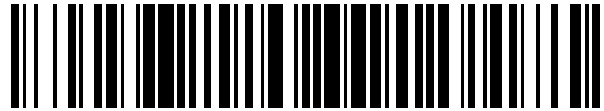


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 496 891**

51 Int. Cl.:

**H01Q 15/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2011** **E 11761578 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.08.2014** **EP 2622685**

54 Título: **Reflector de antena de banda ancha para una antena alámbrica plana con polarización circular y procedimiento de realización del reflector de antena**

30 Prioridad:

**01.10.2010 FR 1003900**

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

**22.09.2014**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
45, rue de Villiers  
92200 Neuilly-sur-Seine, FR**

72 Inventor/es:

**GRELIER, MICHAËL;  
JOUSSET, MICHEL;  
MALLEGOL, STÉPHANE y  
BEGAUD, XAVIER**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 496 891 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

Reflector de antena de banda ancha para una antena alámbrica plana con polarización circular y procedimiento de realización del reflector de antena.

5 La invención se aplica al campo de las antenas alámbricas planas con polarización circular para dispositivos de emisión o de recepción de banda ultra ancha. Se refiere a un reflector de antena para dicha antena, a un dispositivo de antena que comprende el reflector y la antena, y a un procedimiento de realización del reflector de antena.

10 En el marco de determinadas aplicaciones, las antenas deben tener una ancha banda de frecuencias de funcionamiento, por ejemplo del orden de la década, es decir una banda de frecuencias cuya frecuencia máxima es al menos igual a diez veces la frecuencia mínima. Las antenas alámbricas planas con polarización circular como las antenas en espiral forman parte de estas antenas de ancha banda de frecuencias. Una antena en espiral está por lo general formada por un sustrato dieléctrico sobre el cual está grabado un elemento radiante. El elemento radiante comprende al menos dos hilos enrollados en espiral y cuyos extremos interiores se alimentan con corriente. Según el número de hilos y la fase de la corriente en cada hilo, la radiación electromagnética de la antena espiral es diferente. El ancho de la banda de frecuencias depende de los diámetros interno y externo de la espiral.

15 Desde un punto de vista teórico, una antena alámbrica plana presenta una plano de simetría e irradia por lo tanto por todo el espacio, en particular en las dos direcciones ortogonales al plano de la antena. Por razones de compatibilidad electromagnética, las antenas no deben interferir con los demás sistemas situados cerca. En consecuencia, estas se especifican muy a menudo para irradiar en un semiespacio. Por esta razón, la antena se asocia a un reflector que transforma la radiación bidireccional en una radiación unidireccional. Desde un punto de vista práctico, este reflector desempeña también una función de soporte que permite rigidificar la antena y alimentarla con corriente.

El documento DE 100 34 547 A1 describe un reflector de antena de banda ancha.

25 De acuerdo con una primera solución, el reflector comprende un plano conductor eléctrico dispuesto a una distancia de la antena igual a la cuarta parte de la longitud de onda media de la radiación que esta emite o que esta recibe. A esta distancia, el campo eléctrico de la radiación trasera refleja se encuentra en fase con el campo eléctrico de la radiación delantera. El principal inconveniente de esta solución es que solo se puede ajustar la distancia de forma óptima para una única longitud de onda. El campo eléctrico de la radiación emitida o recibida con unas longitudes de onda alejadas de esta longitud de onda media corre, por lo tanto, el riesgo de verse alterada, limitando, por ello, el ancho de banda de la antena. Otro inconveniente de esta solución es que la cuarta parte de la longitud de onda representa rápidamente una gran distancia para las frecuencias bajas, lo que genera un espesor global para la antena relativamente importante. Además, el plano conductor eléctrico permite la propagación de corrientes de superficie y se producen fenómenos de reflexión y de difracción en el borde de la antena, generando de este modo radiaciones parásitas.

