadura correspondiente al conductor central coaxial 134, el extremo distal de la pieza superior de material de carga dieléctrico 500 se mecaniza con una oquedad 502 tal como se muestra en la figura 5. El radio de la oquedad 502 debe ser lo suficientemente grande para dar acomodo a la pestaña 106 en el radiador primario 100, pero no tan grande como el radio interior de la camisa 110. La altura de la oquedad 502 debe ser solamente lo suficientemente grande para dar acomodo a la altura de la pestaña 106 y al centro del cable de alimentación coaxial 130 que se extiende a través de la pestaña 101 con cierta holgura (son deseables decenas de milímetros). En un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, la altura de la oquedad 502 es aproximadamente 0.31 cm.

Como resultado de la oquedad 502, se produce un intersticio de aire entre la pieza inferior de material de carga dieléctrico 510 y una parte de la pieza superior de material de carga dieléctrico 500. Este intersticio de aire reduce la constante dieléctrica efectiva en la región de la fijación de soldadura entre el conductor central del cable de alimentación coaxial 130 y la pestaña 101 en el radiador principal 100 aunque es necesario para la factibilidad de fabricación. La pieza superior de material de carga dieléctrico 500 y la pieza inferior 510 se pueden pegar entre sí usando una resina epoxi no conductora.

Todavía en otro ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, las capas de material dieléctrico se pueden perforar para lograr una constante dieléctrica efectiva según se indica en las figuras 6A, 6B. De manera similar a la figura 3, la antena se muestra con cinco capas de materiales dieléctricos donde la primera capa 600 presenta  $\epsilon_{r1}$  y  $\tan\delta_1$ , la segunda capa 610 presenta  $\epsilon_{r2}$  y  $\tan\delta_2$ , la tercera capa 620 presenta  $\epsilon_{r3}$  y  $\tan\delta_3$ , la cuarta

capa 630 presenta  $\epsilon_{r4}$  y  $\tan\delta_4$ , y la quinta capa 640 presenta  $\epsilon_{r5}$  y  $\tan\delta_5$ . Puede haber un número mayor o menor de cinco capas. Cada capa se perfora con uno o más orificios 602 de un diámetro particular en donde todos los orificios 602 en una capa dada tienen el mismo diámetro, de manera que la constante dieléctrica es uniforme para cada capa. Evidentemente, los orificios 602 pueden tener diámetros diferentes para lograr un efecto similar a las figuras 4, 5, lo cual proporciona una mayor libertad en la síntesis de una constante dieléctrica efectiva deseada en cada capa. Los orificios de capas diferentes pueden tener el mismo diámetro, o pueden tener diámetros diferentes en función del material y de la constante dieléctrica deseada para cada capa. En general, los orificios 602 se extienden completamente a través de la capa completa 600 a 604, y se realizan con sus ejes alineados en paralelo al eje longitudinal del radiador primario 100.

Los orificios producen una constante dieléctrica efectiva. Eliminando parte del material, la constante dieléctrica efectiva vista por la antena se reduce en comparación con el caso en que no hubiera orificios. Esto constituye otros medios de lograr una constante dieléctrica efectiva por contraposición a las figuras 3 y 4. Este planteamiento sería adecuado para un planteamiento de fabricación aditiva (impresión 3D) donde el factor de relleno se puede controlar de manera precisa y no todas las capas son una pieza de material completamente maciza. En este caso podría preferirse un planteamiento de fabricación aditiva en lugar de perforar los materiales. En función de los materiales y de los diámetros/separación de los orificios, podría resultar difícil realizar de manera precisa los orificios según se desea. Los orificios ofrecen más un intervalo para la constante dieléctrica en comparación con el planteamiento de la figura 3. El ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada de la figura 3 se limita a la constante dieléctrica del material que se está utilizando. No obstante, perforando una pastilla de material dieléctrico con orificios, puede lograrse una constante dieléctrica menor que podría ofrecer un rendimiento mejor para la antena. Por ejemplo, para una pastilla de material con una constante dieléctrica de 3, la realización de orificios podría proporcionar una constante dieléctrica de aproximadamente 2.75.

En un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, todas las capas 600 a 640 pueden tener la misma constante dieléctrica, y la carga dieléctrica se puede mecanizar a partir de un único material dieléctrico homogéneo en donde, posteriormente, se realizan los orificios 602 para sintetizar la constante dieléctrica efectiva deseada. De manera similar a los planteamientos expresados en líneas generales en las figuras 3 y 4, el(los) material(es) de carga dieléctrico(s) total(es) se puede(n) extender a todo lo largo de la camisa, o únicamente puede(n) abarcar una parte de la altura total de la camisa 110. La constante dieléctrica efectiva para cada capa 600 a 640 de la configuración ilustrada en la figura 6 se puede calcular como una combinación en paralelo de aire y del material dieléctrico el cual se perfora con los orificios. Para calcular la constante dieléctrica efectiva para cada capa debería usarse un factor de relleno volumétrico. El material dieléctrico usado debería presentar una constante dieléctrica entre  $\epsilon_r \approx 2$  a 6 con una tangente de pérdida  $\tan\delta \leq 0.01$ .

Obsérvese que los métodos antes mencionados mediante los cuales se logra una constante dieléctrica espacialmente variable dentro de la parte de camisa de la antena son ejemplos de fabricación sustractiva. Es decir, se rebaja, o, dicho de otra manera, se elimina, material de una pieza maciza más grande de material para lograr el resultado final. No obstante, la constante dieléctrica variable también se puede lograr mediante fabricación aditiva, tal como impresión 3D y materiales impresos en 3D. Por ejemplo, el planteamiento de la figura 6 es adecuado para impresión 3D donde no se requieren trozos macizos de material, pero el factor de relleno de una capa dada se puede controlar de forma precisa para lograr una constante dieléctrica deseada.

Como ejemplo ilustrativo, que no forma parte de la invención reivindicada, de la colocación y rendimiento de la antena, las figuras 7A, B muestran la antena 5 funcionando de manera muy próxima a una estructura de hormigón 700. Por ejemplo, la estructura de hormigón 700 representa los escalones de un estadio donde esta antena 5 constituye una solución práctica para las comunicaciones móviles. La antena 5 se puede montar, por ejemplo, en una barandilla situada muy próxima a los escalones de hormigón. La dificultad principal en el entorno operativo ilustrado es que deben tenerse en cuenta los efectos de carga del hormigón en el diseño de la antena. Puesto que la estructura de hormigón 700 se sitúa dentro del campo cercano de la antena, las propiedades dieléctricas del hormigón juegan un papel en la impedancia de la entrada de la antena. Además, el hormigón es poroso y puede absorber agua. Como consecuencia, las propiedades dieléctricas del hormigón pueden cambiar considerablemente en función del tiempo meteorológico para condiciones en exteriores. Las investigaciones han revelado que la constante dieléctrica del hormigón puede variar de  $\epsilon_r \approx 4$  con  $\tan\delta \approx 0.01$  para el hormigón seco a  $\epsilon_r \approx 15$  con  $\tan\delta \approx 0.12$  para hormigón saturado con agua. La carga dieléctrica espacialmente variable dentro de la camisa de la antena posibilita una impedancia estable con cambios drásticos en las propiedades dieléctricas del hormigón.

La impedancia y la pérdida de retorno previstas para la configuración de la antena en las figuras 7A, 7B se muestran en las figuras 7C, 7D. En la figura 7C, la impedancia de entrada para el hormigón seco 701 se compara con respecto a la impedancia de entrada para el hormigón mojado 702 en el diagrama de Smith. Cuanto más alejadas estén las dos curvas con respecto al centro del diagrama de Smith, peor será la adaptación de impedancia para la antena. El centro del Diagrama de Smith indica una adaptación de impedancia perfecta. Las dos curvas que se muestran indican una adaptación de impedancia muy buena para la antena en presencia del hormigón sobre la banda de funcionamiento. Además, las dos curvas se solapan bastante bien para el hormigón seco y para el hormigón mojado indicando una impedancia de entrada estable con diferentes niveles de absorción de agua por parte del hormigón.

