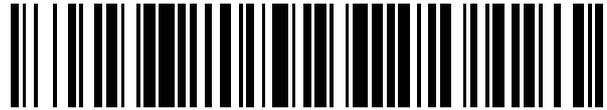


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 584 515**

51 Int. Cl.:

**H01Q 1/24** (2006.01)

**H01Q 1/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2013** **E 13789377 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016** **EP 2917961**

54 Título: **Antena MIMO reconfigurable para vehículos**

30 Prioridad:

**09.11.2012 GB 201220236**

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

**28.09.2016**

73 Titular/es:

**THE UNIVERSITY OF BIRMINGHAM (100.0%)  
Edgbaston  
Birmingham B15 2TT, GB**

72 Inventor/es:

**HU, ZHEN HUA;  
HALL, PETER y  
GARDNER, PETER**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

**ES 2 584 515 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 MIMO reconfigurable para vehículos

## 5 Campo de la invención

La invención se refiere a una antena MIMO reconfigurable (múltiples entradas múltiples salidas) para vehículos. Particularmente, pero no exclusivamente, la invención se refiere a una antena MIMO reconfigurable para el montaje en el techo de un vehículo.

10

## Antecedentes de la Invención

Los sistemas inalámbricos de múltiples entradas múltiples salidas (MIMO) que explotan múltiples antenas tanto como transmisores y receptores han atraído un interés creciente debido a su potencial para el aumento de la capacidad en entornos ricos de múltiples trayectorias. Tales sistemas pueden usarse para permitir el rendimiento de la comunicación mejorada (es decir calidad de la señal y confiabilidad mejorada) mediante el uso de la propagación de múltiples trayectorias sin requisitos de espectro adicionales. Esta ha sido una solución muy usada y bien conocida para lograr comunicaciones de alta velocidad de datos en relación con los estándares de comunicación 2G y 3G. Se usan ampliamente para aplicaciones inalámbricas de interiores tales como dispositivos enrutadores, antenas dipolo y monopolo externas. En este caso, son más populares los sistemas de dipolo de alta ganancia omnidireccionales y antenas colineales. Para los dispositivos móviles de exteriores, tales como sistemas de antenas de techo de automóvil, antenas de varilla, antenas de película, y PIFA (antenas tipo F invertidas planas) son extremadamente populares. Sin embargo, muy pocos dispositivos portátiles con capacidad MIMO están disponibles en el mercado. La razón principal de esto es que cuando se reúnen varios radiadores en un dispositivo portátil, el pequeño espacio asignado para la antena limita la capacidad de proporcionar un aislamiento adecuado entre cada radiador.

Los retos para antenas MIMO montadas en vehículos para los sistemas 4G LTE (evolución a largo plazo) son aún mayores debido en parte a las nuevas formas de la antena que se desean (tales como antenas "aleta de tiburón" y antenas conformadas montadas en techo plano), y en parte a los requisitos de rendimiento más altos, siendo la más exigente una necesidad de al menos 20 dB de aislamiento entre las bandas de funcionamiento. De acuerdo con los últimos requisitos para la antena MIMO LTE, el dispositivo de hardware LTE debe soportar un transmisor y dos receptores para LTE 3G, con operación de más de 13 bandas. Más específicamente, el dispositivo debe tener una antena primaria (PA) para las funciones de transmitir y recibir y una antena secundaria (SA) para las funciones de MIMO/diversidad de recepción.

El documento de la técnica anterior US 2006/227057 se considera como la técnica anterior más próxima al objeto de la reivindicación 1, y describe una antena de un aparato en forma de aleta que comprende antenas balanceadas y no balanceadas para la recepción de FM y AM respectivamente.

Los solicitantes han descrito una primera antena MIMO reconfigurable en WO2012/072969. Se describe una modalidad en la cual la antena comprende una antena balanceada localizada en un primer extremo de una PCB y una antena chasis de dos puertos localizada en un segundo extremo opuesto de la PCB. Sin embargo, en ciertas aplicaciones esta configuración puede no ser ideal o incluso práctica ya que requiere dos áreas separadas en la cual localizar cada antena. Sin embargo, esta separación se eligió para proporcionar aislamiento adecuado entre cada estructura de antena.

Un objetivo de la presente invención es, por lo tanto, proporcionar una antena MIMO reconfigurable (múltiples entradas múltiples salidas) para vehículos que ayuda a resolver los problemas mencionados anteriormente.

## 50 Resumen de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se proporciona una antena MIMO reconfigurable (múltiples entradas múltiples salidas) para vehículos que comprende: una antena balanceada y una antena no balanceada montadas en un sustrato de soporte; en donde tanto la antena balanceada como la antena no balanceada se localizan hacia el mismo extremo del sustrato y en donde el sustrato comprende un elemento plano sustancialmente triangular.

Las modalidades de la invención proporcionan, por lo tanto, una antena reconfigurable que puede localizarse en un extremo de un sustrato de soporte sustancialmente triangular (por ejemplo una PCB) y que por lo tanto se integra fácilmente en cualquier alojamiento de antena para vehículo montado en el techo convencional, tal como un diseño de "aleta de tiburón". La antena en sí puede tener un perfil pequeño, bajo y ser relativamente barato de fabricar, por ejemplo, cuando se compara con la antena MIMO reconfigurable de la WO2012/072969. La antena también puede ofrecer un alto rendimiento (es decir buena eficiencia y ganancia), un intervalo de cobertura de amplia frecuencia y alto aislamiento entre cada radiador.

La antena no balanceada puede montarse de manera que se extienda sustancialmente de manera perpendicular al elemento plano triangular. En cuyo caso, la antena no balanceada puede proporcionarse en un segundo sustrato que se

extiende sustancialmente de manera perpendicular al elemento plano triangular. El segundo sustrato puede estar en forma de un cuarto de elipse que tiene una superficie superior curvada y una superficie de extremo perpendicular, que se localiza hacia el mismo extremo del sustrato que la antena balanceada.

5 Alternativamente, la antena no balanceada puede montarse de manera que se extienda sustancialmente paralela al elemento plano triangular.

La antena no balanceada puede localizarse sustancialmente en el centro de la antena balanceada.

10 El elemento plano triangular puede comprender una base y dos lados que son sustancialmente iguales en longitud.

La antena balanceada y la antena no balanceada pueden localizarse hacia la base del elemento plano triangular.

15 El sustrato puede comprender además un elemento plano sustancialmente rectangular localizado adyacente a la base del elemento plano triangular.

20 La antena balanceada puede comprender dos brazos dispuestos simétricamente. Cada brazo puede comprender un elemento plano en forma de L que se orienta hacia dentro. En las modalidades particulares, cada brazo puede estar en forma de soporte (por ejemplo con cada brazo teniendo al menos un elemento perpendicular). Alternativamente, la antena balanceada puede constituirse por un dipolo impreso.

25 Donde cada brazo comprende los elementos planos en forma de L que se orientan hacia dentro, los elementos en forma de L pueden ajustarse a la forma del sustrato. Por ejemplo, cuando la antena balanceada se proporciona en el elemento plano rectangular, los elementos en forma de L tendrán, cada uno, un ángulo interno de 90 grados. Sin embargo, cuando la antena balanceada se proporciona en el elemento plano triangular, los elementos en forma de L tendrán, cada uno, un ángulo interno de menos de 90 grados.

30 La antena balanceada y/o la antena no balanceada puede ser no resonante. Por ejemplo, la antena no balanceada puede comprender un elemento no resonante que se alimenta contra un plano base formado por o sobre el sustrato o el segundo sustrato. Por el contrario la antena balanceada puede alimentarse contra sí misma.

35 La antena puede comprender además uno o más circuitos de equilibrado dispuestos para sintonizar la antena balanceada y/o la antena no balanceada a una frecuencia de funcionamiento deseada. Por ejemplo, la antena puede configurarse para cubrir una o más de: Bandas de frecuencia DVB-H, GSM710, GSM850, GSM900, GSM1800, PCS1900, SDARS, GPS1575, UMTS2100, Wifi, Bluetooth, LTE, LTA y 4G.

40 En ciertas modalidades, la antena no balanceada (por ejemplo elemento no resonante) puede localizarse adyacente a; al menos encerrada parcialmente por; dentro de la huella de; o alineada transversalmente con al menos una porción de la antena balanceada.

La antena balanceada y la antena no balanceada pueden proporcionarse con líneas de alimentación localizadas sustancialmente en el centro. Esto es ventajoso para garantizar que la antena tenga un alto rendimiento.

45 El sustrato de soporte y el segundo sustrato pueden constituirse mediante placas de circuitos impresos (PCB).

La antena no balanceada puede comprender al menos una porción que se graba en el sustrato. Alternativamente, la antena no balanceada puede comprender al menos una porción que se proporciona en una estructura separada (por ejemplo el segundo sustrato) que se une al sustrato.

50 La forma y configuración de la antena no balanceada no se limita particularmente y puede diseñarse para una aplicación específica y/o criterios de rendimiento deseados. De manera similar, la forma y configuración de la antena balanceada no se limita particularmente y puede diseñarse para una aplicación específica y/o criterios de rendimiento deseados.

55 En una modalidad, la antena no balanceada puede ser rectangular. En otra modalidad la antena no balanceada puede ser en forma de soporte, por ejemplo, que tenga un primer elemento sustancialmente paralelo al sustrato (o segundo sustrato) y un segundo elemento sustancialmente perpendicular al sustrato (o segundo sustrato).

60 La antena balanceada puede localizarse por encima del sustrato o alrededor (es decir fuera del) del sustrato. En ciertas modalidades, el sustrato puede comprender un corte localizado debajo de la antena balanceada.

La antena balanceada y la antena no balanceada pueden proporcionarse en superficies opuestas del sustrato (aunque todavía en el mismo extremo de este). En ciertas modalidades, la antena balanceada y la antena no balanceada pueden separarse transversalmente por el grosor del sustrato solamente.

65 El sustrato (o segundo sustrato) puede tener un plano base impreso en una primera superficie de este. La antena no balanceada también puede proporcionarse en la primera superficie y puede separarse del plano base por un espacio.

5 Pueden proporcionarse múltiples circuitos de equilibrado para cada una de la antena balanceada y la antena no balanceada. Pueden estar disponibles diferentes modos de funcionamiento mediante la selección de diferentes circuitos de equilibrado para la antena balanceada y/o la antena no balanceada. Pueden proporcionarse los conmutadores para seleccionar los circuitos de equilibrado deseados para un modo particular de funcionamiento (es decir una banda o bandas de frecuencia particulares).

10 Cada circuito de equilibrado puede comprender al menos un condensador variable para sintonizar la frecuencia de la antena balanceada o antena no balanceada asociada sobre un intervalo de frecuencia particular. El condensador variable puede constituirse por múltiples condensadores fijos con conmutadores, varactores o condensadores MEM.

Los circuitos de equilibrado asociados con la antena no balanceada pueden acoplarse a un primer puerto de señales y los circuitos de equilibrado asociados con la antena balanceada pueden acoplarse a un segundo puerto de señales.

15 Cada puerto de señales y/o circuito de equilibrado puede asociarse con una diferente polarización. Por ejemplo, una diferencia de fase de 90 grados puede proporcionarse entre cada puerto/circuito de equilibrado a una frecuencia de funcionamiento deseada.

20 La antena puede comprender además un sistema de control que se conecta a cada puerto y que comprende un medio de control para seleccionar un modo de funcionamiento deseado.

25 El sustrato puede ser de cualquier tamaño conveniente y en una modalidad puede tener un área superficial de aproximadamente  $0.5 \times 100 \times 50 \text{ mm}^2$  de manera que pueda acomodarse fácilmente en un alojamiento de antena para vehículo montado en el techo convencional. Se debe entender que el grosor del sustrato no se limita pero será típicamente de unos pocos milímetros de grosor (por ejemplo 1 mm, 1.5 mm, 2 mm o 2.5 mm).

La antena reconfigurable de la presente invención puede configurarse como una antena para vehículo montada en el techo.