35 De acuerdo con una segunda solución, el reflector de antena comprende una estructura de tipo Conductor Magnético Artificial (CMA) dispuesta bajo el plano de la antena en el lado de la radiación trasera. Una estructura CMA clásica comprende un sustrato dieléctrico, unos motivos conductores eléctricos dispuestos de forma periódica en una primera superficie del sustrato dieléctrico y un plano conductor eléctrico uniforme que forma un plano de masa en una segunda superficie del sustrato dieléctrico. Cada motivo conductor puede estar unido al plano de masa por unos orificios de interconexión, generalmente llamados "vias" en la literatura anglosajona. Una estructura CMA tiene la propiedad de reflejar el campo eléctrico de la radiación trasera en fase con el campo eléctrico de la radiación delantera. Por lo tanto, esta se puede situar lo más cerca posible de la antena y permitir una reducción del espesor del dispositivo de antena que comprende la antena y la estructura CMA. Una estructura CMA también puede tener la propiedad de impedir la propagación de las ondas electromagnéticas en algunas direcciones del plano en el cual están dispuestos los motivos conductores, lo que impide generar una radiación parásita. Se habla entonces de estructura de banda prohibida electromagnética (EBG). Sin embargo, las propiedades de una estructura de tipo EBG o CMA solo se manifiestan en una determinada banda de frecuencias, llamada bien banda EBG, o bien banda CMA según el caso considerado. Esta banda de frecuencias, en particular su frecuencia central y sus frecuencias de corte baja y alta, dependen de la forma y de las dimensiones de los motivos conductores, así como del espesor y de la permitividad relativa del sustrato dieléctrico de la estructura. En particular, para un espesor del sustrato dieléctrico relativamente bajo, es decir muy pequeño en comparación con la longitud de onda, ya se considere la banda EBG o la banda CMA, el ancho de banda es muy reducido, es decir muy inferior a la octava. De este modo, las restricciones relativas al espesor hacen que las antenas actuales que comprenden un reflector de estructura EBG o CMA no puedan funcionar en una banda ancha de frecuencias, por encima de la década.

55 Un objetivo de la invención es, en particular, resolver los inconvenientes precitados ofreciendo un reflector de antena de banda ancha de frecuencias y con un espesor reducido basado en una estructura híbrida. Esta estructura híbrida comprende a la vez un plano conductor eléctrico del tipo de la primera solución y una estructura del tipo CMA basada en la segunda solución. Para ello, la invención tiene por objeto un reflector de antena que presenta localmente bien unas propiedades electromagnéticas de un conductor eléctrico, o bien unas propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético, en función de la radiación emitida o recibida localmente por

la antena. De manera más precisa, la invención tiene por objeto un reflector de antena en el cual se puede montar una antena alámbrica plana con polarización circular que puede emitir una radiación electromagnética en dos direcciones ortogonales al plano de la antena en una banda de frecuencias determinada, caracterizándose el reflector de antena porque comprende:

- 5           ■ una primera zona de reflexión adaptada para reflejar, con un desplazamiento de fase próximo a 180 grados, un campo eléctrico de la radiación electromagnética denominada trasera cuya frecuencia está comprendida en una primera subbanda de frecuencias, estando la primera zona de reflexión adaptada para quedar frente a una zona de la antena que puede emitir una radiación electromagnética en la primera subbanda de frecuencias, a una distancia que permite reflejar el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética denominada delantera; y
- 10           ■ una segunda zona de reflexión adaptada para reflejar, con un desplazamiento de fase comprendido entre dos valores de ángulo entorno al valor de cero grados, el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera cuya frecuencia está comprendida en una segunda subbanda de frecuencias, estando la segunda zona de reflexión adaptada para quedar frente a una zona de la antena que puede emitir una radiación electromagnética en la segunda subbanda de frecuencias, a una distancia que permite reflejar el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética delantera.