Cabe señalar, además, que la carga dieléctrica variable actúa como un transformador de impedancia que proporciona una capacidad adicional de adaptación de impedancia entre el punto de alimentación de la antena (donde el cable coaxial se fija al radiador primario 100) y el extremo de la camisa 110. El uso de la carga dieléctrica variable (transformador de impedancia) permite que la antena logre una mejor adaptación de impedancia sobre un ancho de banda más amplio que la antena sin carga dieléctrica variable. Por ejemplo, la antena con carga dieléctrica variable presenta un ancho de banda con pérdida de retorno de -15 dB de aproximadamente el 56%. Se observa que la antena en el mejor de los casos sin carga dieléctrica variable logra un ancho de banda con pérdida de retorno de -15 dB de aproximadamente el 44%.

La constante dieléctrica variable proporciona una capacidad de sintonización mejorada que permite que la antena logre una mejor adaptación de impedancia sobre una banda más ancha que la antena con carga dieléctrica de un solo material o la antena sin ninguna carga (únicamente aire entre la camisa y el radiador primario). Incluso con cambios drásticos en la constante dieléctrica del hormigón, la adaptación de impedancia para la antena sigue siendo muy buena. Esto es debido, en parte, a la naturaleza del monopolo encamisado. La camisa blinda del punto de alimentación de la antena en donde la impedancia de la misma presenta la mayor sensibilidad a los cambios. Como consecuencia, la antena posee, inherentemente, cierta inmunidad a cambios en su entorno. La carga dieléctrica variable proporciona una capacidad de sintonización mejorada con respecto al monopolo encamisado tradicional que hace que mejore, adicionalmente, la capacidad de lograr una adaptación de impedancia de banda ancha con un plano de tierra pequeño en un entorno dinámico.

En la figura 7D, la representación de la pérdida de retorno indica, también, una adaptación de impedancia estable donde la pérdida de retorno para el hormigón seco 703 se compara con respecto a la pérdida de retorno para el hormigón mojado 704. Las dos curvas se indican una pérdida de retorno mejor que -15 dB y se solapan de forma razonablemente buena. Con una pérdida de retorno de -10 dB, solamente el 10% de la potencia entregada a la antena se ve reflejado de vuelta desde la antena lo cual significa que está disponible el 90% de la potencia para radiar desde la antena. Con una pérdida de retorno de -15 dB, solamente de manera aproximada el 3% de la potencia entregada a la antena se ve reflejado de vuelta desde la antena, lo cual significa que está disponible casi el 97% de la potencia para radiar desde la antena.

En la forma de realización principal de la presente invención mostrada en la figura 8, la antena incluye, también, elementos de filtrado 800 integrados dentro de la parte de camisa 110 de la antena, entre la parte de camisa 110 y el radiador principal 100. El acoplamiento entre antenas ubicadas conjuntamente puede provocar problemas de interferencia para sistemas de comunicación multibanda. La inclusión de filtros en el sistema puede mitigar las interferencias al rechazar señales no deseadas. Las bandas de frecuencia comunes para antenas de estaciones base son de 696 a 960 MHz para la banda baja y de 1695 a 2700 MHz para la banda alta. El monopolo encamisado de la presente invención está diseñado para funcionar en la banda baja (de 696 a 960 MHz), pero la pérdida de retorno para la antena sin elementos de filtrado 800 también puede ser de un nivel tan bajo como -20 dB en la banda alta (de 1695 a 2700 MHz). De esta manera, la antena puede radiar o recibir eficazmente energía electromagnética que se encuentra fuera de la banda de funcionamiento pretendida (de 696 a 960 MHz). Esto podría crear interferencias entre antenas ubicadas conjuntamente diseñadas para trabajar en bandas diferentes.

La adición de elementos de filtrado 800 en la antena según se muestra en la figura 8A proporciona una banda de rechazo donde la pérdida de retorno de entrada es idealmente -0 dB, y la antena no puede radiar o recibir ninguna energía fuera de su banda de funcionamiento pretendida. Como consecuencia, se reduce significativamente la posibilidad de interferencias entre antenas diseñadas para funcionar en bandas de frecuencia diferentes. Esto se muestra en la figura 8E, donde la pérdida de retorno para la antena con filtrado 820 no es en absoluto peor de -0.9 dB en la banda alta (de 1695 a 2700 MHz). Obsérvese que puede que resulte necesario sintonizar la antena para lograr una adaptación de impedancia deseada en la banda baja después de la adición del filtro tal como podrán apreciar aquellos versados en la materia. La pérdida de retorno para la antena sin filtrado 810 en la figura 8E ilustra el rendimiento de la antena en la figura 5 sin la presencia de hormigón u otro obstáculo. La pérdida de retorno para la antena con filtrado 820 en la figura 8B ilustra el rendimiento de una antena modificada equipada con elementos de filtro 800 donde las dimensiones de la antena se han ajustado ligeramente para optimizar el rendimiento de la antena con los elementos de filtro 800.

Tal como se muestra mejor en la figura 8D, los elementos de filtro 800 se construyen con una PCB con recubrimiento de cobre que presenta una capa de base dieléctrica 802 y una capa de cobre o conductora 801 encima de la capa dieléctrica 802. La capa dieléctrica 802 tiene, en general, un grosor de aproximadamente 0.076 cm, y el cobre tiene un grosor de aproximadamente 0.0017 cm a 0.0071 cm. En la capa de metalización de filtro 801 se aplica un grabado por ataque químico sobre un lado del material de PCB 802 para formar una capa conductora con forma general de H 801, mientras que, del otro lado del material de PCB 802, se elimina mediante grabado por ataque químico todo el metal tal como se muestra en la figura 8D. El lado específico del material de PCB 802 en el cual se aplica el grabado por ataque químico sobre el metal para formar la capa conductora con forma de H 801 es intrascendente.

La capa conductora 801 tiene tres barras metálicas 801a, 801b, 801c alargadas delgadas que están conectadas para adoptar una forma de "H", que refleja la energía electromagnética a ciertas frecuencias. Los elementos de

5 filtro 800 están dimensionados para encajar dentro del espacio entre el radiador principal 100 y la camisa 110 con cierta distancia/espacio entre la metalización de filtro 801 y el metal del radiador principal 100 y la camisa 110. Las dimensiones de los elementos de filtro individuales 800 se pueden ajustar para sintonizar la respuesta del filtro. Por ejemplo, la reducción de la altura (es decir, acortar los elementos 801a, 801b) y/o de la anchura (es decir, acortar el elemento 801c) del elemento de filtro 800 hace que el elemento resulte más pequeño y empuja la banda de rechazo a frecuencias superiores. Alternativamente, la reducción de la anchura del trazado de la metalización de filtro 801 crea una mayor inductancia y empuja la banda de rechazo a frecuencias inferiores. Para la presente invención, se observa que una altura de aproximadamente 2.54 cm, una anchura total de aproximadamente 1.65 cm y una anchura del trazado de aproximadamente 0.127 cm proporcionan una respuesta del filtro satisfactoria con una pérdida de retorno de entrada mejor de -18 dB.

15 Los elementos de filtrado 800 se deberían posicionar de tal manera que la barra metálica horizontal 801c de la metalización de filtro con forma de "H" 801 se alinee con los radios de la camisa 110 y el radiador principal 100 y sea paralela a la superficie superior de la estructura de tierra 120. Las barras metálicas 801a, 801b verticales de la metalización de filtro 802 que forman los lados izquierdo y derecho de la "H" son paralelas a los ejes longitudinales de la camisa 110 y del radiador principal 100, y son perpendiculares a la superficie superior de la estructura de tierra 120. No obstante, también pueden utilizarse otras configuraciones adecuadas.