30 Breve descripción de los dibujos

Ciertas modalidades de la invención se describirán ahora con referencia a las figuras acompañantes en las que:

35 La Figura 1A muestra una vista en perspectiva lateral superior de una antena de acuerdo con una primera modalidad de la presente invención;

La Figura 1B muestra una vista inferior de la antena mostrada en la Figura 1A;

La Figura 1C muestra una vista en perspectiva de extremo superior de la antena mostrada en la Figura 1A;

La Figura 2 muestra un diagrama de bloques de los circuitos asociados con la antena de las Figuras 1A a la 1C;

40 La Figura 3 muestra un diagrama de circuito que ilustra el conjunto de circuitos de equilibrado para el elemento no resonante en la antena de la Figura 2;

La Figura 4 muestra un diagrama de circuito que ilustra el conjunto de circuitos de equilibrado para la antena balanceada en la antena de la Figura 2;

45 La Figura 5 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 1A a la 4, cuando funciona en Modo 1 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^1$  y  $M_2^1$  y se cambian los condensadores variables);

La Figura 6 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 1A a la 4, cuando funciona en modo 2 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^2$  y  $M_2^2$ );

La Figura 7 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 1A a la 4, cuando funciona en modo 3 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^3$  y  $M_2^3$ );

50 La Figura 8A muestra una vista en perspectiva lateral superior de una antena de acuerdo con una segunda modalidad de la presente invención;

La Figura 8B muestra una vista inferior de la antena mostrada en la Figura 8A;

La Figura 9 muestra un diagrama de circuito que ilustra el conjunto de circuitos de equilibrado para el elemento no resonante en la antena de las Figuras 8A y 8B;

55 La Figura 10 muestra un diagrama de circuito que ilustra el conjunto de circuitos de equilibrado para la antena balanceada en la antena de las Figuras 8A y 8B;

La Figura 11 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 8A y 8B, cuando funciona en Modo 1 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^1$  y  $M_2^1$  y se cambian los condensadores variables);

60 La Figura 12 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 8A y 8B, cuando funciona en modo 2 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^2$  y  $M_2^2$ );

La Figura 13 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 8A y 8B, cuando funciona en modo 3 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^3$  y  $M_2^3$ );

La Figura 14A muestra una vista en perspectiva lateral superior de una antena de acuerdo con una tercera modalidad de la presente invención;

65 La Figura 14B muestra una vista inferior de la antena mostrada en la Figura 14A;

La Figura 15 muestra un diagrama de circuito que ilustra el conjunto de circuitos de equilibrado para el elemento no resonante en la antena de las Figuras 14A y 14B;

La Figura 16 muestra un diagrama de circuito que ilustra el conjunto de circuitos de equilibrado para la antena balanceada en la antena de las Figuras 14A y 14B;

5 La Figura 17 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 14A y 14B, cuando funciona en Modo 1 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^1$  y  $M_2^1$  y se cambian los condensadores variables);

La Figura 18 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 14A y 14B, cuando funciona en modo 2 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^2$  y  $M_2^2$ ) y cuando funciona en

10 modo 3 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^3$  y  $M_2^3$ );

La Figura 19 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 14A y 14B, cuando funciona en modo 4 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^4$  y  $M_2^4$ );

La Figura 20 muestra una vista en perspectiva lateral superior de una antena de acuerdo con una cuarta modalidad de la presente invención, en donde el sustrato es de forma triangular-rectangular;

15 La Figura 21 muestra una vista en perspectiva lateral superior parcial de una antena similar a la mostrada en la Figura 20 pero en donde la antena balanceada comprende un dipolo impreso;

La Figura 22 muestra una vista en perspectiva lateral superior parcial de una antena similar a la mostrada en la Figura 20 pero en donde la antena balanceada comprende un dipolo impreso en forma de L;

20 La Figura 23 muestra una vista en perspectiva lateral superior parcial de una antena similar a la mostrada en la Figura 20 pero en donde la antena balanceada se proporciona alrededor del exterior del sustrato;

La Figura 24A muestra una vista en perspectiva lateral superior de una antena similar a la mostrada en la Figura 8A;

La Figura 24B muestra una vista en perspectiva lateral superior de una antena similar a la mostrada en la Figura 24A pero con un elemento de antena no balanceada más estrecho; y

25 La Figura 24C muestra una vista en perspectiva lateral superior de una antena similar a la mostrada en la Figura 24A pero con un elemento de antena no balanceada más amplio.

#### Descripción detallada de ciertas modalidades

30 Con referencia a las Figuras 1A, 1B y 1C se muestra una antena 10 de acuerdo con una primera modalidad de la presente invención, proporcionada sobre un sustrato de PCB de soporte plano sustancialmente triangular 12. La antena 10 comprende una antena balanceada 14 montada sobre una primera superficie 16 de la PCB triangular 12 y una antena no balanceada 18 en forma de un elemento no resonante montada sobre un segundo sustrato de la PCB 20, que se extiende sustancialmente de manera perpendicular desde la primera superficie 16 de la PCB triangular 12. Tanto la antena balanceada 14 como la antena no balanceada 18 se localizan hacia el mismo extremo 22 de la PCB triangular 12.

35 El extremo 22 de la PCB triangular 12 constituye una base del sustrato triangular, que comprende además un eje central de simetría 24 y dos lados 26 que son sustancialmente iguales en longitud. La segunda PCB 20 se localiza a lo largo del eje central 24 en forma de un cuarto de elipse que tiene una superficie superior curvada 28 y una superficie de extremo perpendicular 30, que se localiza hacia la base 22.

40 La antena no balanceada 18 se constituye por un grabado plano sustancialmente rectangular 32 adyacente al extremo perpendicular 30 de la segunda PCB 20. Un plano base 34 se proporciona en el resto de la segunda PCB 20, separado del grabado plano rectangular 32 por un espacio 36. Aunque no se muestra, la antena no balanceada 18 se proporciona con una línea de alimentación en el punto de alimentación 38 que se localiza adyacente a la PCB triangular 12, en la parte inferior del grabado plano rectangular 32 y en el punto que está más alejado del extremo 22. Durante el uso, la antena no balanceada 18 funcionará como una antena primaria para funciones de transmitir y recibir.

45 La antena balanceada 14 comprende dos brazos en forma de L planos simétricamente orientados hacia dentro 40 que se ajustan generalmente a la forma exterior de la PCB triangular 12, que se extiende a lo largo del extremo 22 desde su centro y parcialmente a lo largo de cada lado 26. En consecuencia, cada brazo 40 tiene un ángulo interno de menos de 90 grados. Como mejor se ilustra en la Figura 1C, los brazos en forma de L 40 se montan por encima de y paralelos al plano de la PCB triangular 12 y el área de la PCB triangular 12 que está directamente por debajo de los brazos 40 se corta para mejorar el rendimiento. Así, aunque no se muestra, cada brazo 40 se monta en la práctica sobre un soporte que se conecta a la PCB triangular 12.

50 Cada brazo 40 comprende además los elementos ortogonales 42 que dependen de un borde exterior de cada brazo en forma de L 40 para formar los soportes en forma de L. Notablemente, los elementos ortogonales 42 y los brazos 40 no se encuentran en el centro del extremo 22 pero definen un espacio 44 entre estos. Se proporcionan dos líneas de alimentación 46 (que se extienden desde una segunda superficie 48 de la PCB triangular 12) hacia el centro de la antena balanceada 14, una en cada lado del espacio 44, para alimentar respectivamente cada brazo 40. La segunda superficie 48 también se proporciona en un plano base rectangular 49 para la antena balanceada 14, que se localiza en el centro a lo largo del extremo 22. Durante el uso, la antena balanceada 14 funcionará como una antena secundaria para las funciones MIMO.

Como se ilustra, la antena 10 es de 100 mm de largo, 50 mm de ancho y 45 mm de alto y su configuración se acomodará fácilmente en un alojamiento de antena de aleta de tiburón para el montaje en el techo de un vehículo.

5 La Figura 2 muestra un diagrama de bloques de los circuitos asociados con la antena 10. En consecuencia, puede observarse que el elemento no resonante de la antena no balanceada 18 se alimenta a través del Puerto 1 mediante un circuito de equilibrado 50 y la antena balanceada 14 se alimenta a través del Puerto 2 mediante un circuito de equilibrado 52. Como se explicará a continuación, los circuitos de equilibrado externos 50, 52 se necesitan para alcanzar un intervalo de frecuencia de funcionamiento amplio.

10 La Figura 3 muestra un diagrama de circuito que ilustra el circuito de equilibrado 50 para el elemento no resonante 18. En esta modalidad, el circuito de equilibrado 50 comprende tres circuitos de equilibrado alternativos señalados  $M_1^1$ ,  $M_2^1$  y  $M_3^1$  que pueden seleccionarse individualmente para proporcionar tres diferentes modos de funcionamiento (Modo 1, Modo 2 y Modo 3, respectivamente). Por consiguiente, cada circuito de equilibrado  $M_1^1$ ,  $M_2^1$  y  $M_3^1$  puede seleccionarse por los conmutadores mediante un sistema de control (no se muestra) de manera que el Puerto 1 se conecta al elemento no resonante 18 mediante el circuito de equilibrado deseado para dar el modo de funcionamiento requerido. En la modalidad mostrada, el circuito de equilibrado  $M_1^1$  se selecciona y el elemento no resonante 18 se configura para el funcionamiento en Modo 1.

20 El circuito de equilibrado  $M_1^1$  comprende un primer inductor  $L_{11}^1$  conectado en paralelo a un condensador variable  $C_{11}^1$  que, a su vez, se conecta a un segundo inductor  $L_{12}^1$ . El circuito de equilibrado  $M_2^1$  comprende un primer condensador  $C_{11}^2$  conectado en paralelo a un primer inductor  $L_{12}^2$ , que se conecta entonces en paralelo a un segundo condensador  $C_{12}^2$  y en serie a un tercer condensador  $C_{13}^2$ . El circuito de equilibrado  $M_3^1$  comprende un primer condensador  $C_{11}^3$  conectado en paralelo a un primer inductor  $L_{11}^3$ , que se conecta entonces en paralelo a un segundo condensador  $C_{12}^3$  y en serie a un tercer condensador  $C_{13}^3$ .

30 La Figura 4 muestra un diagrama de circuito que ilustra el conjunto de circuitos de equilibrado 52 para la antena balanceada 14. En esta modalidad, el circuito de equilibrado 52 comprende tres circuitos de equilibrado alternativos señalados  $M_1^2$ ,  $M_2^2$  y  $M_3^2$  que también pueden seleccionarse individualmente para proporcionar tres diferentes modos de funcionamiento (Modo 1, Modo 2 y Modo 3, respectivamente). Por consiguiente, cada circuito de equilibrado  $M_1^2$ ,  $M_2^2$  y  $M_3^2$  puede seleccionarse por los conmutadores mediante un sistema de control (no se muestra) de manera que el Puerto 2 se conecta a la antena balanceada 14 mediante el circuito de equilibrado deseado para dar el modo de funcionamiento requerido. En la modalidad mostrada, el circuito de equilibrado  $M_1^2$  se selecciona y la antena balanceada 14 se configura para el funcionamiento en Modo 1.

35 El circuito de equilibrado  $M_1^2$  comprende un divisor  $S_2^1$  que divide la señal del Puerto 2 en una primera rama y una segunda rama. La primera rama comprende un primer condensador  $C_{21}^1$  conectado en paralelo a un primer inductor  $L_{21}^1$  y en serie a un segundo condensador (variable)  $C_{22}^1$  y un segundo inductor  $L_{22}^1$ . La segunda rama comprende un tercer inductor  $L_{23}^1$  conectado en paralelo a un cuarto inductor  $L_{24}^1$  y en serie a un tercer condensador (variable)  $C_{23}^1$  y un quinto inductor  $L_{25}^1$ .

40 El circuito de equilibrado  $M_2^2$  comprende un divisor  $S_2^2$  que divide la señal del Puerto 2 en una primera rama y una segunda rama. La primera rama comprende un primer inductor  $L_{21}^2$  conectado en paralelo a un primer condensador  $C_{21}^2$  y en serie a un segundo condensador  $C_{22}^2$ . La segunda rama comprende un tercer condensador en serie  $C_{23}^2$ .

45 El circuito de equilibrado  $M_3^2$  comprende un divisor  $S_2^3$  que divide la señal del Puerto 2 en una primera rama y una segunda rama. La primera rama comprende un primer inductor en serie  $L_{21}^3$  conectado en paralelo a un primer conductor  $C_{21}^3$  y en serie a un segundo inductor  $L_{22}^3$ . La segunda rama comprende un segundo condensador  $C_{22}^3$  conectado en paralelo a un tercer conductor  $C_{23}^3$  y en serie a un tercer inductor  $L_{23}^3$ .

50 En resumen, hay un condensador variable en el circuito de equilibrado  $M_1^1$  y dos condensadores variables en el circuito de equilibrado  $M_1^2$ . Estos condensadores variables pueden comprender varios condensadores fijos con conmutadores, varactores, condensadores MEM o similares.