20 El reflector puede comprender varias zonas de reflexión, cada una adaptada para reflejar, con un desplazamiento de fase comprendido entre dos valores entorno al valor de cero grados, el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera cuya frecuencia está comprendida en una subbanda de frecuencias. Cada zona de reflexión está por tanto adaptada para quedar frente a una zona de la antena que puede emitir una radiación electromagnética en la subbanda de frecuencias considerada, a una distancia que permite reflejar el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética delantera.

25 Del mismo modo, el reflector puede comprender varias zonas de reflexión, cada una adaptada para reflejar, con un desplazamiento de fase próximo a 180 grados, el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera cuya frecuencia está comprendida en una subbanda de frecuencias. Cada zona de reflexión está por tanto adaptada para quedar frente a una zona de la antena que puede emitir una radiación electromagnética en la subbanda de frecuencias considerada, a una distancia que permite reflejar el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética delantera.

30 De acuerdo con una forma particular de realización, la primera subbanda de frecuencias corresponde a las frecuencias más altas de la banda de frecuencias determinada. De este modo, el reflector se puede colocar a una distancia de la antena sustancialmente igual a la cuarta parte de la longitud de onda de la frecuencia central de esta subbanda de frecuencias, esto es relativamente próxima a la antena.

35 De manera ventajosa, las subbandas de frecuencias, consideradas en su conjunto, cubren sustancialmente toda la banda de frecuencias determinada. De este modo el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera puede encontrarse en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética delantera en toda la banda de frecuencias de la antena.

40 El reflector puede comprender un sustrato en un material dieléctrico y un plano de masa formado en una primera superficie del sustrato, formándose la primera zona de reflexión en una segunda superficie del sustrato mediante un motivo conductor eléctrico, formándose cada una de la o las otra(s) zona(s) de reflexión en la segunda superficie del sustrato mediante un conjunto de motivos conductores eléctricos dispuestos de manera no contigua.

45 De acuerdo con una primera forma de realización la primera y la segunda superficies del sustrato son sustancialmente planas y paralelas entre sí. De acuerdo con una segunda forma de realización, la segunda superficie del sustrato tiene una forma cónica.

Los motivos conductores eléctricos de los conjuntos que forman las zonas de reflexión adaptadas para reflejar el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera con un desplazamiento de fase comprendido entre dos valores entorno al valor de cero grados pueden estar unidos eléctricamente al plano de masa.

50 De acuerdo con una forma particular de realización, los dos valores de ángulo entorno al valor de cero grados son sustancialmente iguales a -120 grados y +120 grados.

La invención también tiene por objeto un dispositivo de antena que comprende una antena alámbrica plana con polarización circular que puede emitir una radiación electromagnética en una banda de frecuencias determinada y un reflector de antena de acuerdo con la invención.

55 La invención también tiene por objeto un procedimiento de realización del reflector de antena de acuerdo con la invención. El procedimiento comprende las siguientes etapas:

- una etapa de determinación, en una zona próxima del campo, de una distribución de amplitud de una radiación electromagnética adaptada para que la emita la antena en ausencia del reflector de antena para al menos una primera y una segunda subbandas de frecuencias pertenecientes a la banda de frecuencias predeterminada;
- una etapa de determinación de la forma y de las dimensiones de una primera zona de reflexión del reflector de antena adaptado para reflejar, con un desplazamiento de fase próximo a 180 grados, un campo eléctrico de la radiación electromagnética denominada trasera cuya frecuencia está comprendida en la primera subbanda de frecuencias, de tal modo que esta zona de reflexión pueda quedar frente a la zona de la antena en la que la radiación electromagnética adaptada para que la emita la antena en la primera subbanda de frecuencias tiene la mayor amplitud, a una distancia que permite la reflexión del campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética denominada delantera; y
- una etapa de determinación de la forma y de las dimensiones de una segunda zona de reflexión del reflector de antena adaptado para reflejar, con un desplazamiento de fase comprendido entre dos valores de ángulo entorno al valor de cero grados, el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera cuya frecuencia está comprendida en la segunda subbanda de frecuencias, de tal modo que esta zona de reflexión pueda quedar frente a la zona de la antena en la que la radiación electromagnética adaptada para que la emita la antena en la segunda subbanda de frecuencias tiene la mayor amplitud, a una distancia que permite la reflexión del campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética delantera.