20 Con respecto a la figura 8B que muestra un plano de corte a través de una sección central de la antena, la metalización de filtro 801 de la izquierda queda encarada hacia fuera de la página mientras que la metalización de filtro 801 de la derecha queda encarada hacia la página de modo que solamente es visible el material de PCB 802. Estas orientaciones se podrían invertir, o las dos orientaciones podrían ser iguales sin una modificación apreciable de la respuesta del filtro. El desplazamiento de los elementos de filtro 800 alejándose o acercándose al radiador principal aporta una pequeña sintonización en donde puede sintonizarse la respuesta en la banda de paso, así como en la banda de rechazo del filtro. Para la presente invención, se observa que la ubicación centrada de los elementos de filtro 800 en el espacio entre la camisa y el radiador principal con una distancia de separación de aproximadamente 0.05 cm entre la metalización de filtro 801 y los componentes de la antena (camisa 110 y radiador principal 100) proporciona unos resultados adecuados. Obsérvese que la antena de las figuras 8A-8B se ha optimizado para trabajar con el filtro insertado dando unas dimensiones ligeramente diferentes de las correspondientes del ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada de la figura 5.

35 Para posicionar los elementos de filtro 800, en la pieza superior dieléctrica 500 (de la figura 5) pueden realizarse por corte una o más ranuras 501. En la forma de realización mostrada, en la pieza superior 500 se forman longitudinalmente por corte cuatro ranuras 501, y, en cada una de las ranuras 501, se aloja, respectivamente, un elemento de filtro 800 independiente. La profundidad de las ranuras 501 controla la distancia entre los elementos de filtro 800 y la estructura de tierra de RF 120. Los elementos de filtro 800 se pueden insertar en las ranuras de la pieza superior 500 y se pueden pegar en su ubicación con una resina epoxi no conductora para mantener sus posiciones. De acuerdo con un ejemplo que no forma parte de la invención reivindicada, existe un pequeño intersticio (<0.013 cm) entre la capa conductora 801 y la ranura 501 y, también, entre el lado opuesto de la capa dieléctrica 802 y la ranura 501. El lado de la capa dieléctrica 802 que también está en contacto con la metalización de filtro 801 se separará de la ranura 501 mediante el grosor de la metalización 801 más el grosor del intersticio. Este intersticio (por ejemplo, aproximadamente 1 milímetro) entre la ranura 501 y los componentes de filtro 801, 802 se rellena con la resina epoxi que mantiene en su ubicación al filtro. Los elementos de filtro 800 se recubren con resina epoxi, a continuación, se deslizan en las ranuras 501. El hecho de hacer que la ranura sea demasiado grande reducirá la constante dieléctrica efectiva en la parte de camisa de la antena y puede requerir una resintonización de la antena. Además, los elementos de filtro puede que no se asienten verticalmente si la ranura es demasiado grande. Si los elementos de filtro 800 no se asientan verticalmente, el rendimiento del filtro se degradará y, también puede degradarse la adaptación de impedancia en la banda baja.

50 La distancia entre los elementos de filtro 800 y la estructura de tierra de RF 120 juega un papel en la respuesta del filtro en la banda alta, así como en la adaptación de la impedancia en la banda baja. Puede producirse una degradación del rendimiento si esta distancia es demasiado grande (es decir, los elementos de filtro 800 están demasiado alejados de la estructura de tierra de RF 120) o si la misma es demasiado pequeña (es decir, los elementos de filtro 800 están demasiado cerca de la estructura de tierra de RF 120). Un análisis numérico indica que se logran resultados óptimos cuando la parte inferior de los elementos de filtro 800 se encuentra aproximadamente a 1.22 cm de la estructura de tierra de RF 120 para la presente invención.

60 En un ejemplo, el dieléctrico (o sustrato) 802 no toca el radiador central 100 ó la camisa 110. No obstante, el dieléctrico 802 puede tocar al radiador 100 y/o a la camisa 110 sin modificar significativamente el rendimiento de la antena. Además, en el ejemplo mostrado, la capa metálica 801 no toca al radiador 100 ó a la camisa 110 para evitar la creación de un cortocircuito entre esos elementos, y para hacer que resulte más sencilla la adaptación de impedancia de la antena con el filtro en su ubicación. Los filtros 800 se utilizan, únicamente, para proporcionar un filtrado, y no están destinados a proporcionar adaptación de impedancia. Idealmente, los filtros 800 no tienen influencia alguna sobre la impedancia desde 696 a 960 MHz, aunque la antena puede sintonizarse un poco con el fin de lograr la adaptación de impedancia deseada debido a cualquier impacto que tengan los filtros 800 sobre la impedancia ya que cualquier metal o dieléctrico insertado en la camisa 110 tendrá algún impacto sobre la

adaptación de impedancia para la antena, lo cual requiere cierta resintonización.

5 Los elementos de filtro 800 dejan pasar energía en una banda de frecuencias deseada y rechazan energía en una banda de frecuencias diferente. Aunque se muestran cuatro elementos de filtro 800, puede proporcionarse un número mayor o menor de elementos 800. En general, un número mayor de elementos de filtrado 800 da como resultado un rechazo más fuerte del filtro, es decir, tres elementos de filtrado proporcionan más rechazo que dos elementos de filtrado. No obstante, cuantos más elementos de filtro 800, más difícil resultará lograr una buena adaptación para la antena en la banda baja por lo que debería actuarse con cautela en la selección del número de elementos de filtrado 800. Se determina que cuatro elementos de filtro 800, según se muestra en la figura 8C, 10 proporcionan, en general, suficiente rechazo en la banda alta, aunque permitiendo todavía lograr una pérdida de retorno adecuada mejor de -18 dB en la banda baja.

15 En esta memoria descriptiva, se han descrito formas de realización de una manera tal que permite redactar una memoria descriptiva clara y concisa, pero se pretende, y así se apreciará, que las formas de realización se pueden combinar o separar de manera variada. Se apreciará que todas las características descritas en la presente son aplicables a todos los aspectos de la invención descritos en este documento. De este modo, por ejemplo, aunque los cables en serie y en paralelo se muestran y describen únicamente con respecto a la figura 2B, esa característica se puede utilizar en cualquiera de las formas de realización de la presente invención.