55 Los circuitos de equilibrado de las Figuras 3 y 4 se diseñan para cubrir tres bandas de frecuencia LTE (es decir 698 MHz a 960 MHz, 1710 MHz a 2170 MHz y 2300 MHz a 2690 MHz) así como también otros intervalos de frecuencia comunes requeridos. Más específicamente, cuando funciona en Modo 1 (es decir se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^1$  y  $M_1^2$ ), el Puerto 1 y el Puerto 2 pueden cubrir la banda baja de LTE que es desde 698 MHz a 960 MHz. Cuando funciona en modo 2 (es decir se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_2^1$  y  $M_2^2$ ), el Puerto 1 y el Puerto 2

pueden cubrir la banda media de LTE que es desde 1710 MHz a 2170 MHz más UMTS2100. Cuando funciona en modo 3 (es decir se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^3$  y  $M_2^3$ ), el Puerto 1 puede cubrir la banda alta de LTE 2300 MHz a 2690 MHz, WiFi y Bluetooth mientras que el Puerto 2 puede cubrir la mayor parte de la banda alta de LTE 2500 MHz a 2690 MHz. Se debe entender que otras bandas de frecuencia pueden cubrirse mediante la inclusión de los circuitos de equilibrado adicionales que se seleccionan por los conmutadores para proporcionar modos adicionales de funcionamiento.

La Figura 5 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 1A a la 4, cuando funciona en Modo 1 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^1$  y  $M_2^1$ ) y se cambian los condensadores variables. En consecuencia, mediante la variación del valor del condensador, es posible sintonizar las frecuencias resonantes del Puerto 1 y el Puerto 2 para cubrir la banda baja de LTE entre aproximadamente 698 MHz y 960 MHz con un aislamiento de al menos 32 dB sobre la banda de funcionamiento.

La Figura 6 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 1A a la 4, cuando funciona en modo 2 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^2$  y  $M_2^2$ ). En consecuencia, es posible cubrir las frecuencias entre aproximadamente 1710 MHz y 2170 MHz con el Puerto 1 mientras que el Puerto 2 funciona desde 1805 MHz a 2170 MHz, con un aislamiento de al menos 20 dB sobre estas bandas de funcionamiento.

La Figura 7 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 1A a la 4, cuando funciona en modo 3 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^3$  y  $M_2^3$ ). En consecuencia, es posible cubrir las frecuencias entre aproximadamente 2300 MHz y 2690 MHz con un aislamiento de al menos 20 dB sobre la banda de funcionamiento.

Se debe señalar que no hay circuito de sintonización para los modos 2 y 3, por lo tanto no hay necesidad de usar los condensadores variables, ya que los circuitos de equilibrado con componentes fijos pueden cubrir las bandas de frecuencias requeridas.

Las Figuras 8A y 8B muestran una antena 60 de acuerdo con una segunda modalidad de la presente invención. La antena 60 es sustancialmente similar a la mostrada en las Figuras 1A a la 1C excepto por la estructura de la antena no balanceada 62. Más específicamente, la antena no balanceada 62, que funciona como la antena primaria, comprende una placa de cobre rectangular no resonante 64 (40 mm de alto y 20 mm de ancho) que se monta de manera perpendicular a la PCB triangular 12, pero sin la segunda PCB de la primera modalidad. La placa 64 se localiza en el eje central 24 hacia el extremo 22 de la PCB triangular 12. Aunque no se muestra, la antena no balanceada 62 se proporciona con una línea de alimentación en el punto de alimentación 66 que se localiza adyacente a la PCB triangular 12, en la parte superior de la placa 64 y en el punto que está más cerca del extremo 22. Un plano base 68 se proporciona en la segunda superficie opuesta 48 de la PCB triangular 12 y se extiende desde una punta 70 (opuesta al extremo 22) de la PCB triangular 12 hasta tan lejos como una línea transversal 72 que está en línea con el extremo de la placa 64 que está más cerca del extremo 22. La línea de alimentación de la antena no balanceada 62 conecta el punto de alimentación 66 al plano base 68 en el centro de la antena balanceada 14. Una ventaja de esta estructura particular con respecto a las Figuras 1A a la 1C, es que existe más disponibilidad de espacio en la PCB triangular 12 para otras posibles antenas (por ejemplo, que pueden tener polarización circular) y/o cualquiera de otros dispositivos o componentes (por ejemplo, para los circuitos de equilibrado asociados para la antenas).

El conjunto de circuitos mostrado en la Figura 2 también se emplea en relación con la antena 60.

La Figura 9 muestra un diagrama de circuito que ilustra un circuito de equilibrado 80 para el elemento no resonante 62 de las Figuras 8A y 8B. En esta modalidad, el circuito de equilibrado 80 comprende solamente dos circuitos de equilibrado alternativos señalados  $M_1^1$  y  $M_1^2$ , que pueden seleccionarse individualmente para proporcionar dos diferentes modos de funcionamiento (Modo 1 y Modo 2, respectivamente). Por consiguiente, cada circuito de equilibrado  $M_1^1$  y  $M_1^2$  puede seleccionarse por los conmutadores mediante un sistema de control (no se muestra) de manera que el Puerto 1 se conecta al elemento no resonante 62 mediante el circuito de equilibrado deseado para dar el modo de funcionamiento requerido. En la modalidad mostrada, el circuito de equilibrado  $M_1^1$  se selecciona y el elemento no resonante 62 se configura para el funcionamiento en Modo 1.

El circuito de equilibrado  $M_1^1$  comprende un primer inductor  $L_{11}^1$  conectado en paralelo a un condensador variable  $C_{11}^1$  que, a su vez, se conecta a un segundo inductor  $L_{12}^1$ . El circuito de equilibrado  $M_1^2$  comprende un primer condensador  $C_{11}^2$  conectado en paralelo a un primer inductor  $L_{11}^2$ , que se conecta entonces en paralelo a un segundo condensador  $C_{12}^2$  y en serie a un segundo inductor  $L_{12}^2$ .

La Figura 10 muestra un diagrama de circuito que ilustra un conjunto de circuitos de equilibrado 82 para la antena balanceada 14 de las Figuras 8A y 8B. En esta modalidad, el circuito de equilibrado 82 comprende tres circuitos de equilibrado alternativos señalados  $M_1^1$ ,  $M_2^2$  y  $M_2^3$ , que también pueden seleccionarse individualmente para proporcionar

tres diferentes modos de funcionamiento (Modo 1, Modo 2 y Modo 3, respectivamente). Por consiguiente, cada circuito de equilibrado  $M_1^1$ ,  $M_2^2$  y  $M_2^3$ , puede seleccionarse por los conmutadores mediante un sistema de control (no se muestra) de manera que el Puerto 2 se conecta a la antena balanceada 14 mediante el circuito de equilibrado deseado para dar el modo de funcionamiento requerido. En la modalidad mostrada, el circuito de equilibrado

5  $M_2^1$  se selecciona y la antena balanceada 14 se configura para el funcionamiento en Modo 1.

El circuito de equilibrado  $M_2^1$  comprende un divisor  $S_2^1$  que divide la señal del Puerto 2 en una primera rama y una segunda rama. La primera rama comprende un primer condensador  $C_{21}^1$  conectado en paralelo a un primer inductor  $L_{21}^1$  y en serie a un segundo condensador (variable)  $C_{22}^1$  y un segundo inductor  $L_{22}^1$ . La segunda rama comprende un tercer inductor en serie  $L_{23}^1$  conectado en paralelo a un cuarto inductor  $L_{24}^1$  y en serie a un tercer condensador (variable)  $C_{23}^1$  y un quinto inductor  $L_{25}^1$ .

10

El circuito de equilibrado  $M_2^2$  comprende un divisor  $S_2^2$  que divide la señal del Puerto 2 en una primera rama y una segunda rama. La primera rama comprende un primer condensador  $C_{21}^2$  conectado en paralelo a un segundo condensador  $C_{22}^2$  y en serie a un tercer condensador  $C_{23}^2$ . La segunda rama comprende un primer inductor en serie  $L_{21}^2$  conectado en paralelo a un cuarto condensador  $C_{24}^2$  y en serie a un quinto condensador  $C_{25}^2$ .

15

El circuito de equilibrado  $M_2^3$  comprende un divisor  $S_2^3$  que divide la señal del Puerto 2 en una primera rama y una segunda rama. La primera rama comprende un primer inductor en serie  $L_{21}^3$  conectado en paralelo a un primer conductor  $C_{21}^3$  y en serie a un segundo inductor  $L_{22}^3$ . La segunda rama comprende un segundo condensador  $C_{22}^3$  conectado en paralelo a un tercer inductor  $L_{23}^3$  y en serie a un cuarto inductor  $L_{24}^3$ .

20

En resumen, hay un condensador variable en el circuito de equilibrado  $M_1^1$  y dos condensadores variables en el circuito de equilibrado  $M_2^1$ . Estos condensadores variables pueden comprender varios condensadores fijos con conmutadores, varactores, condensadores MEM o similares.

25

Los circuitos de equilibrado de las Figuras 9 y 10 se diseñan para cubrir un intervalo de diferentes bandas de frecuencia. Más específicamente, cuando ambos circuitos se hacen funcionar en Modo 1 (es decir se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^1$  y  $M_2^1$ ), el Puerto 1 y el Puerto 2 pueden cubrir la banda baja de LTE que es desde 698 MHz a 960 MHz. Cuando ambos circuitos se hacen funcionar en Modo 2 (es decir se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^2$  y  $M_2^2$ ), el Puerto 1 puede funcionar desde 1280 MHz a más de 3000 MHz y el Puerto 2 puede funcionar desde 1805 MHz a 2170 MHz. Cuando el elemento no resonante 62 se hace funcionar en Modo 2 y la antena balanceada se hace funcionar en modo 3 (es decir se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^3$  y  $M_2^3$ ), el Puerto 1 puede funcionar desde 1280 MHz a más de 3000 MHz mientras que el Puerto 2 puede cubrir la banda alta de LTE 2300 MHz a 2690 MHz. Se debe entender que otras bandas de frecuencia pueden cubrirse mediante la inclusión de los circuitos de equilibrado adicionales que se seleccionan por los conmutadores para proporcionar modos adicionales de funcionamiento.

30

35

La Figura 11 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 8A y 8B cuando ambas antenas se hacen funcionar en Modo 1 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^1$  y  $M_2^1$ ) y se cambian los condensadores variables. En consecuencia, mediante la variación del valor del condensador, es posible sintonizar las frecuencias resonantes del Puerto 1 y el Puerto 2 para cubrir la banda baja de LTE entre aproximadamente 698 MHz y 960 MHz con un aislamiento de al menos 43 dB sobre la banda de funcionamiento.

40

La Figura 12 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 8A y 8B, cuando ambas antenas se hacen funcionar en Modo 2 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^2$  y  $M_2^2$ ). En consecuencia, es posible que el Puerto 1 cubra las frecuencias de aproximadamente 1280 MHz a más de 3000 MHz mientras que el Puerto 2 funciona desde 1805 MHz a 2170 MHz, con un aislamiento de al menos 23 dB sobre estas bandas de funcionamiento.

45

La Figura 13 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 8A y 8B, cuando el elemento no resonante 62 se hace funcionar en Modo 2 y la antena balanceada se hace funcionar en Modo 3 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^3$  y  $M_2^3$ ). En consecuencia, es posible que el Puerto 1 cubra las frecuencias de aproximadamente 1280 MHz a más de 3000 MHz mientras que el Puerto 2 funciona desde 2300 MHz a 2690 MHz, con un aislamiento de al menos 21 dB sobre estas bandas de funcionamiento.

50

Se debe señalar que no hay circuito de sintonización para los Modos 2 y 3, por lo tanto no hay necesidad de usar los condensadores variables, ya que los circuitos de equilibrado con componentes fijos pueden cubrir las bandas de frecuencias requeridas.

55

Las Figuras 14A y 14B muestran una antena 90 de acuerdo con una tercera modalidad de la presente invención. La antena 90 es sustancialmente similar a la mostrada en las Figuras 8A y 8B excepto por la estructura de la antena no balanceada 92. Más específicamente, el elemento no resonante 94, que funciona como la antena primaria, se graba en la segunda superficie 48 de la PCB triangular 12 en el área encerrada por la antena balanceada 14. En consecuencia, el plano base 68 solamente se extiende hasta tan lejos como la antena balanceada 14 y se proporciona un espacio 96 entre el plano base 68 y el elemento no resonante 94. En esta modalidad, las líneas de alimentación 46 para la antena balanceada 14 se extienden en el centro a lo largo de la primera superficie 16 de la PCB triangular 12 antes de conectarse al plano base 68 por debajo. En consecuencia, los puntos de alimentación de cada una de la antena balanceada 14 y la antena no balanceada 90 están cerca. Sin embargo, puede alcanzarse un alto aislamiento al asegurarse de que la antena balanceada 14 y la antena no balanceada 90 tienen una diferencia de fase máxima de 90 grados en la orientación de la polarización.

Las dimensiones para la antena 90 son: 100 mm de largo, 50 mm de ancho y solamente 4 mm de alto. Por lo tanto, una ventaja de esta estructura particular con respecto a las Figuras 1A a la 1C y 8A y 8B, es que ambas antenas están "acostadas" (es decir ambas son paralelas al plano de la PCB triangular 12) y por lo tanto esta configuración puede acomodarse fácilmente en un pequeño dispositivo montado en el techo del automóvil que requiere mucha menos altura.