El procedimiento puede comprender las siguientes etapas adicionales:

- una etapa de determinación de una distancia mínima  $d_{Emin}$  que puede separar la antena de la primera zona de reflexión del reflector de antena sin alterar de forma significativa la distribución de amplitud de la radiación electromagnética emitida por la antena en la primera subbanda de frecuencias;
- una etapa de determinación de una distancia mínima  $d_{Bmin}$  que puede separar la antena de la segunda zona de reflexión del reflector de antena sin alterar de forma significativa la distribución de amplitud de la radiación electromagnética emitida por la antena en la segunda subbanda de frecuencias.

La invención tiene en particular como ventaja que permite mantener un coeficiente de reflexión próximo al valor uno en una banda ancha de frecuencias, nominalmente en toda la banda de frecuencias de funcionamiento de la antena.

Se entenderá mejor la invención y se mostrarán otras ventajas con la lectura de la descripción que viene a continuación, hecha en referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 representa un ejemplo de dispositivo de antena que comprende una antena en espiral y un reflector de antena de acuerdo con la invención;
- la figura 2 representa unas etapas posibles para el procedimiento de realización de un reflector de antena de acuerdo con la invención;
- las figuras 3a y 3b representan unos ejemplos de distribuciones de amplitud de la radiación electromagnética emitida por una antena en espiral a una frecuencia dada según si la radiación electromagnética se altera o no por la presencia del reflector de antena;
- la figura 4 representa un ejemplo de diagrama de fase obtenido en una etapa del procedimiento de realización de un reflector de antena de acuerdo con la invención.

Un conductor eléctrico perfecto, o PEC por "Perfect Electric Conductor" según la expresión anglosajona, es una estructura de la cual una superficie presenta una conductividad eléctrica infinita. El campo eléctrico tangencial en esta superficie es, por lo tanto, nulo. Un campo eléctrico incidente que se encuentra con la superficie se refleja en oposición de fase, sea cual sea su frecuencia. A continuación en la descripción, se asimilan los conductores eléctricos a los conductores eléctricos perfectos. Un conductor magnético perfecto, o PMC por "Perfect Magnetic Conductor" según la expresión anglosajona, es una estructura que comprende una superficie en la cual el campo magnético tangencial es siempre nulo. Un campo magnético incidente que se encuentra con esta superficie se anula, mientras que el campo eléctrico incidente se refleja en fase. Las estructuras que presentan propiedades de conductores magnéticos perfectos no pueden realizarse materialmente. Sin embargo, es posible realizar unas estructuras que presentan propiedades electromagnéticas próximas a una determinada banda de frecuencias y para una polarización dada. Se considera que una superficie que presenta propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético perfecto en una banda de frecuencias dada es un superficie para la cual la fase del coeficiente de reflexión a las frecuencias consideradas está comprendida entre dos valores entorno a 0°. La fase del coeficiente de reflexión está, por ejemplo, comprendida entre -120 y +120 grados. Una superficie que presenta unas propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético perfecto en una banda de frecuencias dada se designa por lo general como una superficie de alta impedancia para esta banda de frecuencias.

La figura 1 representa un ejemplo de dispositivo de antena 1 que comprende una antena en espiral 2 y un reflector de antena 3 de acuerdo con la invención. La antena en espiral 2 está adaptada para emitir en una banda de frecuencias predeterminada, llamada banda de frecuencias de funcionamiento  $\Delta F$ . Esta puede emitir una radiación electromagnética en dos direcciones ortogonales a su plano. La radiación electromagnética que se propaga en la