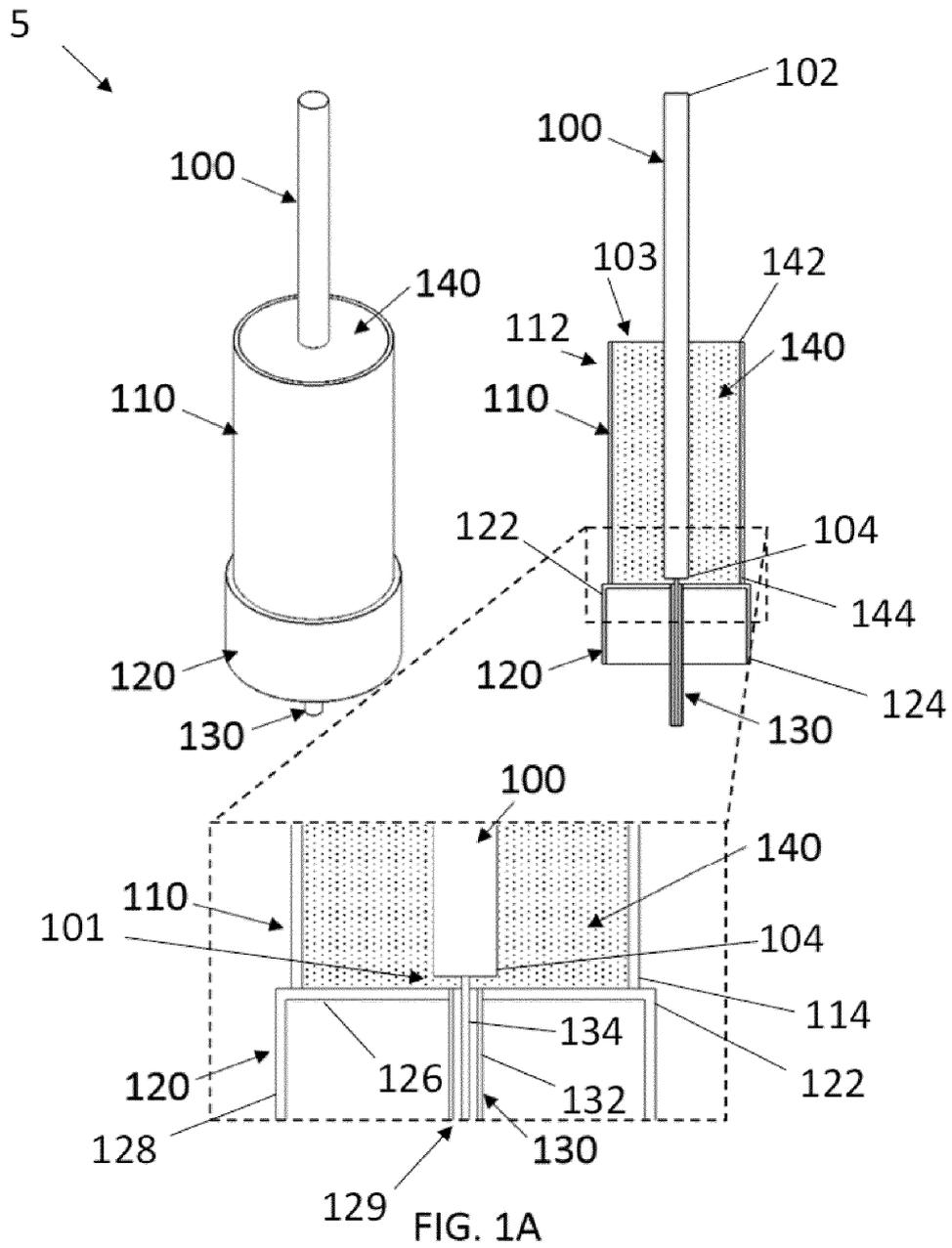
20 La descripción hace uso de varios términos geométricos o relacionales, tales como circular, redondeado, escalonado, paralelo, concéntrico y plano. Adicionalmente, la descripción usa varios términos de dirección o posicionamiento y similares, tales como superior, inferior, de base, distal y proximal. Dichos términos se usan meramente por comodidad para facilitar la descripción sobre la base de los ejemplos mostrados en las figuras. Estos términos no están destinados a limitar la invención. Por lo tanto, debe reconocerse que la invención se puede describir de otras maneras sin esos términos geométricos, relacionales, de dirección o posicionamiento. Además, 25 los términos geométricos o relacionales pueden no ser exactos. Por ejemplo, las paredes pueden no ser exactamente perpendiculares o paralelas entre sí, pero pueden seguir considerándose como sustancialmente perpendiculares o paralelas debido, por ejemplo, a la rugosidad de las superficies, las tolerancias permitidas en la fabricación, etcétera. Además, pueden proporcionarse otras geometrías y relaciones adecuadas.

30 En esta memoria descriptiva, los términos “sustancialmente” y “aproximadamente” significan más o menos el 20%, más preferentemente más o menos el 10%, incluso más preferentemente más o menos el 5%, con la mayor preferencia más o menos el 2%. Además, aunque, en ciertos ejemplos de la invención, pueden proporcionarse dimensiones, tamaños y formas específicos, los mismos están destinados simplemente a ilustrar el alcance de la invención y no son limitativos. De este modo, pueden utilizarse otras dimensiones, tamaños y/o formas. Por ejemplo, aun cuando la metalización 801 se presenta en forma de H, pueden utilizarse otras formas adecuadas. Además, aunque los elementos 800 se muestran posicionados radiando hacia fuera en posiciones equidistantes con respecto al radiador principal 100, los elementos 800 se pueden posicionar de manera diferente. Todavía 35 adicionalmente, aunque los elementos de filtrado 800 se muestran para su uso con la antena 5 de la figura 5, los elementos de filtrado 800 se pueden utilizar con cualquier antena adecuada, tal como la antena 5 de cualquiera de las figuras 1 a 4, 6.

40 La descripción y dibujos anteriores deben considerarse únicamente como ilustrativos de los principios de la invención. La invención se puede configurar en una variedad de formas y tamaños, y no se pretende imponer limitaciones en la misma por medio de la forma de realización preferida. A aquellos versados en la materia se les ocurrirán fácilmente numerosas aplicaciones de la invención. Por lo tanto, no se desea limitar la invención a los ejemplos específicos divulgados o a la construcción y el funcionamiento exactos mostrados y descritos. Por el contrario, puede recurrirse a todas las modificaciones y equivalentes adecuados que estén comprendidos dentro del alcance de la invención. 45 50

**REIVINDICACIONES**

1. Antena (5) que comprende:
- 5 una estructura de tierra (120);
- un elemento radiante (100) que se extiende a lo largo de un eje longitudinal de manera sustancialmente ortogonal desde dicha estructura de tierra (120);
- 10 una camisa (110) eléctricamente conductora que se extiende a lo largo de dicho eje longitudinal y que encierra, por lo menos parcialmente, el elemento radiante (100), formando, de este modo, un espacio entre dicho elemento radiante (100) por lo menos parcialmente encerrado y dicha camisa (110); y
- 15 un material dieléctrico que llena por lo menos parcialmente el espacio;
- caracterizada por que comprende asimismo uno o más elementos de filtrado (800) en el espacio entre dicha camisa (110) y dicho elemento radiante (100), incluyendo cada uno de entre dicho uno o más elementos de filtrado (800) una placa de circuito impreso que presenta una capa de base dieléctrica (802) y una capa conductora (801) encima de la capa dieléctrica (802), formando dicha capa conductora (801) una capa metálica en forma de H.
- 20
2. Antena (5) según la reivindicación 1, que comprende asimismo un cable coaxial (130) que presenta una camisa exterior y un conductor central, estando dicha camisa exterior acoplada a la estructura de tierra (120).
- 25
3. Antena (5) según la reivindicación 2, en la que el conductor central del cable coaxial está acoplado al elemento radiante (100).
4. Antena (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el material dieléctrico presenta una constante dieléctrica efectiva que muestra una variación espacial.
- 30
5. Antena (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el material dieléctrico presenta una constante dieléctrica efectiva que varía a lo largo del eje longitudinal de dicha camisa (110).
6. Antena (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que dicho material dieléctrico presenta una primera parte de material dieléctrico con una primera constante dieléctrica y una segunda parte de material dieléctrico con una segunda constante dieléctrica diferente de la primera constante dieléctrica.
- 35
7. Antena (5) según la reivindicación 6, en la que dicha primera parte de material dieléctrico comprende una primera capa dieléctrica y dicha segunda parte de material dieléctrico comprende una segunda capa dieléctrica.
- 40
8. Antena (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el material dieléctrico presenta un contorno exterior y un contorno interior, y en la que el contorno exterior del material dieléctrico varía con la distancia desde la estructura de tierra, y el contorno interior del material dieléctrico se adapta a un contorno exterior del elemento radiante (100).
- 45
9. Antena (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el material dieléctrico presenta un contorno exterior y un contorno interior, y en la que el contorno interior del material dieléctrico varía con la distancia desde la estructura de tierra, y el contorno exterior se adapta a un contorno interior de la camisa conductora.
- 50
10. Antena (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende asimismo uno o más orificios que se extienden a través del material dieléctrico.
11. Antena (5) según la reivindicación 10, en la que dicho uno o más orificios presentan, cada uno, un diámetro que varía con la distancia desde la estructura de tierra (120).
- 55
12. Antena (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que el material dieléctrico comprende una pluralidad de capas de material dieléctrico.
13. Antena (5) según la reivindicación 12, en la que la pluralidad de capas de material dieléctrico está apilada a lo largo del eje longitudinal para proporcionar una constante dieléctrica efectiva que varía con la distancia desde la estructura de tierra (120).
- 60
14. Antena (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en la que dicha capa conductora (801) es grabada por ataque químico y presenta tres barras metálicas (801a, 801b, 801c) alargadas delgadas que están conectadas para formar dicha forma de H.
- 65
15. Antena (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que los elementos de filtrado (800) están diseñados para hacer pasar energía en una banda de frecuencias deseada y rechazar energía en una banda de frecuencias diferente.