El conjunto de circuitos mostrado en la Figura 2 también se emplea en relación con la antena 90.

La Figura 15 muestra un diagrama de circuito que ilustra un circuito de equilibrado 100 para el elemento no resonante 94 de las Figuras 14A y 14B. En esta modalidad, el circuito de equilibrado 100 comprende tres circuitos de equilibrado alternativos señalados  $M_1^1$ ,  $M_1^2$  y  $M_1^3$ , que pueden seleccionarse individualmente para proporcionar tres diferentes modos de funcionamiento (Modo 1, Modo 2 y Modo 3, respectivamente). Por consiguiente, cada circuito de equilibrado  $M_1^1$ ,  $M_1^2$  y  $M_1^3$ , puede seleccionarse por los conmutadores mediante un sistema de control (no se muestra) de manera que el Puerto 1 se conecta al elemento no resonante 94 mediante el circuito de equilibrado deseado para dar el modo de funcionamiento requerido. En la modalidad mostrada, el circuito de equilibrado  $M_1^1$  se selecciona y el elemento no resonante 94 se configura para el funcionamiento en Modo 1.

El circuito de equilibrado  $M_1^1$  comprende un primer inductor  $L_{11}^1$  conectado en paralelo a un condensador variable  $C_{11}^1$  que, a su vez, se conecta en serie a un segundo inductor  $L_{12}^1$ . El circuito de equilibrado  $M_1^2$  comprende un primer condensador  $C_{11}^2$  conectado en paralelo a un primer inductor  $L_{11}^2$ , que se conecta entonces en paralelo a un segundo inductor  $L_{12}^2$  y en serie a un tercer inductor  $L_{13}^2$ , que está el mismo conectado en paralelo a un segundo condensador  $C_{12}^2$ . El circuito de equilibrado  $M_1^3$  comprende un primer condensador  $C_{11}^3$  conectado en paralelo a un primer inductor  $L_{11}^3$ , que se conecta entonces en paralelo a un segundo condensador  $C_{12}^3$  y en serie a un segundo inductor  $L_{12}^3$ .

La Figura 16 muestra un diagrama de circuito que ilustra un conjunto de circuitos de equilibrado 102 para la antena balanceada 14 de las Figuras 14A y 14B. En esta modalidad, el circuito de equilibrado 102 comprende cuatro circuitos de equilibrado alternativos señalados  $M_2^1$ ,  $M_2^2$ ,  $M_2^3$  y  $M_2^4$ , que también pueden seleccionarse individualmente para proporcionar cuatro diferentes modos de funcionamiento (Modo 1, Modo 2, Modo 3 y Modo 4, respectivamente). Por consiguiente, cada circuito de equilibrado  $M_2^1$ ,  $M_2^2$ ,  $M_2^3$  y  $M_2^4$  puede seleccionarse por los conmutadores mediante un sistema de control (no se muestra) de manera que el Puerto 2 se conecta a la antena balanceada 14 mediante el circuito de equilibrado deseado para dar el modo de funcionamiento requerido. En la modalidad mostrada, el circuito de equilibrado  $M_2^1$  se selecciona y la antena balanceada 14 se configura para el funcionamiento en Modo 1.

El circuito de equilibrado  $M_2^1$  comprende un divisor  $S_2^1$  que divide la señal del Puerto 2 en una primera rama y una segunda rama. La primera rama comprende un primer condensador  $C_{21}^1$  conectado en paralelo a un primer inductor  $L_{21}^1$  y en serie a un segundo condensador (variable)  $C_{22}^1$  y un segundo inductor  $L_{22}^1$ . La segunda rama comprende un tercer inductor  $L_{23}^1$  conectado en paralelo a un cuarto inductor  $L_{24}^1$  y en serie a un tercer condensador (variable)  $C_{23}^1$  y un quinto inductor  $L_{25}^1$ .

El circuito de equilibrado  $M_2^2$  comprende un divisor  $S_2^2$  que divide la señal del Puerto 2 en una primera rama y una segunda rama. La primera rama comprende un primer condensador  $C_{21}^2$  conectado en paralelo a un primer inductor  $L_{21}^2$  y en serie a un segundo condensador  $C_{22}^2$ . La segunda rama comprende un segundo inductor en serie  $L_{22}^2$  conectado en paralelo a un tercer condensador  $C_{23}^2$  y en serie a un cuarto condensador  $C_{24}^2$ .

El circuito de equilibrado  $M_2^3$  comprende un divisor  $S_2^3$  que divide la señal del Puerto 2 en una primera rama y una segunda rama. La primera rama comprende un primer inductor en serie  $L_{21}^3$  conectado en paralelo a un primer conductor  $C_{21}^3$  y en serie a un segundo inductor  $L_{22}^3$ , que se conecta entonces en paralelo a un segundo conductor

$C_{22}^3$ . La segunda rama comprende un tercer condensador  $C_{23}^3$  conectado en paralelo a un tercer inductor  $L_{23}^3$  y en serie a un cuarto inductor  $L_{24}^3$  que se conecta entonces en paralelo a un cuarto condensador  $C_{24}^3$ .

El circuito de equilibrado  $M_2^4$  comprende un divisor  $S_2^4$  que divide la señal del Puerto 2 en una primera rama y una segunda rama. La primera rama comprende un primer conductor en serie  $C_{21}^4$  conectado en paralelo a un primer inductor  $L_{21}^4$  y en serie a un segundo condensador  $C_{22}^4$ . La segunda rama comprende un segundo inductor  $L_{22}^4$  conectado en paralelo a un tercer condensador  $C_{23}^4$  y en serie a un cuarto condensador  $C_{24}^4$ .

En resumen, hay un condensador variable en el circuito de equilibrado  $M_1^1$  y dos condensadores variables en el circuito de equilibrado  $M_2^1$ . Estos condensadores variables pueden comprender varios condensadores fijos con conmutadores, varactores, condensadores MEM o similares.

Los circuitos de equilibrado de las Figuras 15 y 16 se diseñan para cubrir un intervalo de diferentes bandas de frecuencia. Más específicamente, cuando ambas antenas se hacen funcionar en Modo 1 (es decir se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^1$  y  $M_2^1$ ), el Puerto 1 y el Puerto 2 pueden cubrir la banda baja de LTE que es desde 698 MHz a 960 MHz. Cuando ambas antenas se hacen funcionar en modo 2 (es decir se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^2$  y  $M_2^2$ ), el Puerto 1 puede funcionar desde 1249 MHz a 2170 MHz y el Puerto 2 puede funcionar desde 1790 MHz a 1935 MHz. Cuando el elemento no resonante 94 se hace funcionar en modo 2 y la antena balanceada 14 se hace funcionar en modo 3 (es decir se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^3$  y  $M_2^3$ ), el Puerto 1 puede funcionar desde 1249 MHz a 2170 MHz mientras que el Puerto 2 puede cubrir desde 1970 MHz a 2170 MHz. Cuando el elemento no resonante 94 se hace funcionar en Modo 3 y la antena balanceada 14 se hace funcionar en Modo 4 (es decir se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^4$  y  $M_2^4$ ), el Puerto 1 puede funcionar desde 2300 MHz a 2690 MHz mientras que el Puerto 2 puede cubrir desde 2500 MHz a 2690 MHz. Se debe entender que otras bandas de frecuencia pueden cubrirse mediante la inclusión de los circuitos de equilibrado adicionales que se seleccionan por los conmutadores para proporcionar modos adicionales de funcionamiento.

La Figura 17 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 14A y 14B cuando ambas antenas se hacen funcionar en Modo 1 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^1$  y  $M_2^1$ ) y se cambian los condensadores variables. En consecuencia, mediante la variación del valor del condensador, es posible sintonizar las frecuencias resonantes del Puerto 1 y el Puerto 2 para cubrir la banda baja de LTE entre aproximadamente 698 MHz y 960 MHz con un aislamiento de al menos 34 dB sobre la banda de funcionamiento.

La Figura 18 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 14A y 14B, cuando el elemento no resonante 62 se hace funcionar en Modo 2 y cuando la antena balanceada se hace funcionar o bien en Modo 2 o Modo 3 (es decir cuando circuito de equilibrado  $M_1^2$  y o bien se selecciona uno de  $M_2^2$  o  $M_2^3$ ). En consecuencia, es posible que el Puerto 1 cubra las frecuencias de aproximadamente 1249 MHz a 2170 MHz mientras que el Puerto 2 o bien funciona desde 1790 MHz a 1935 MHz (en modo 2) o 1970 MHz a 2170 MHz (en Modo 3), con un aislamiento de al menos 17 dB sobre estas bandas de funcionamiento.

La Figura 19 muestra un gráfico de pérdida de retorno contra la frecuencia para la antena de las Figuras 14A y 14B, cuando el elemento no resonante 62 se hace funcionar en Modo 3 y la antena balanceada se hace funcionar en Modo 4 (es decir cuando se seleccionan los circuitos de equilibrado  $M_1^3$  y  $M_2^3$ ). En consecuencia, es posible que el Puerto 1 cubra las frecuencias de aproximadamente 2300 MHz a 2690 MHz mientras que el Puerto 2 funciona desde 2500 MHz a 2690 MHz, con un aislamiento de al menos 21 dB sobre estas bandas de funcionamiento.

Se debe señalar que no hay circuito de sintonización para los Modos 2, 3 o 4, por lo tanto no hay necesidad de usar condensadores variables, ya que los circuitos de equilibrado con componentes fijos pueden cubrir las bandas de frecuencias requeridas.

La Figura 20 muestra una vista en perspectiva de una antena 110 de acuerdo con una cuarta modalidad de la presente invención. La antena 110 es sustancialmente similar a la mostrada en las Figuras 14A y 14B excepto que la PCB de soporte 112 comprende un elemento plano triangular 114 y un elemento plano rectangular 116. El elemento plano triangular 114 comprende una base 118, un eje central de simetría 120 y dos lados 122 que son sustancialmente iguales en longitud. El elemento plano rectangular 116 se extiende desde la base 118 al extremo 22 de la antena 110. Una antena balanceada 124, similar a la antena balanceada 14, se proporciona en el extremo 22 y se ajusta a la forma exterior del elemento plano rectangular 116, con el área bajo los brazos en forma de L 126 de la antena balanceada 124 cortada para mejorar el rendimiento. Por lo tanto, en esta modalidad, los brazos en forma de L 126 tienen, cada uno, un ángulo interno de 90 grados. Además, la antena balanceada 124 se monta al elemento plano rectangular 116 mediante soportes de espuma o similares (no se muestra).

La Figura 21 muestra una vista en perspectiva lateral superior parcial de una antena 130 similar a la mostrada en la Figura 20 (con el elemento plano triangular 114 no mostrado) pero en donde la antena balanceada 132 se constituye por

5 un dipolo impreso que tiene un corte central sustancialmente en forma de T 134 que separa cada brazo 136 del dipolo y un pequeño corte rectangular 138 en el extremo final de cada brazo 136, adyacente al borde 140 del elemento plano rectangular 116. Tampoco hay corte en el elemento plano rectangular 116. Se observará que la distancia entre la antena balanceada 132 y el elemento plano rectangular 116 afectará directamente la eficiencia de la antena 130. Por lo tanto, la antena balanceada 132 se soporta a una distancia apropiada por encima del elemento plano rectangular 116 por la espuma Rohacell™ o similares (no se muestra).

10 La Figura 22 muestra una vista en perspectiva lateral superior parcial de una antena similar a la mostrada en la Figura 20 (con el elemento plano triangular 114 no mostrado) pero en donde la antena balanceada 150 se constituye por un dipolo impreso en forma de L de manera que los brazos 152 ya no están en forma de soporte sino que en su lugar se montan por encima del elemento plano rectangular 116 mediante los soportes de espuma o similares (no se muestra).

15 La Figura 23 muestra una vista en perspectiva lateral superior parcial de una antena similar a la mostrada en la Figura 20 (con el elemento plano triangular 114 no mostrado) pero en donde la antena balanceada 160 se proporciona alrededor del exterior del elemento plano rectangular 116, las porciones de soporte 162 de cada brazo en forma de L 164 se invierten y no hay corte proporcionado en el elemento plano rectangular 116. Según las Figuras 20 a la 22, la antena balanceada 160 se monta al elemento plano rectangular 116 mediante soportes de espuma o similares (no se muestra).

20 Las Figuras 24A, 24B y 24C muestran un intervalo de diferentes tamaños y localizaciones para la placa de cobre rectangular no resonante 64 de la antena no balanceada 62 mostrada en las Figuras 8A y 8B. En la Figura 24A, una placa 170 se muestra con un ancho similar al ancho de la antena balanceada 14 pero en donde la placa 170 se posiciona en el eje central 24 de manera que solamente se encierra parcialmente por la antena balanceada 14. En la Figura 24B, una placa 180 se muestra con un ancho de aproximadamente la mitad del ancho de la antena balanceada 14 y la placa 180 se posiciona en el eje central 24 próximo al extremo 22. En la Figura 24C, una placa 190 se muestra con un ancho de aproximadamente una y media veces el ancho de la antena balanceada 14 y la placa 180 se posiciona en el eje central 24 próximo al extremo 22.