dirección opuesta al reflector de antena 3 se llama radiación delantera, y la radiación electromagnética que se propaga en la dirección opuesta se llama radiación trasera. La antena en espiral 2 comprende un sustrato dieléctrico 21 y dos hilos conductores eléctricos 22a y 22b que forman el elemento radiante de la antena en espiral 2. El sustrato dieléctrico 21 es, por ejemplo, una placa epoxídica de tipo circuito impreso. Este comprende una superficie superior 24 y una superficie inferior 25 sustancialmente planas y paralelas. Los hilos conductores 22a y 22b tienen una longitud idéntica y están enrollados uno al otro alrededor de un punto central O para formar una espiral 26 en la superficie superior 24. El primer hilo 22a se extiende entre un extremo interior A y un extremo exterior B de la espiral 26. El segundo hilo 22b se extiende entre un extremo interior C y un extremo exterior D de la espiral 26. La antena en espiral 2 también comprende unos medios de alimentación del elemento radiante, no representados. Habitualmente, los dos hilos 22a y 22b se alimentan en sus extremos interiores A y C con unas señales de microondas en oposición de fase. Los hilos 22a y 22b pueden estar impresos o grabados en la superficie superior 24. También se pueden formar en un material conductor eléctrico y fijar en la superficie superior 24.

En la figura 1 se representa un antena alámbrica plana de tipo espiral de Arquímedes. En dicha antena, cada hilo conductor tiene un espesor constante y una distancia constante con respecto al otro hilo. No obstante, la invención también se aplica a todo tipo de antena alámbrica plana con polarización circular. Esta se aplica en particular a las antenas en espiral equiangular, también llamadas antenas de espiral logarítmica, en las cuales la anchura de los hilos y la distancia entre los hilos aumentan al alejarse del centro de la espiral. Del mismo modo, la antena en espiral de la figura 1 comprende dos hilos conductores eléctricos. Sin embargo, la invención también se aplica a las antenas que comprenden un número diferentes de hilos.

El reflector de antena que es objeto de la invención utiliza las propiedades de funcionamiento de las antenas alámbricas planas. El elemento radiante de dicha antena, cuando se excita, emite una radiación electromagnética desde una zona de funcionamiento localizada, vinculada a la disposición relativa de los hilos y al desplazamiento de fase de la corriente que circula por los diferentes hilos. Esta zona de funcionamiento presenta la particularidad de variar en función de la frecuencia de acuerdo con una ley específica para cada tipo de antena alámbrica plana. En particular, para una antena en espiral de Arquímedes cuyos hilos se alimentan en oposición de fase, la zona de funcionamiento desde la cual se emite una radiación electromagnética a una frecuencia dada forma un anillo cuyo diámetro medio es sustancialmente igual a la longitud de onda de la radiación electromagnética dividida por el número Pi ( $D = \lambda/\pi$ ). El reflector de antena de acuerdo con la invención, sobre el cual una antena está destinada a montarse, comprende de este modo al menos dos zonas de reflexión cuyas propiedades electromagnéticas se adaptan a la radiación electromagnética emitida localmente por la antena. Una primera zona de reflexión presenta propiedades electromagnéticas de un conductor eléctrico, en particular en una primera subbanda de frecuencias  $\Delta F1$ . Esta subbanda de frecuencias  $\Delta F1$  corresponde, por ejemplo, a unas frecuencias elevadas de la banda de frecuencias de funcionamiento  $\Delta F$  en la cual emite la antena alámbrica plana. Una segunda zona de reflexión presenta unas propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético perfecto en una segunda subbanda de frecuencias  $\Delta F2$ . Esta segunda subbanda de frecuencias  $\Delta F2$  corresponde, por ejemplo, a unas frecuencias más bajas que las de la primera subbanda de frecuencias  $\Delta F1$ . De este modo el reflector de antena comprende unas zonas de reflexión de dos tipos diferentes, esto es al menos una zona de reflexión que presenta propiedades electromagnéticas de un conductor eléctrico, y al menos una zona de reflexión que presenta propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético perfecto. El reflector de antena también puede comprender unas zonas adicionales que presentan bien unas propiedades electromagnéticas de un conductor eléctrico (zonas de reflexión del primer tipo), o bien unas propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético perfecto (zonas de reflexión del segundo tipo) en otras subbandas de frecuencias. De manera ventajosa, estas diferentes subbandas de frecuencias se determinan de tal modo que cubran, con la primera subbanda de frecuencias  $\Delta F1$ , el conjunto de la banda de frecuencias de funcionamiento  $\Delta F$ . De acuerdo con una forma particular de realización, las zonas que presentan propiedades electromagnéticas de un conductor eléctrico se alternan con las zonas que presentan propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético perfecto.