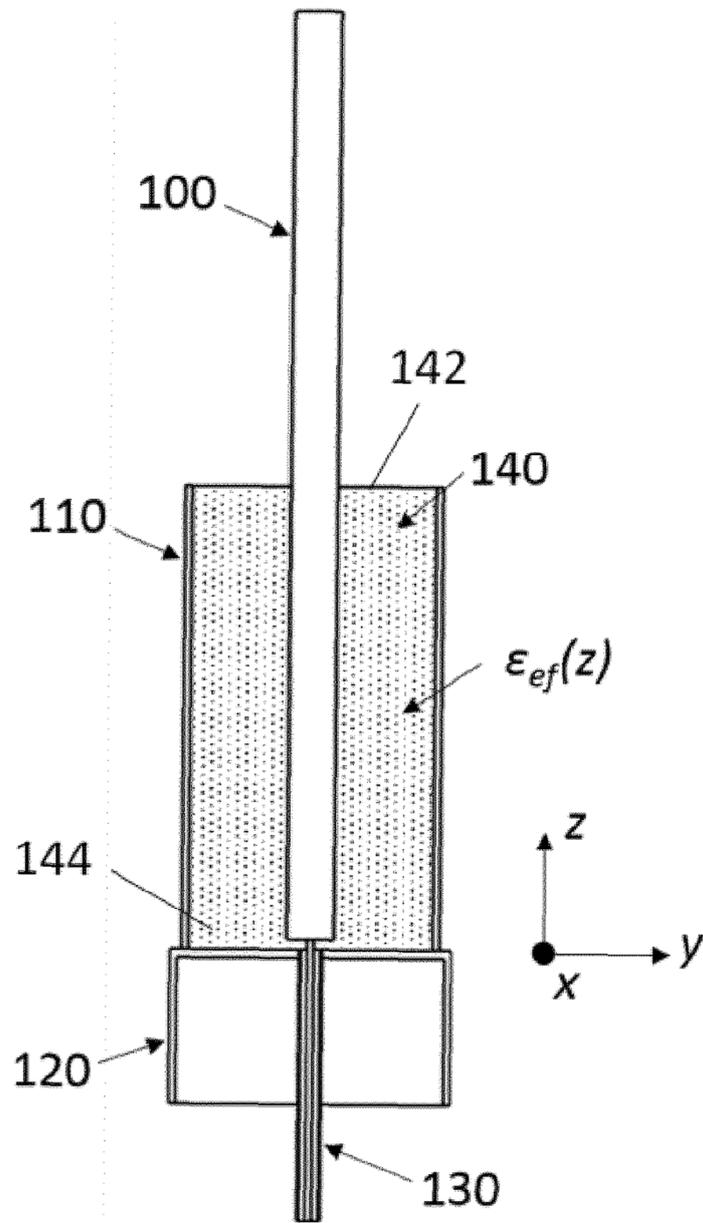


FIG. 1B

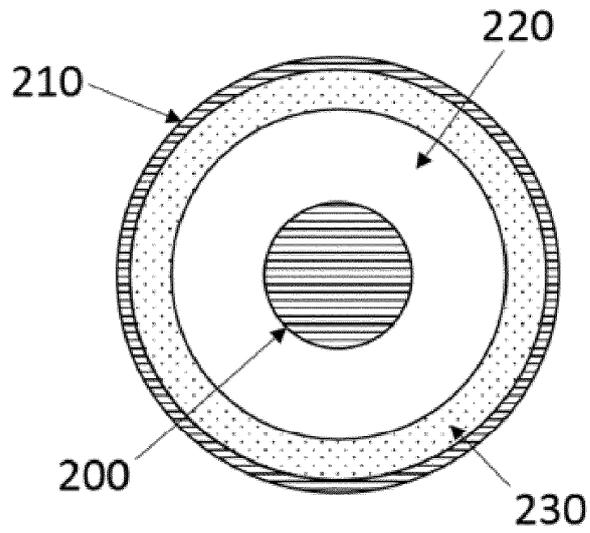


FIG. 2A

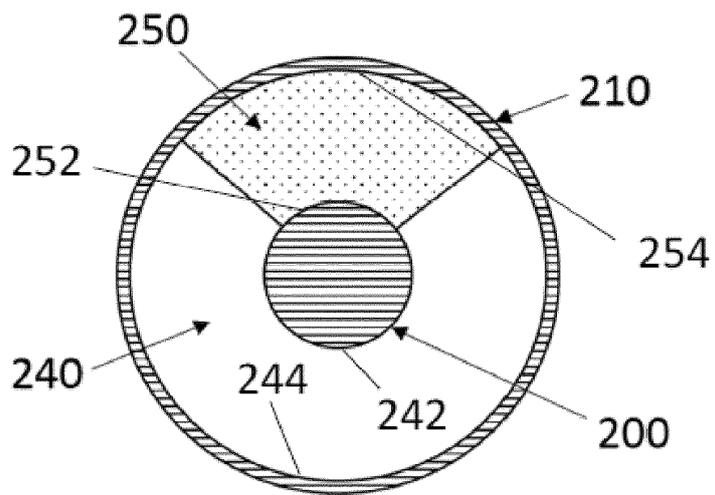


FIG. 2B

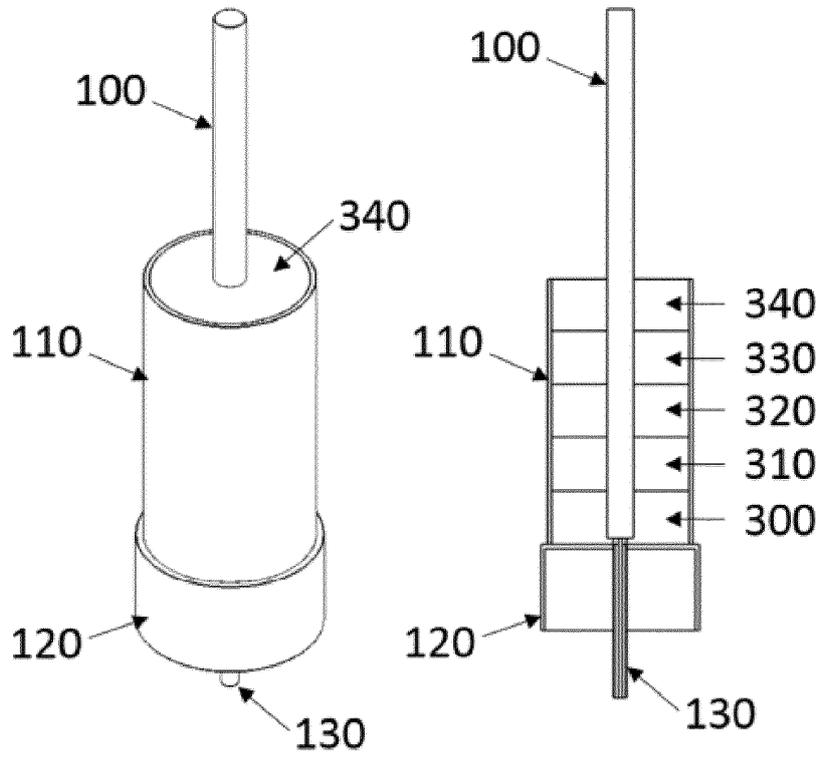


FIG. 3A