30 De acuerdo con lo anterior, las modalidades de la presente invención proporcionan una antena MIMO reconfigurable que es adecuada para el uso de una antena para vehículo montada en el techo y es capaz de cubrir múltiples servicios tales como bandas de frecuencia DVB-H, GSM710, GSM850, GSM900, GSM1800, PCS1900, GPS1575, UMTS2100, Wifi, Bluetooth, LTE, LTA y 4G.

35 Se apreciará por los expertos en la técnica que pueden hacerse diversas modificaciones a las modalidades descritas anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención. Particularmente, las características descritas en relación con una modalidad pueden incorporarse en otras modalidades también.

Reivindicaciones

1. Una antena MIMO reconfigurable (múltiples entradas múltiples salidas) que es adecuada para usar como una antena para vehículo montada en el techo y es capaz de cubrir múltiples servicios tales como bandas de frecuencia DVB-H, GSM710, GSM850, GSM900, GSM1800, PCS1900, GPS 1575, UMTS2100, Wifi, Bluetooth, LTE, LTA y 4G, dicha antena que comprende:  
5 una antena balanceada y una antena no balanceada montada en un sustrato de soporte; en donde tanto la antena balanceada como la antena no balanceada se localizan hacia el mismo extremo del sustrato; y  
10 en donde el sustrato comprende un elemento plano sustancialmente triangular.
2. La antena de acuerdo con la reivindicación 1 en donde la antena no balanceada se monta de manera que se extienda sustancialmente de manera perpendicular al elemento plano triangular.
- 15 3. La antena de acuerdo con la reivindicación 2 en donde la antena no balanceada se proporciona en un segundo sustrato que se extiende sustancialmente de manera perpendicular al elemento plano triangular cuyo segundo sustrato está en forma de un cuarto de elipse que tiene una superficie superior curvada y una superficie de extremo perpendicular, que se localiza hacia el mismo extremo del sustrato que la antena balanceada.
- 20 4. La antena de acuerdo con la reivindicación 1 en donde la antena no balanceada se monta de manera que se extienda sustancialmente paralela al elemento plano triangular.
5. La antena de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en donde el elemento plano triangular comprende una base y dos lados que son sustancialmente iguales en longitud y opcionalmente la antena balanceada y la antena no balanceada se localizan hacia la base del elemento plano triangular.  
25
6. La antena de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en donde el sustrato comprende además un elemento plano sustancialmente rectangular localizado adyacente a la base del elemento plano triangular.
- 30 7. La antena de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en donde la antena balanceada comprende dos brazos dispuestos simétricamente, cada brazo opcionalmente comprende un elemento plano en forma de L que se orienta hacia dentro.
- 35 8. La antena de acuerdo con la reivindicación 7 en donde la antena balanceada se constituye por un dipolo impreso.
9. La antena de acuerdo con la reivindicación 7 en donde los elementos en forma de L se ajustan a la forma del sustrato.
- 40 10. La antena de acuerdo con la reivindicación 7 cuando depende de la reivindicación 6, en donde la antena balanceada se proporciona sobre el elemento plano rectangular y los elementos en forma de L tienen, cada uno, un ángulo interno de 90 grados.
- 45 11. La antena de acuerdo con la reivindicación 7 en donde la antena balanceada se proporciona sobre el elemento plano triangular y los elementos en forma de L tienen, cada uno, un ángulo interno de menos de 90 grados.
12. La antena de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en donde la antena balanceada y/o la antena no balanceada son no resonantes y opcionalmente la antena no balanceada comprende un elemento no resonante que se alimenta contra un plano base y la antena balanceada se alimenta contra sí misma.  
50
13. La antena de acuerdo con cualquier reivindicación anterior que comprende además uno o más circuitos de equilibrado dispuestos para sintonizar la antena balanceada y/o la antena no balanceada a una frecuencia de funcionamiento deseada y opcionalmente se configura para cubrir una o más de: bandas de frecuencia DVB-H, GSM710, GSM850, GSM900, GSM1800, PCS1900, SDARS, GPS1575, UMTS2100, Wifi, Bluetooth, LTE, LTA y 4G.  
55
14. La antena de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en donde la antena no balanceada está en forma de soporte que tiene un primer elemento sustancialmente paralelo al sustrato y un segundo elemento sustancialmente perpendicular al sustrato.  
60
15. La antena de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en donde el sustrato tiene un plano base impreso en una primera superficie de esta y opcionalmente la antena no balanceada también se proporciona sobre la primera superficie y se separa del plano base por un espacio.
- 65 16. La antena de acuerdo con la reivindicación 13 en donde diferentes modos de funcionamiento están disponibles mediante la selección de diferentes circuitos de equilibrado para la antena balanceada y/o la antena no

balanceada y opcionalmente los conmutadores se proporcionan para seleccionar los circuitos de equilibrado deseados para un modo particular de funcionamiento.

- 5 17. La antena de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 o 16 en donde los circuitos de equilibrado asociados con la antena no balanceada se acoplan a un primer puerto de señales y los circuitos de equilibrado asociados con la antena balanceada se acoplan a un segundo puerto de señales y opcionalmente cada puerto de señales y/o cada circuito de equilibrado se asocia con una diferente polarización.
- 10 18. La antena de acuerdo con la reivindicación 17 que comprende además un sistema de control que se conecta a cada puerto y que comprende un medio de control para seleccionar un modo de funcionamiento deseado.
19. Un vehículo que comprende una antena de acuerdo con cualquier reivindicación anterior.