En el ejemplo de realización representado en la figura 1, el reflector de antena 3 comprende un sustrato dieléctrico 31, un plano de masa 32 soportado por una superficie inferior 33 del sustrato dieléctrico 31, y tres conjuntos 341, 342, 343 de motivos conductores eléctricos 34 soportados por una superficie superior 35 del sustrato dieléctrico 31. El sustrato dieléctrico 31 puede ser una placa epoxídica de tipo circuito impreso cuyas superficies superior 35 e inferior 33 son sustancialmente planas y paralelas. Los motivos conductores 34 pueden entonces estar impresos o grabados en la superficie superior 35 del sustrato dieléctrico 31. De manera más general, se pueden realizar mediante cualquier técnica clásica de realización de los circuitos impresos. También se pueden formar en un material eléctricamente conductor y fijar en la superficie superior 35. La superficie inferior 25 del sustrato dieléctrico 21 de la antena en espiral 2 queda frente a la superficie superior 35 del sustrato dieléctrico 31 del reflector de antena 3. El sustrato dieléctrico 21 puede apoyarse directamente en los motivos conductores 34. El sustrato dieléctrico 21 desempeña entonces una función de aislamiento electromagnético entre la antena en espiral 2 y el reflector de antena 3. Este aislamiento puede sin embargo garantizarse por cualquier otro medio. Cada conjunto 341, 342, 343 de motivos conductores 34 está configurado de tal modo que forma una zona de reflexión cuyas propiedades electromagnéticas pueden diferenciarse de las de las otras zonas con el fin de adaptarse a la radiación electromagnética que hay que reflejar localmente. El primer conjunto 341 de motivos conductores 34 solo comprende un único motivo conductor con la forma de un disco. De este modo el disco conductor 36 forma una primera zona de reflexión 341A cuyas propiedades electromagnéticas se asemejan a las de un conductor eléctrico.