FIG. 3B

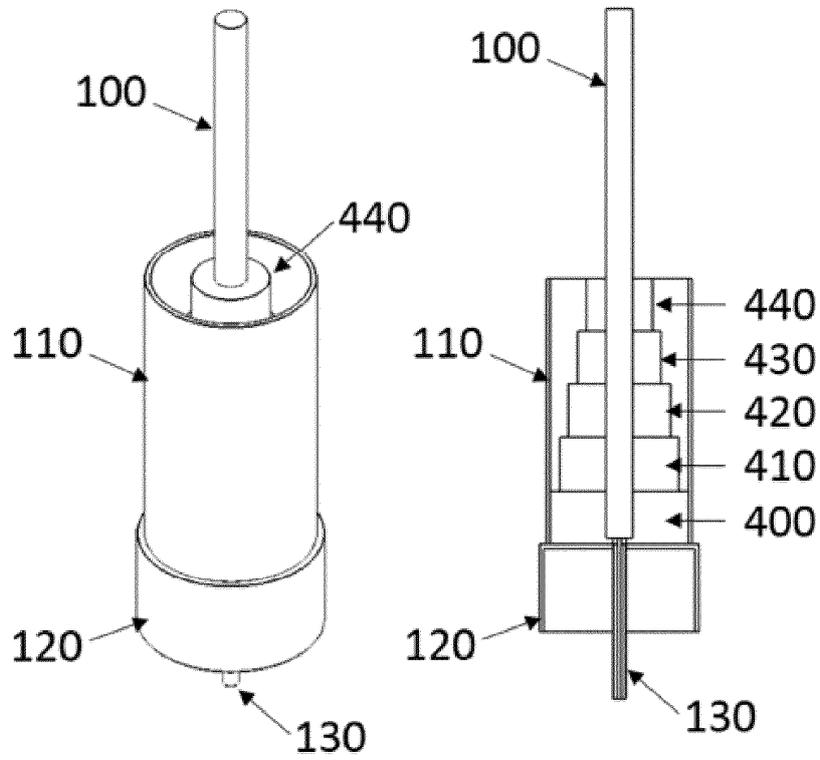


FIG. 4A

FIG. 4B

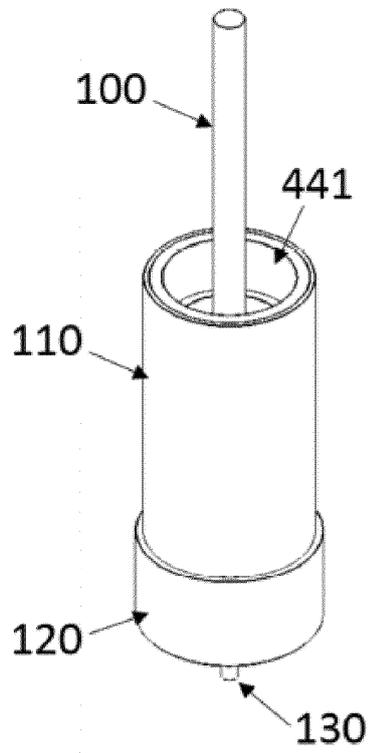


FIG. 4C

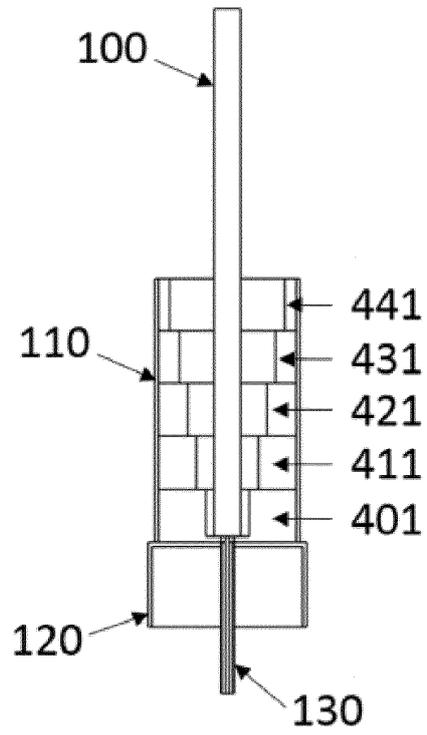
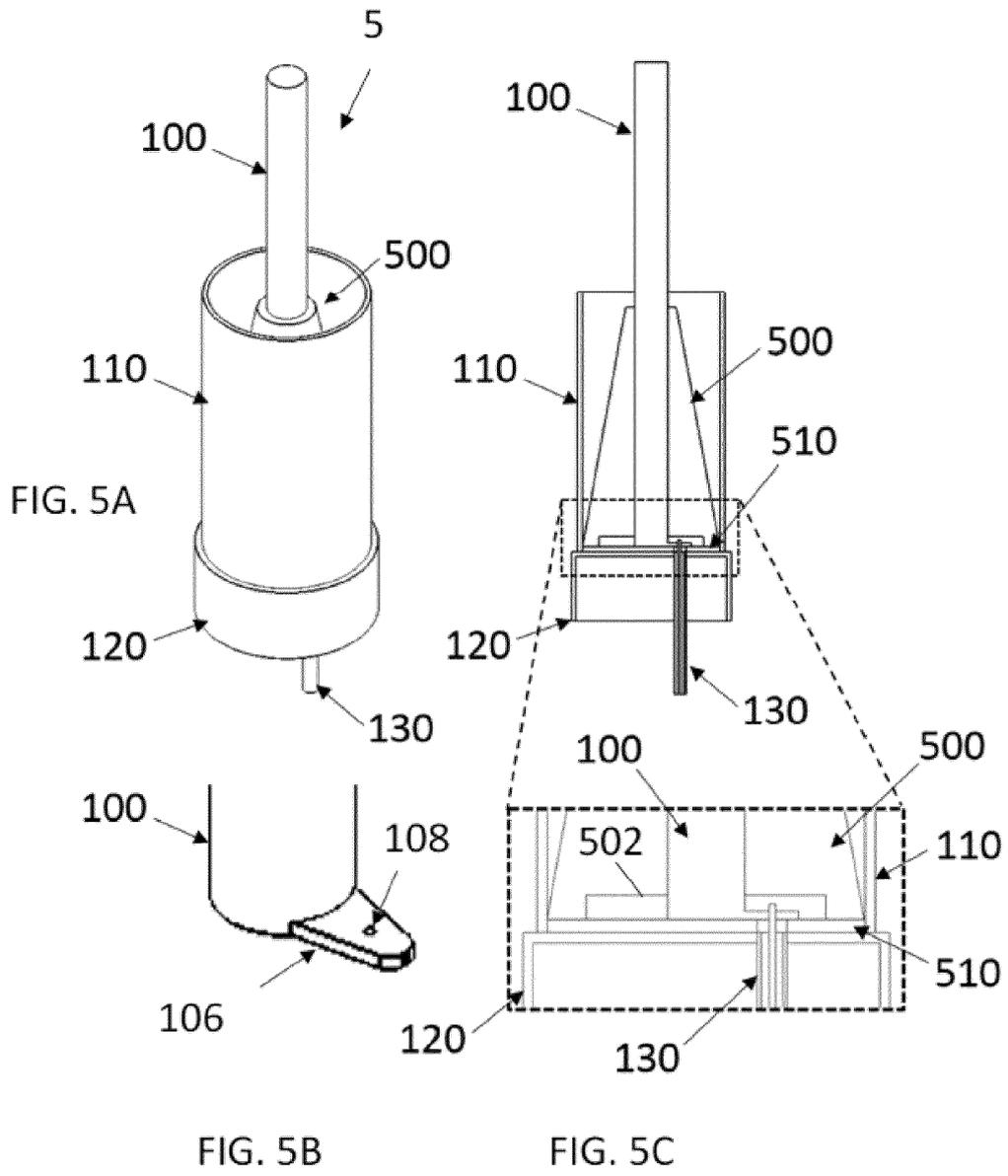