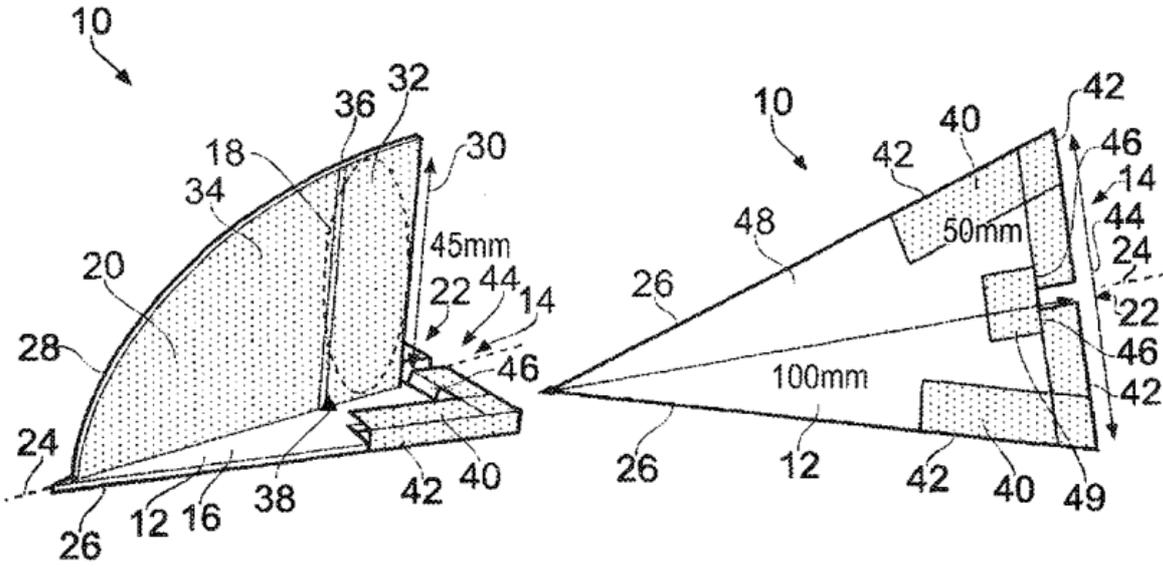


FIG. 1A

FIG. 1B

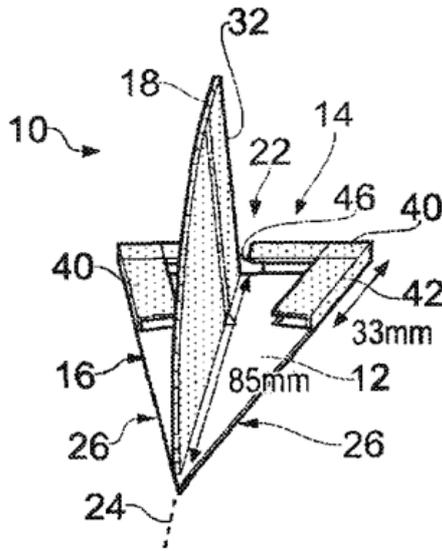


FIG. 1C

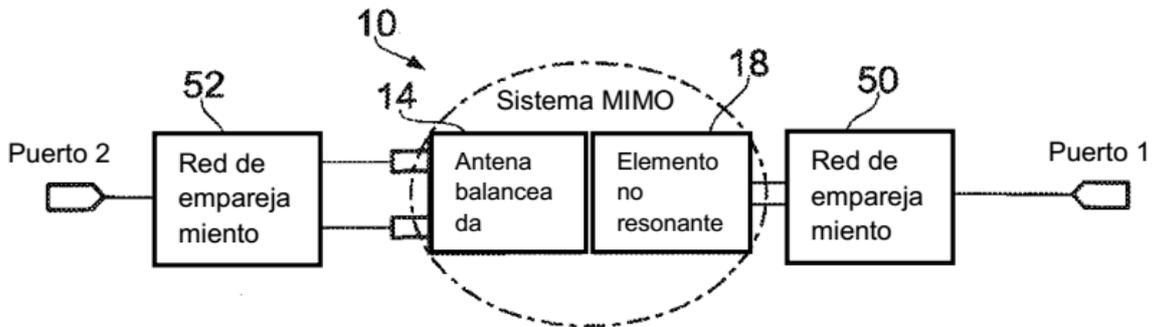


FIG. 2

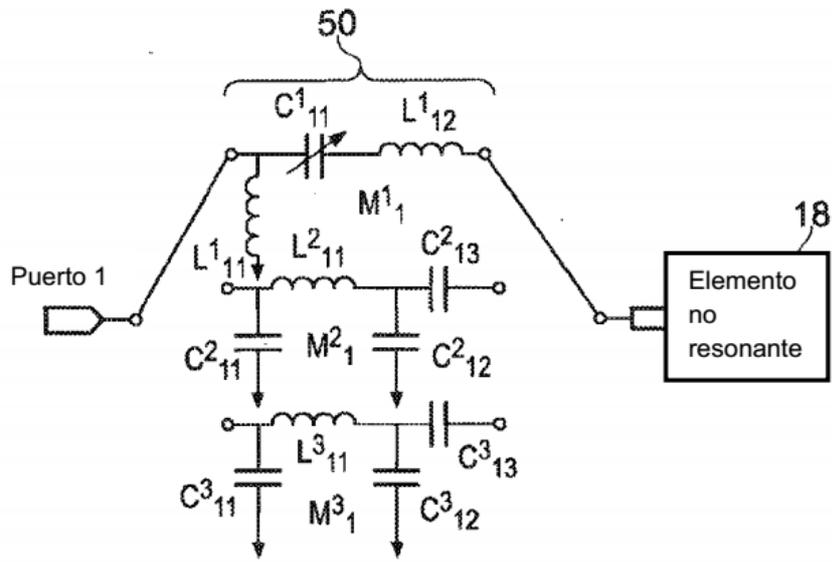


FIG. 3

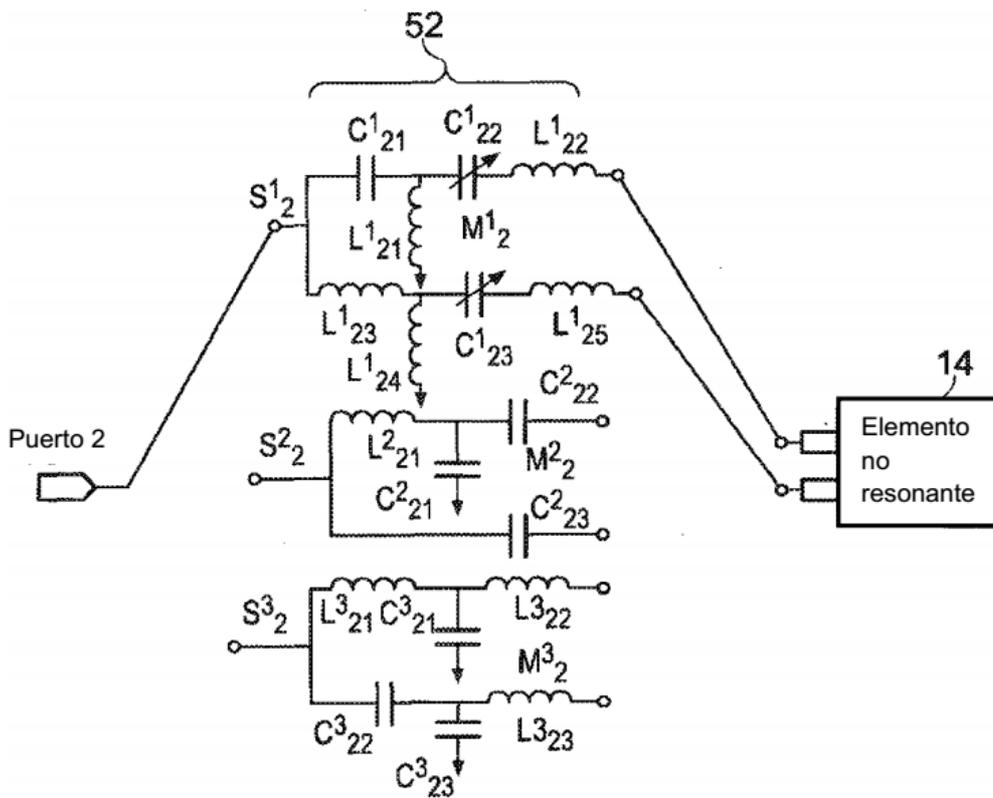


FIG. 4

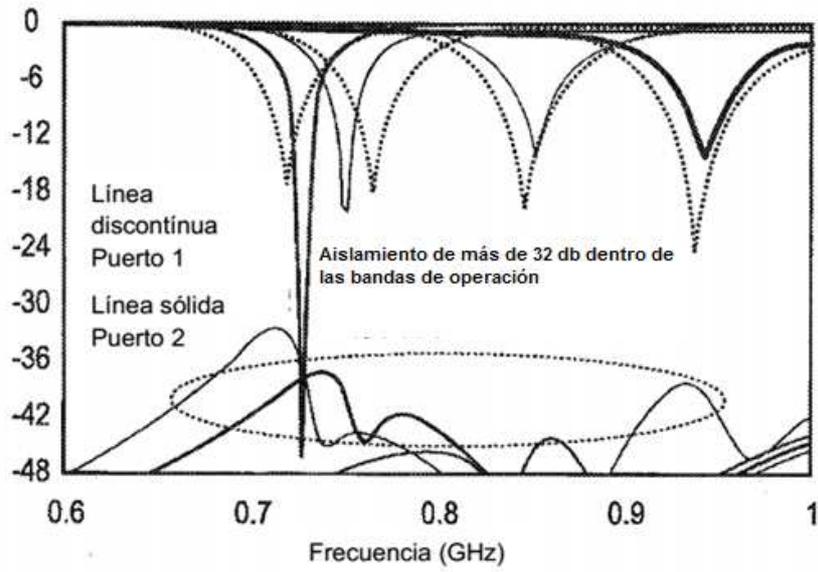


FIG. 5

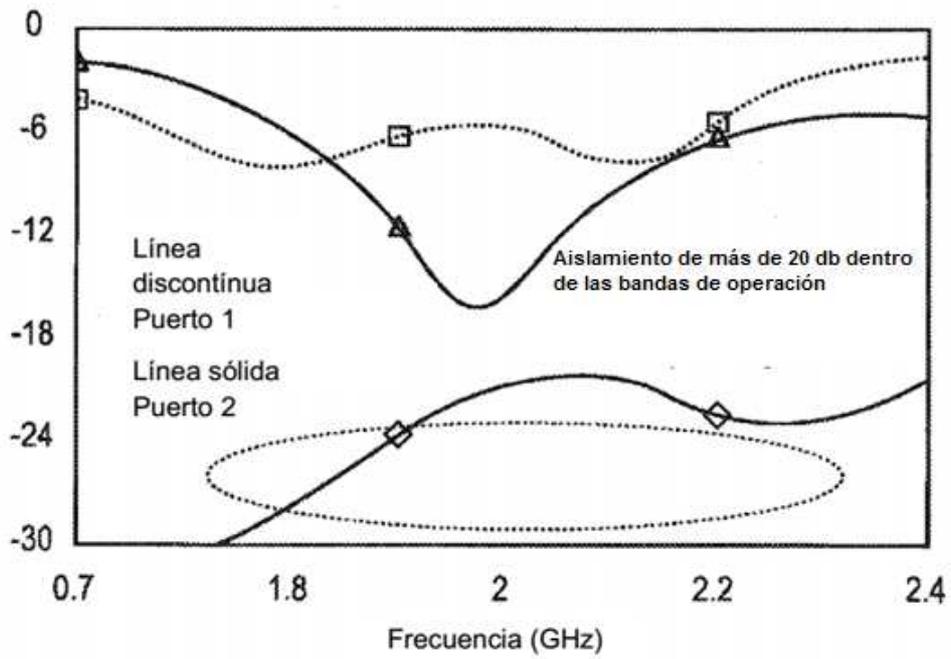


FIG. 6

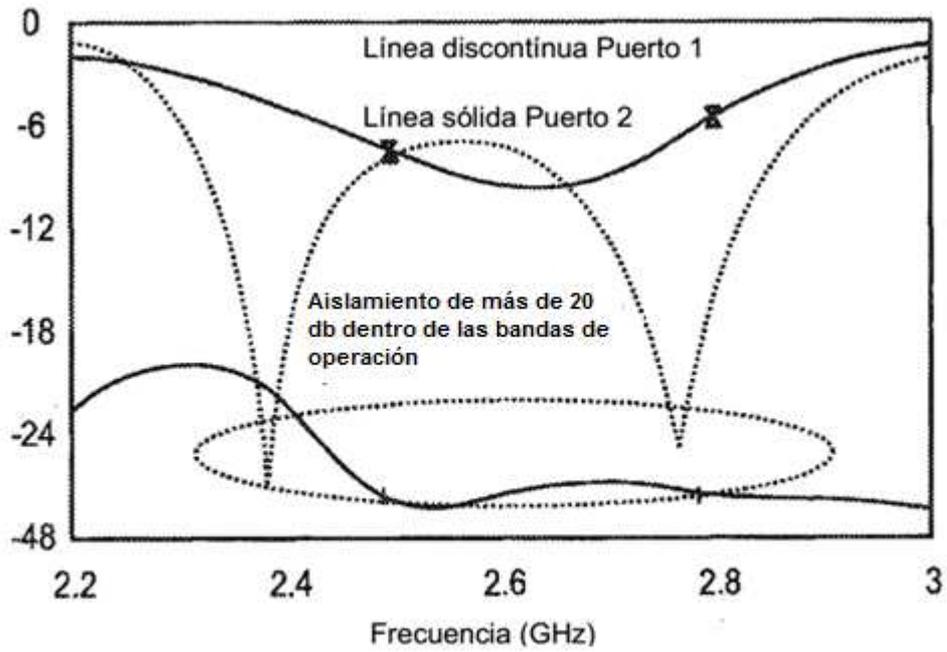


FIG. 7