Esta zona 341A pertenece, por lo tanto, al primer tipo de zona de reflexión. En particular, el disco conductor 36 presenta propiedades electromagnéticas de un conductor eléctrico al menos en la primera subbanda de frecuencias  $\Delta F1$ . De este modo el reflector de antena 3 se puede situar a una distancia relativamente próxima a la antena en espiral 2. La distancia considerada entre el reflector de antena 3 y la antena en espiral 2 puede ser la distancia entre la superficie superior 35 del sustrato dieléctrico 31 del reflector de antena 3 y la superficie superior 24 del sustrato dieléctrico 21 de la antena en espiral 2, llamada altura al. En teoría, la altura al puede ser sustancialmente igual a un múltiplo entero impar de cuartos de longitudes de onda de la frecuencia central de la primera subbanda de frecuencias  $\Delta F1$   $((2.N+1).\lambda/4$ , en la que N es un entero natural), encontrándose la radiación electromagnética trasera reflejada en fase con la radiación incidente en la superficie superior 24 del sustrato dieléctrico 21 de la antena en espiral 2. La altura al es, por ejemplo, sustancialmente igual a la cuarta parte de la longitud de onda de la frecuencia central de la primera subbanda de frecuencias  $\Delta F1$ . El segundo conjunto 342 de motivos conductores 34 comprende varios motivos conductores eléctricos 34 no contiguos dispuestos en la superficie superior 35 de tal modo que forman globalmente una zona de reflexión anular 342A que rodea al disco conductor 36 y cuyo centro se confunde sustancialmente con el dentro del disco conductor 36. Del mismo modo, el tercer conjunto 343 de motivos conductores 34 comprende varios motivos conductores 34 no contiguos que forman globalmente una zona de reflexión anular 343A de diámetro superior al diámetro de la zona anular 342A formada por el segundo conjunto 342 de motivos conductores 34. Los motivos conductores 34 del segundo y del tercer conjuntos 342 y 343 pueden estar unidos eléctricamente al plano de masa 32, por ejemplo por medio de orificios metalizados realizados en el sustrato dieléctrico 31 del reflector de antena 3. De este modo cada conjunto 342 y 343 de motivos conductores 34 forma una zona de reflexión que presenta propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético perfecto. La forma geométrica y las dimensiones de los motivos conductores 34 se determinan de tal modo que cada zona de reflexión anular 342A y 343A, destinada a formar localmente un reflector para la zona de funcionamiento de la antena en espiral 2 en una subbanda de frecuencias  $\Delta F2$  o  $\Delta F3$ , presenta unas propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético perfecto al menos en esta subbanda de frecuencias  $\Delta F2$  o  $\Delta F3$ . De este modo, las zonas de reflexión 342A y 343A pertenecen al segundo tipo de zona de reflexión. El reflector de antena 3 también puede comprender otras zonas de reflexión cuyas propiedades electromagnéticas se asemejan a las de un conductor eléctrico (zonas de reflexión del primer tipo). Estas zonas de reflexión están previstas para quedar a una distancia de la antena 2 de tal modo que puedan reflejar el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética delantera en la superficie superior 24 de la antena 2. En teoría, la altura, o distancia entre estas zonas de reflexión y la antena 2 debe ser sustancialmente igual a un múltiplo entero par de cuartos de longitudes de onda de la frecuencia central de la subbanda de frecuencias respectiva  $(2.N.\lambda/4$ , en la que N es un entero natural). En la práctica, la altura puede ser diferente según el campo próximo emitido por la antena 2, como se explica a continuación.

La figura 2 ilustra unas etapas posibles del procedimiento de realización de un reflector de antena de acuerdo con la invención para una antena alámbrica plana. A continuación en la descripción, se sigue considerando el caso particular de una antena en espiral como la que se representa en la figura 1. Sin embargo, el procedimiento se aplica a cualquier tipo de antena alámbrica plana con polarización circular. En una primera etapa 101, la radiación electromagnética emitida por la antena en espiral 2 sola, es decir sin el reflector de antena 3, se caracteriza por al menos dos frecuencias pertenecientes a la banda de frecuencias de funcionamiento  $\Delta F$  de la antena en espiral 2. Por supuesto se puede caracterizar la radiación electromagnética en dos subbandas de frecuencias pertenecientes a la banda de frecuencias de funcionamiento  $\Delta F$ . A continuación en la descripción, se considera que la radiación electromagnética está caracterizada para las subbandas de frecuencia  $\Delta F1$ ,  $\Delta F2$  y  $\Delta F3$ . De manera más precisa, se determinan las distribuciones en amplitud y en fase de campos electromagnéticos emitidos por la antena en espiral 2 en la zona de campo próximo en un plano sustancialmente paralelo al plano de la antena en espiral 2, en este caso la superficie superior 24. Para ello, los hilos conductores 22a y 22b de la antena en espiral 2 se alimentan en sus extremos interiores A y C con unas corrientes eléctricas de igual amplitud y que presentan en general una diferencia de fase de 180 grados. Como se ha indicado más arriba, la radiación electromagnética emitida por la antena en espiral 2 presenta una amplitud máxima cuando las corrientes que circulan por los hilos 22a y 22b se encuentran localmente en fase. En la práctica, la radiación electromagnética emitida por la antena en espiral 2 a una frecuencia dada presenta una amplitud máxima en una zona que forma un anillo circular cuyo diámetro medio es sustancialmente igual a la longitud de onda de la radiación electromagnética dividida por el número Pi. En una segunda etapa 102, se determina la distancia mínima  $d_{Emin}$  que puede separar la antena en espiral 2 de un conductor eléctrico sin alterar la distribución de amplitud de la radiación electromagnética emitida por la antena en espiral 2 en la subbanda de frecuencias  $\Delta F1$ . La distribución de amplitud se considera, por ejemplo, en la zona de campo próximo. La distancia considerada es, por ejemplo, la altura al entre la superficie superior 35 del sustrato dieléctrico 31 del reflector de antena 3 y la superficie superior 24 del sustrato dieléctrico 21 de la antena en espiral 2. La etapa 102 se puede realizar en una banda ancha de frecuencias, por ejemplo en toda la banda de frecuencias de funcionamiento  $\Delta F$ . En la práctica, se trata esencialmente de determinar la distancia mínima que debe separar la antena en espiral 2 de la zona de reflexión 341A que presenta propiedades electromagnéticas de un conductor eléctrico. La etapa 102 se realiza, por lo tanto, al menos para la subbanda de frecuencias  $\Delta F1$ .