FIG. 4D



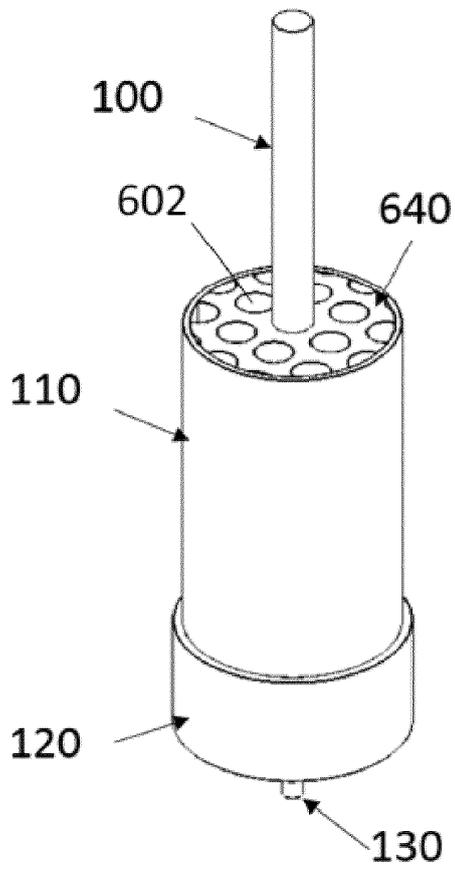


FIG. 6A

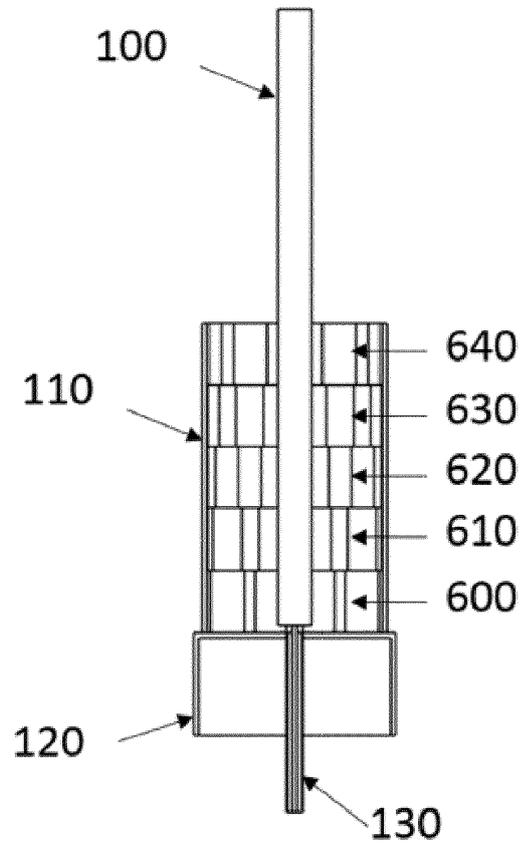


FIG. 6B

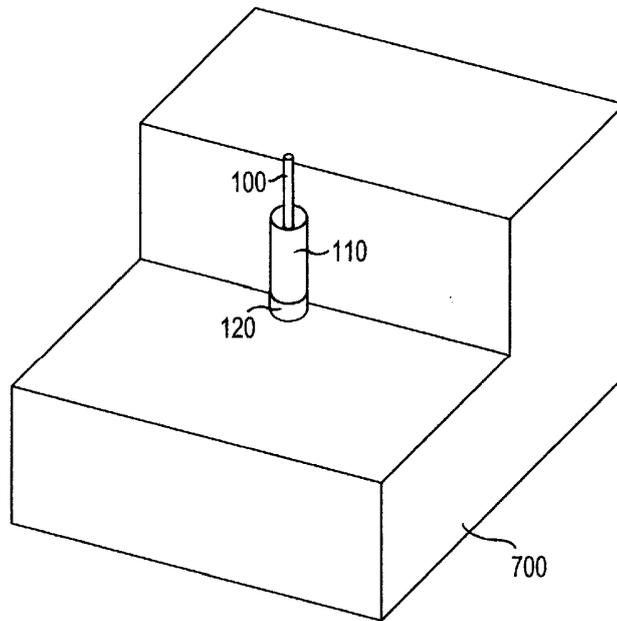


FIG. 7A

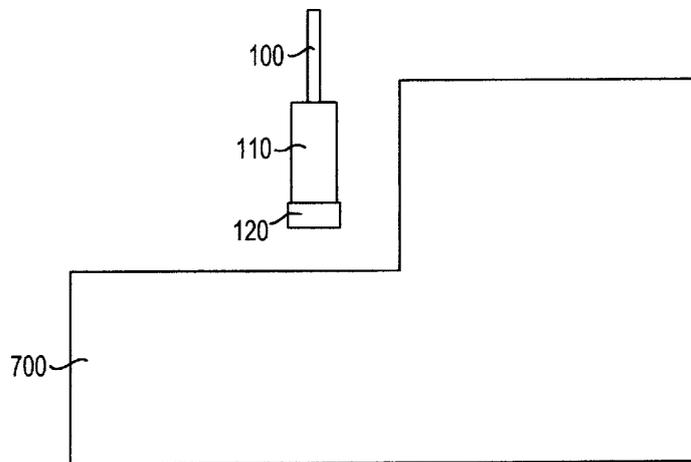