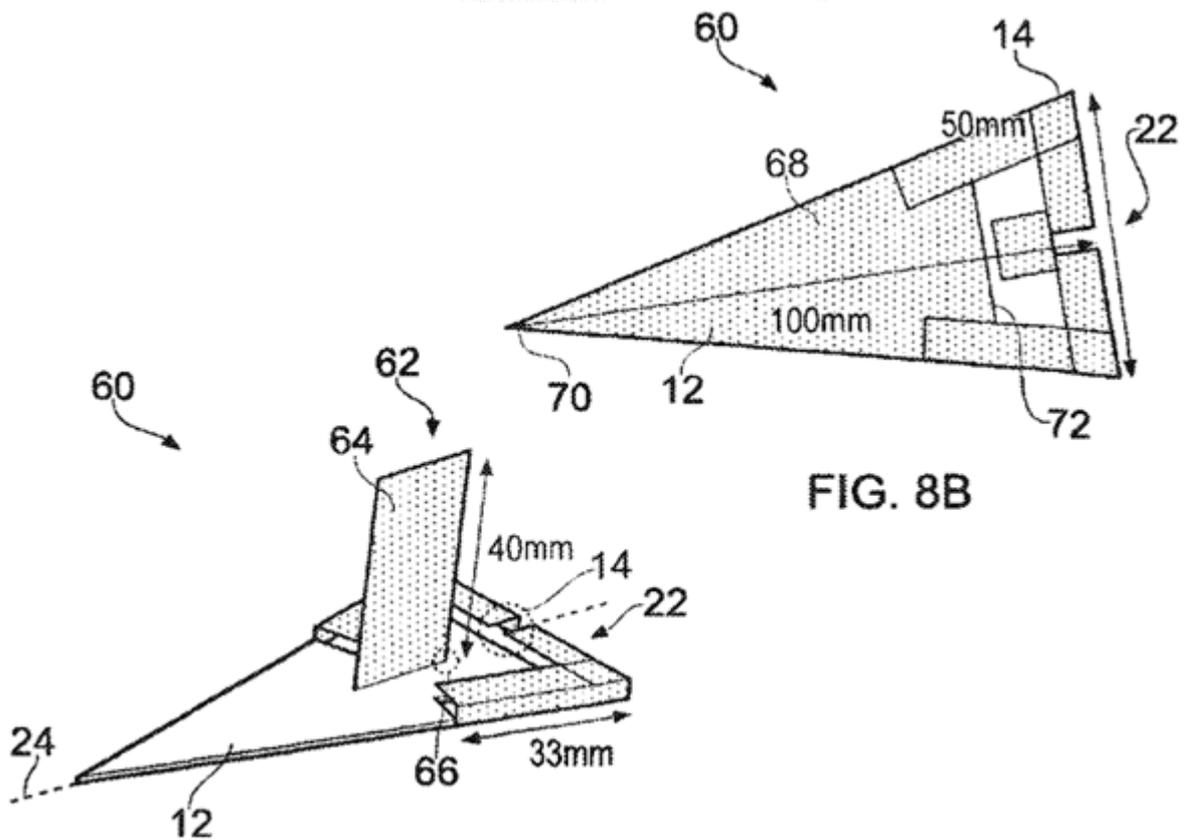


FIG. 8B

FIG. 8A

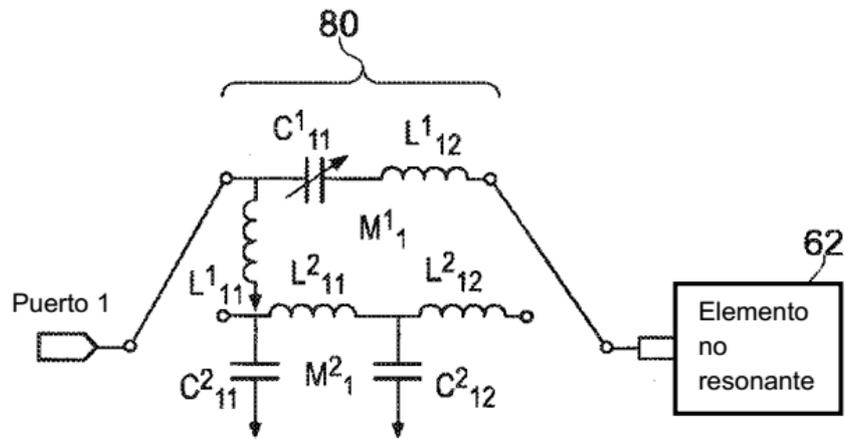


FIG. 9

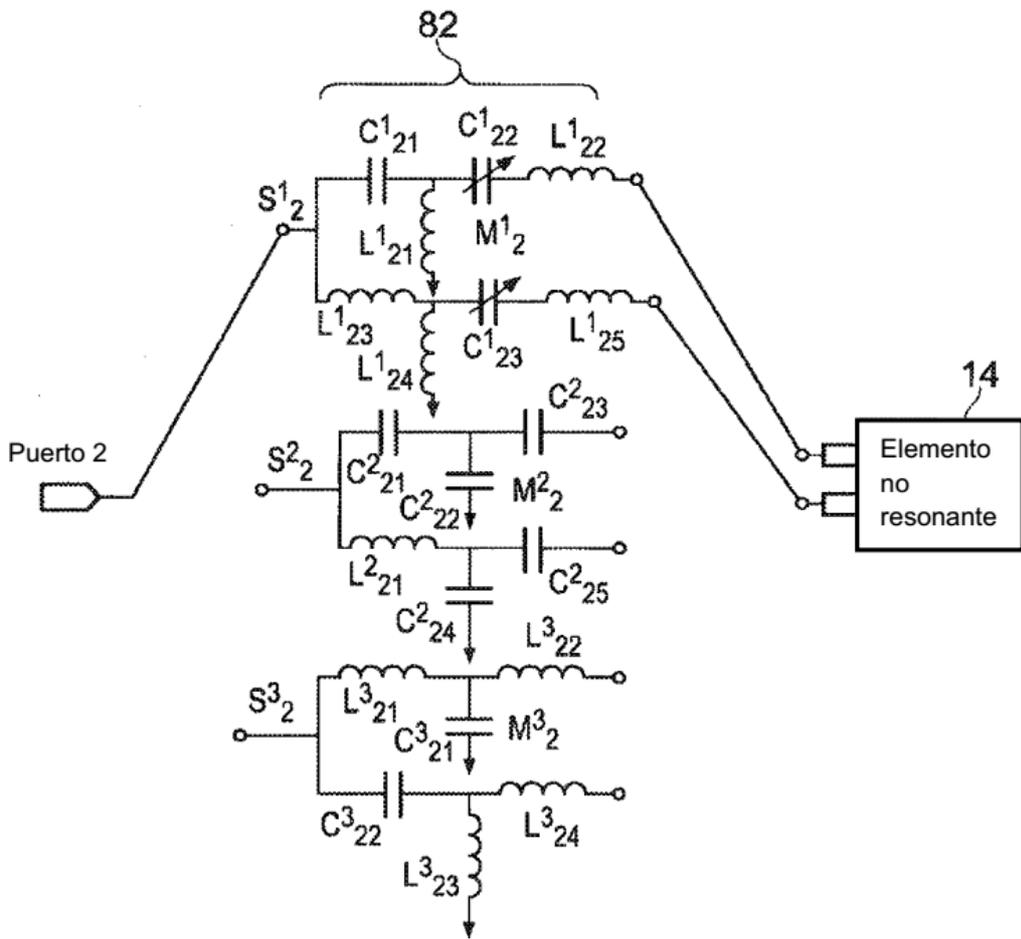


FIG. 10

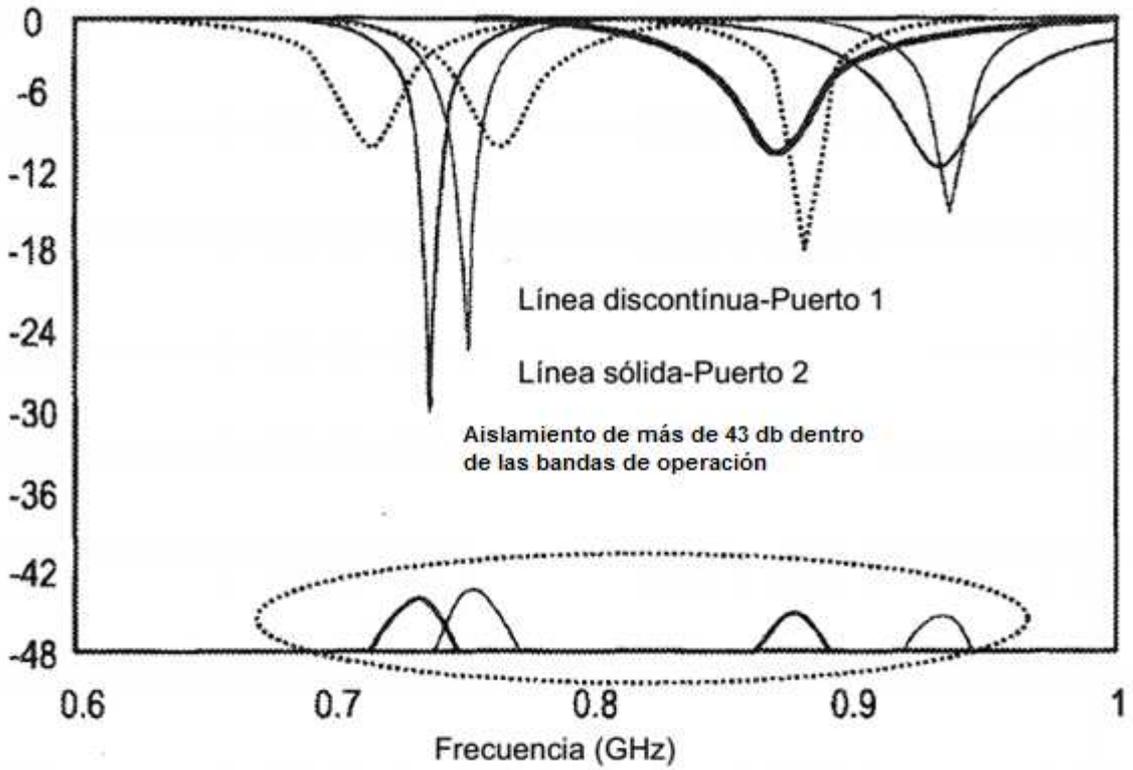


FIG. 11

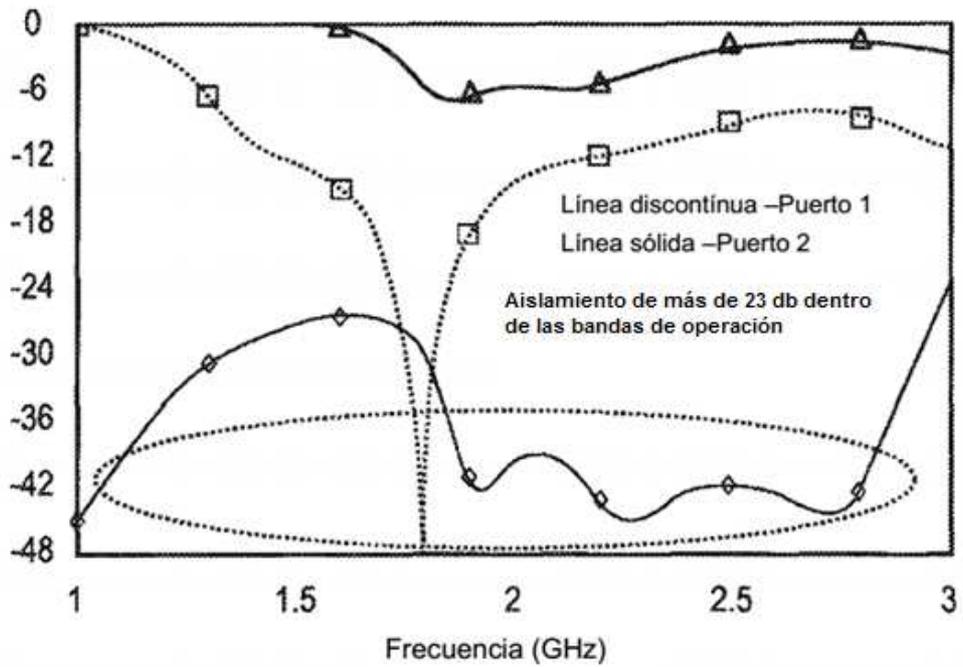


FIG. 12

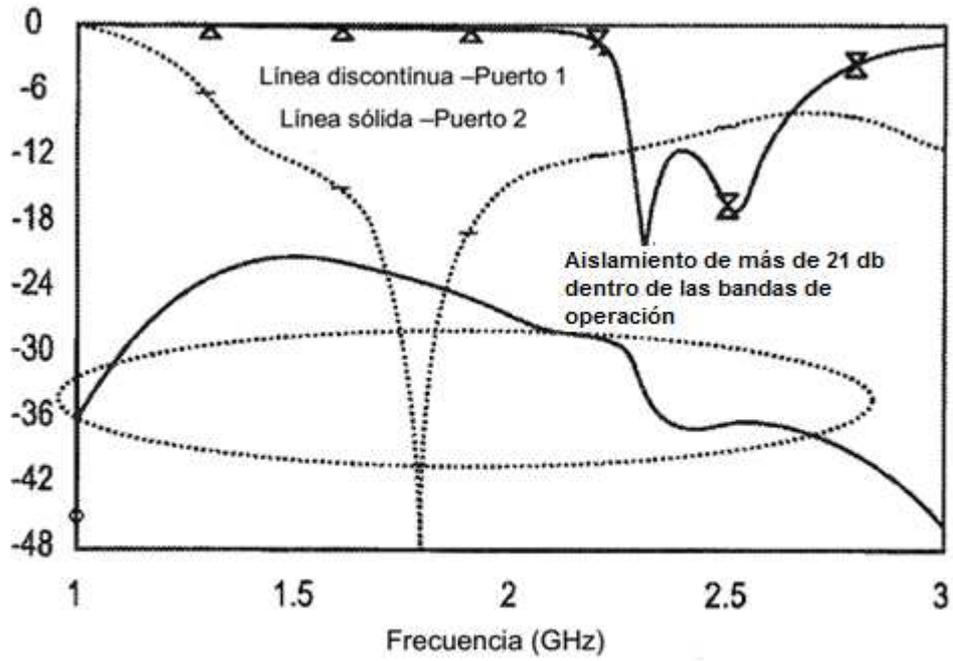


FIG. 13

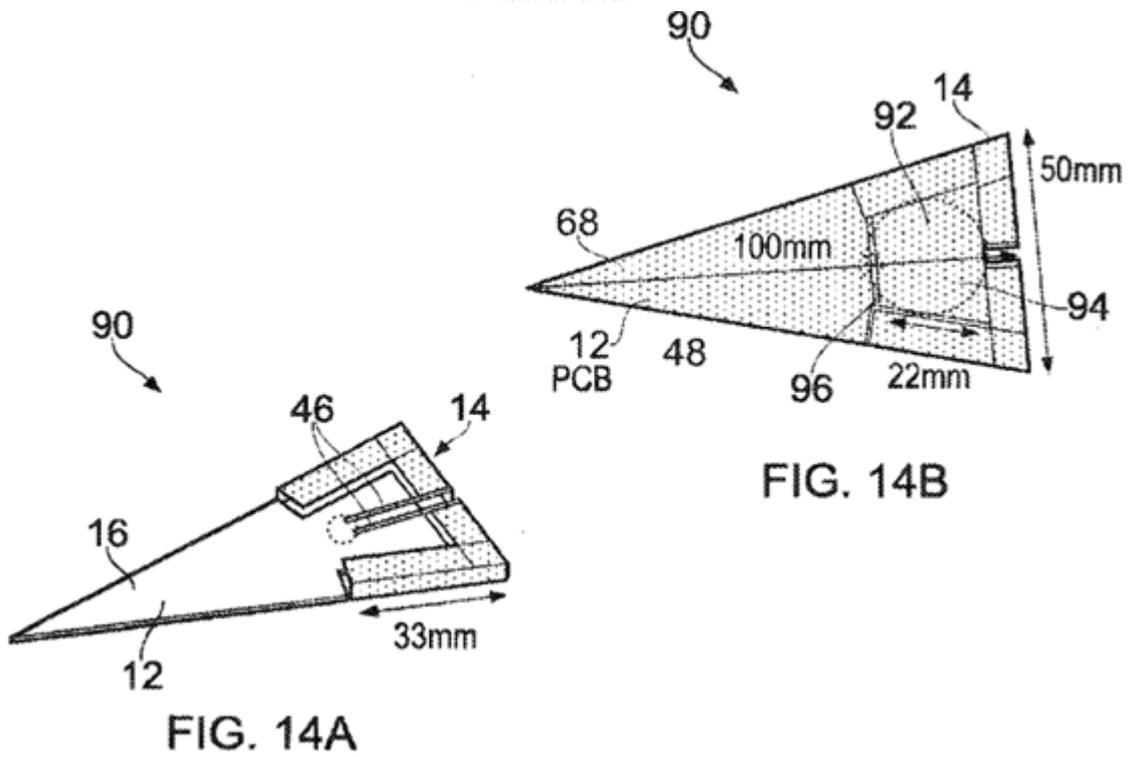


FIG. 14A

FIG. 14B

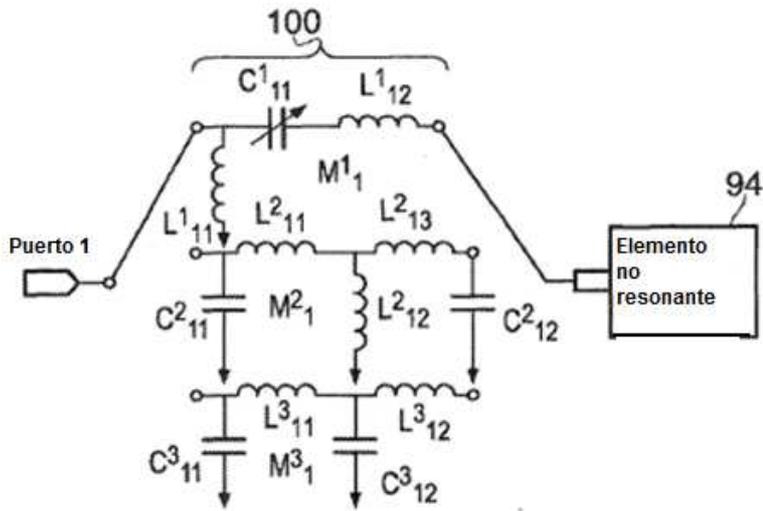