FIG. 7B

FIG. 7C

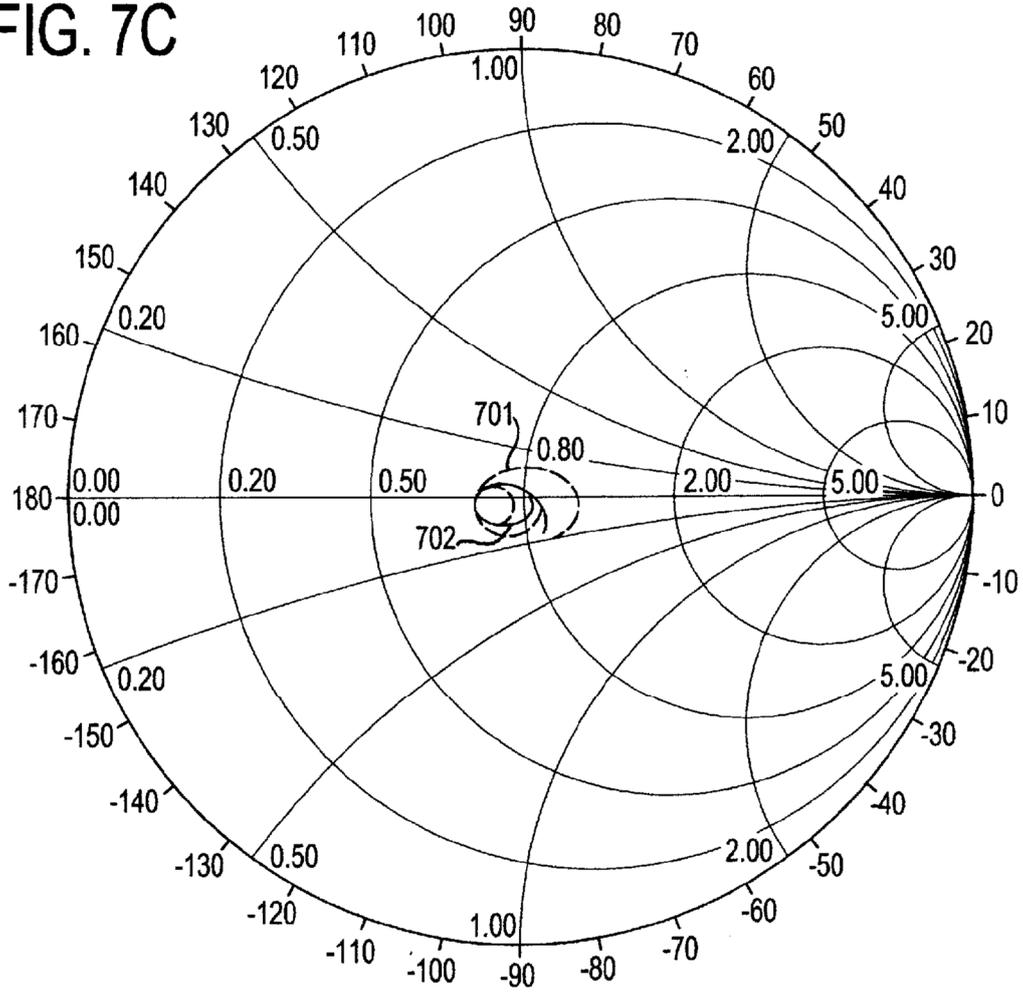
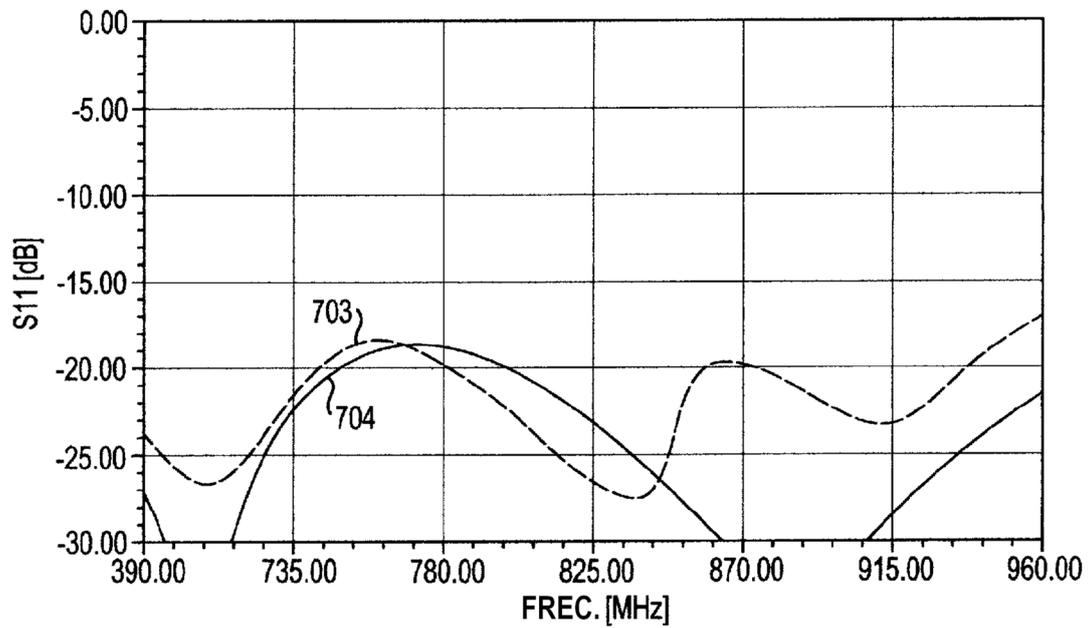
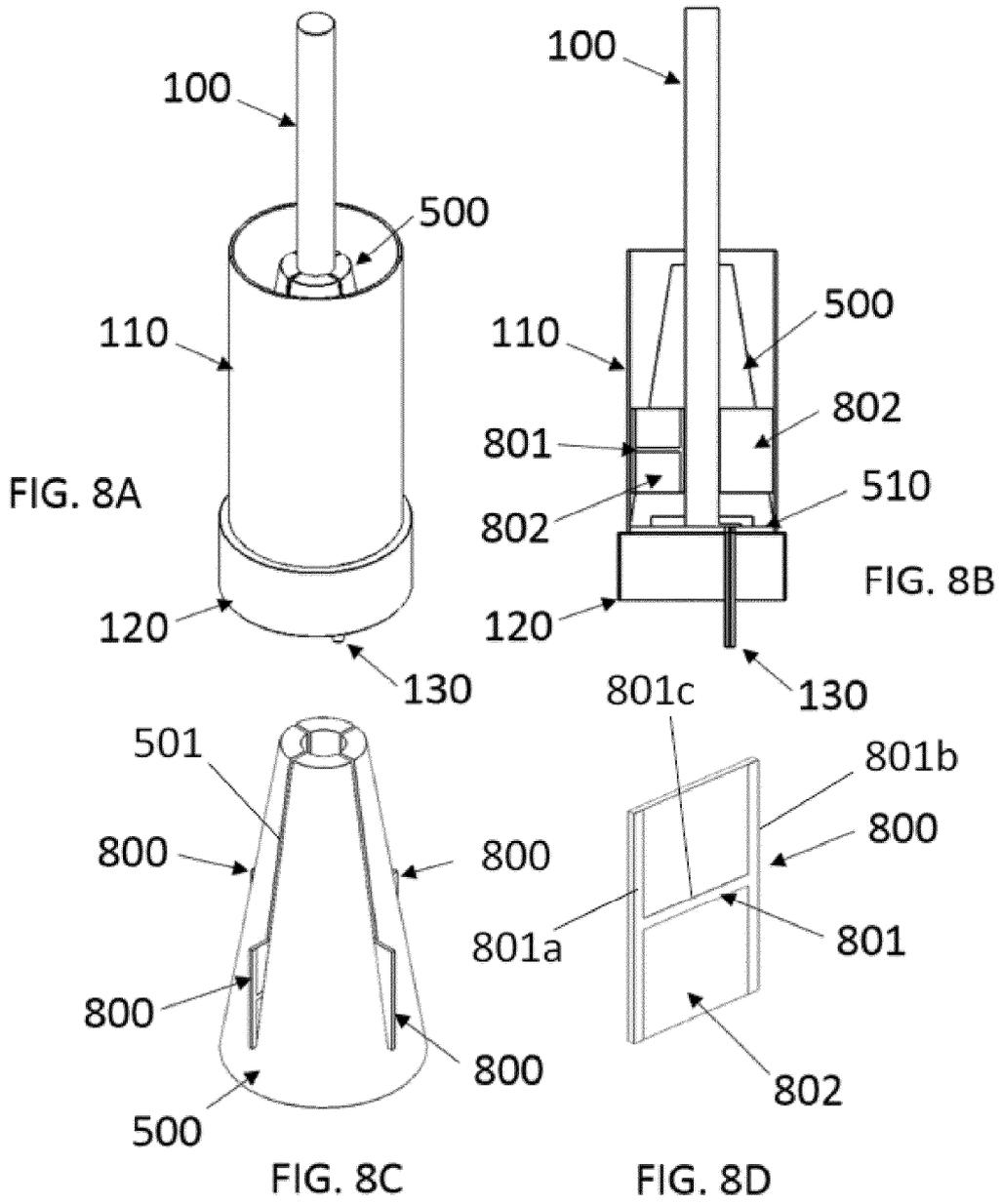


FIG. 7D





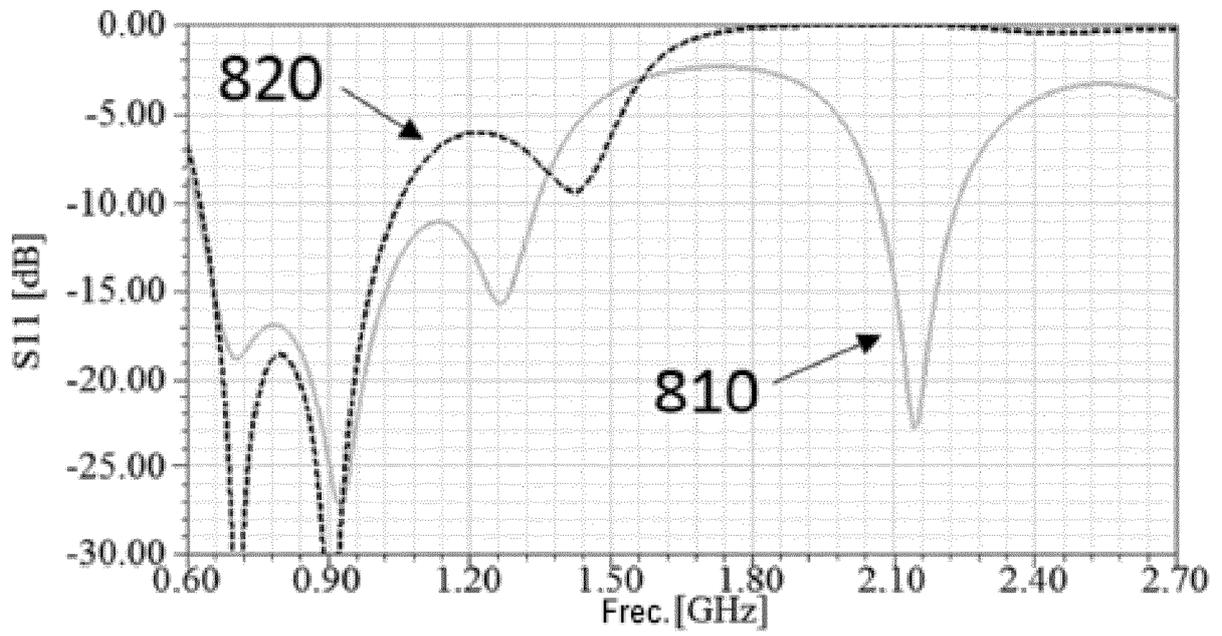


FIG. 8E