FIG. 15

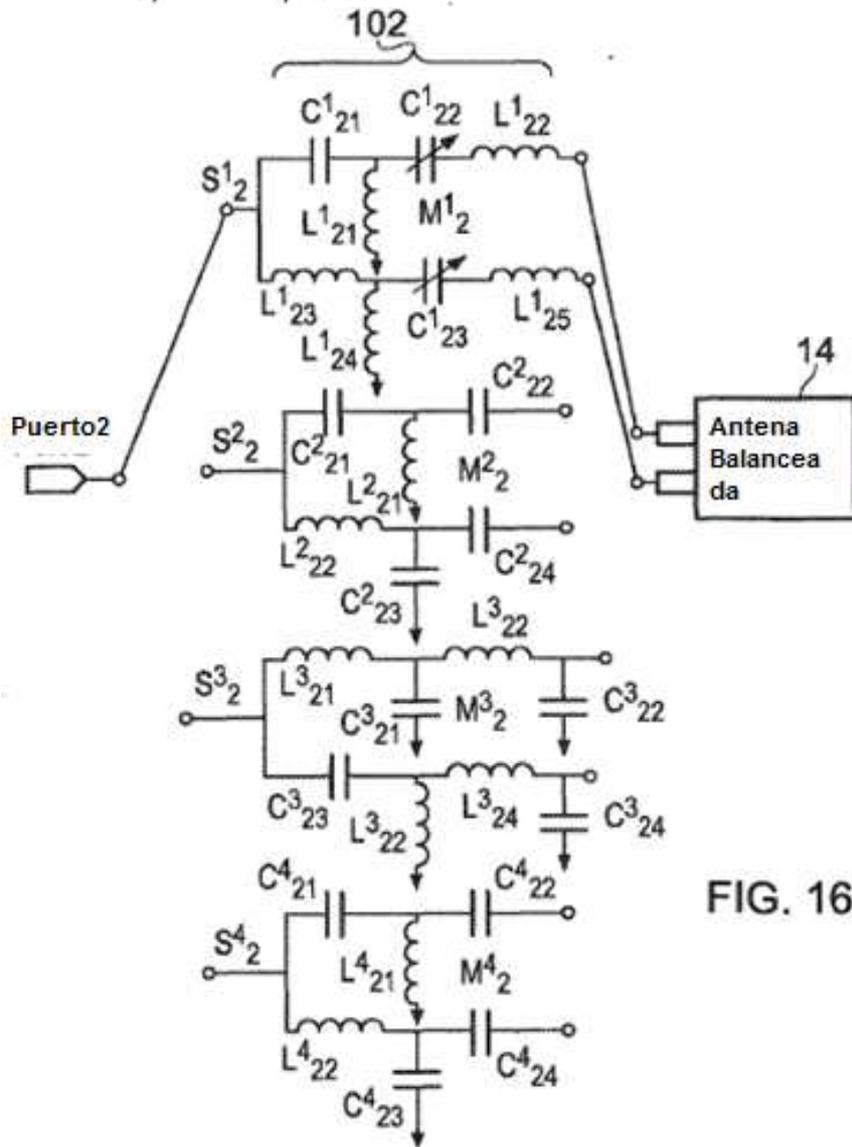


FIG. 16

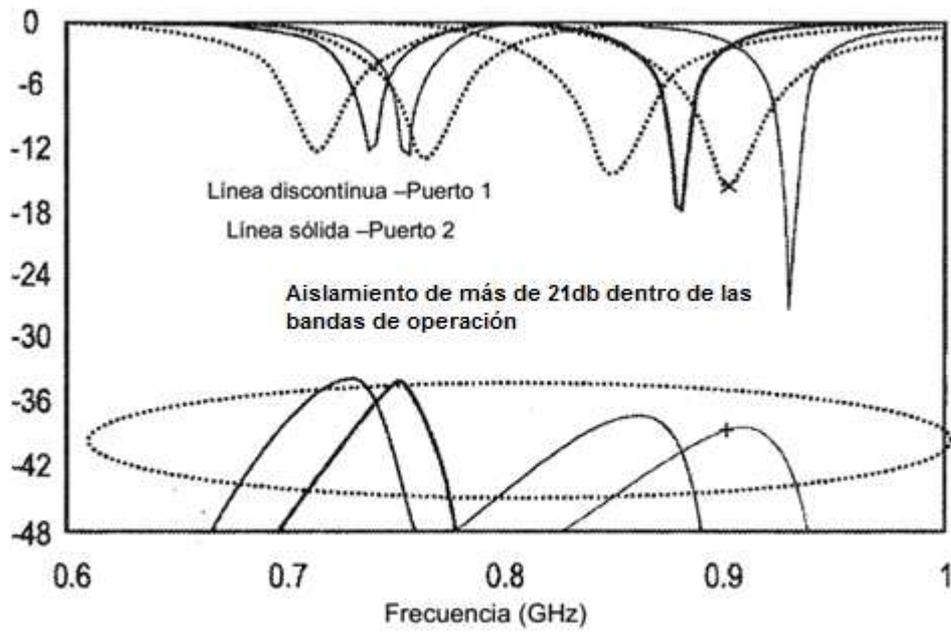


FIG. 17

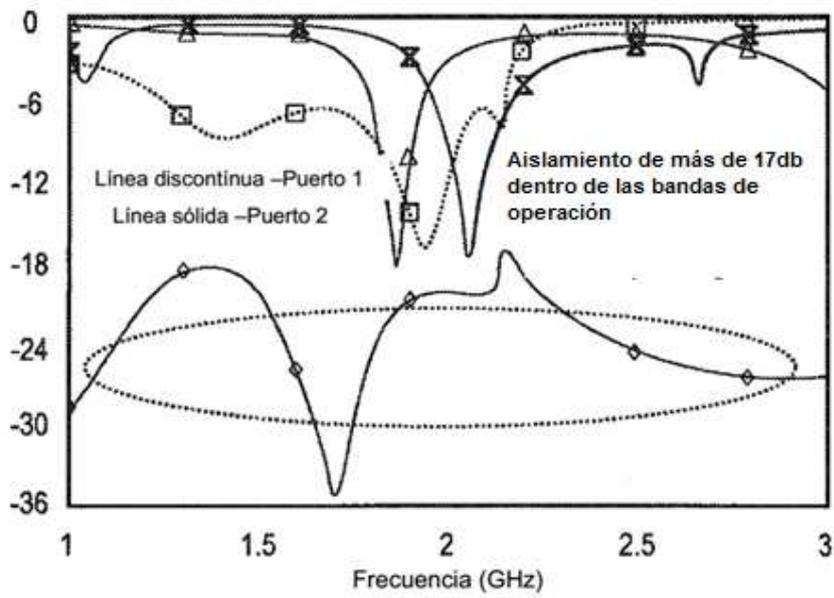


FIG. 18

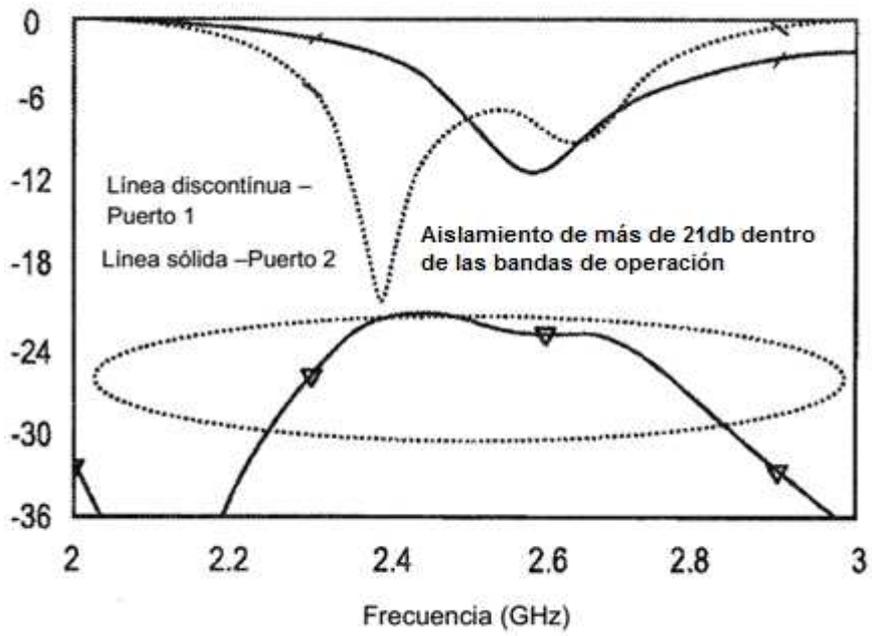


FIG. 19

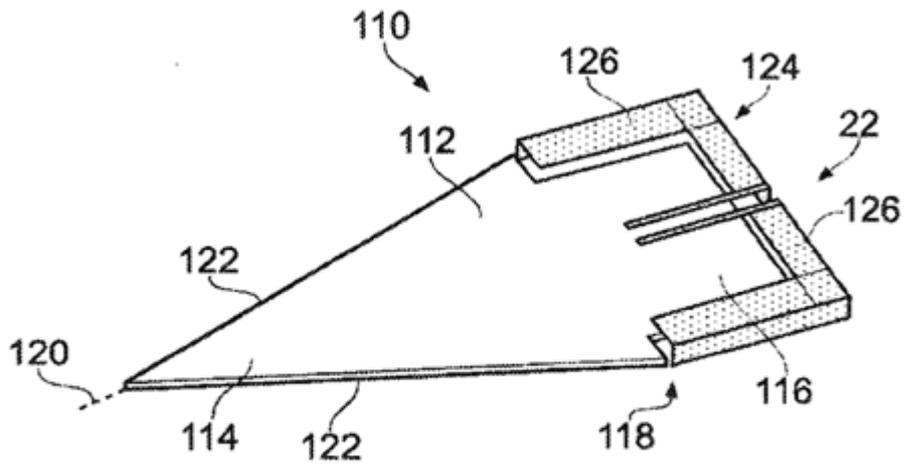


FIG. 20

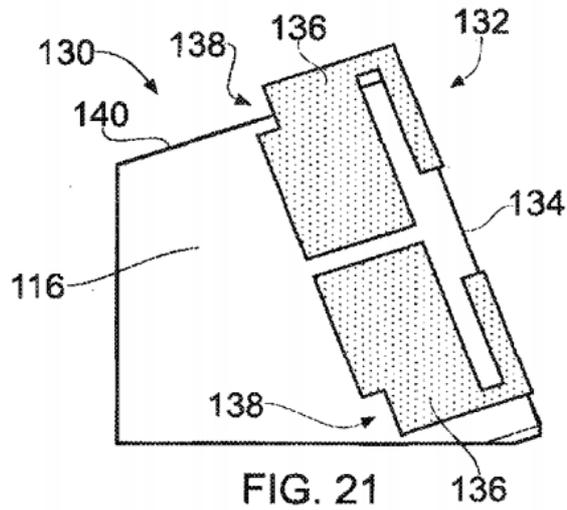


FIG. 21

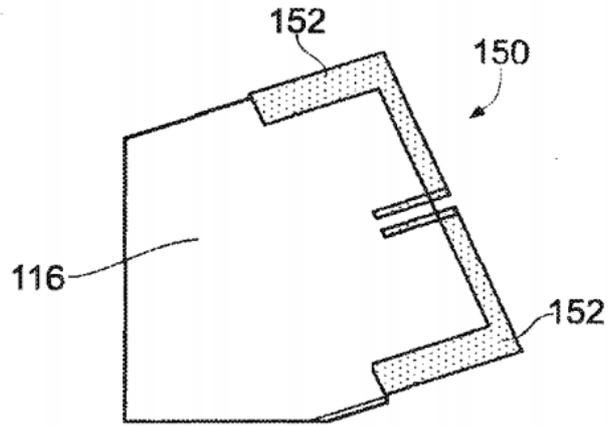


FIG. 22

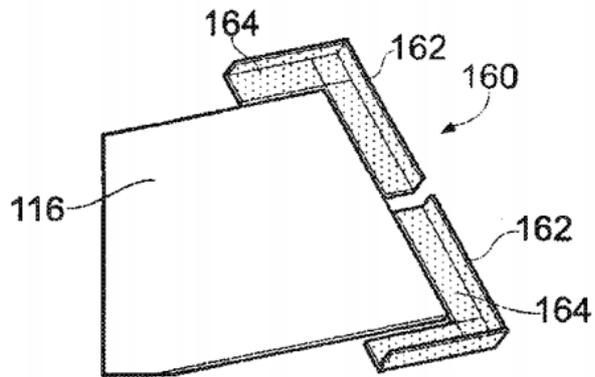


FIG. 23