Las figuras 3a y 3b representan dos ejemplos de distribuciones de amplitud de la radiación electromagnética emitida por una antena en espiral 2 a una frecuencia dada en un plano perteneciente a la zona de campo próximo paralela al plano de la antena en espiral 2. La primera distribución, representada en la figura 3a, es relativa a una distancia entre la antena en espiral 2 y el reflector de antena 3 para la cual la radiación electromagnética no se altera; la

segunda distribución, representada en la figura 3b, es relativa a una distancia para la cual la radiación electromagnética se altera. En la figura 3a, se distinguen dos anillos circulares 301 a 305 que corresponden a diferentes amplitudes de la densidad de energía eléctrica. Los anillos 301 y 305, 302 y 304, y 303 presentan por ejemplo unas amplitudes medias respectivamente iguales a  $2.10^{-7} \text{ J/m}^3$ ,  $6.10^{-7} \text{ J/m}^3$ , y  $1.5.10^{-6} \text{ J/m}^3$ . De este modo el anillo 303 corresponde a la zona de funcionamiento de la antena en espiral 2 a la frecuencia dada. La forma anular de la distribución de amplitud permite deducir que la radiación electromagnética no se altera. En la figura 3b, se distinguen unas zonas de amplitud irregular. Una primera zona 306 presenta una amplitud media sustancialmente igual a  $2.10^{-7} \text{ J/m}^3$ . Dos zonas 307a y 307b presentan una amplitud media sustancialmente igual a  $2.5.10^{-6} \text{ J/m}^3$ , y dos zonas 308a y 308b presentan una amplitud media sustancialmente igual a  $5.5.10^{-6} \text{ J/m}^3$ . El hecho de que las zonas que presentan una amplitud máxima no forman una zona anular continua permite deducir que la radiación electromagnética se altera. Por supuesto, el carácter alterado o no de la radiación electromagnética debe examinarse en función de la geometría de la antena considerada. En el caso de una antena en espiral, la forma discriminante es un anillo circular.

En una tercera etapa 103 del procedimiento de realización de un reflector de antena 3 de acuerdo con la invención, se determina la distancia mínima  $d_{\text{Bmin}}$  que puede separar la antena en espiral 2 de un conductor magnético perfecto sin alterar la distribución de amplitud de la radiación electromagnética emitida por la antena en espiral 2 al menos en una de las subbandas de frecuencias  $\Delta F2$  y  $\Delta F3$ . La distribución de amplitud se considera, por ejemplo, en la zona de campo próximo. La distancia considerada también puede ser la altura  $al$ . La etapa 103 se puede realizar en una banda ancha de frecuencias, por ejemplo en toda la banda de frecuencias de funcionamiento  $\Delta F$ . En la práctica, se trata esencialmente de determinar la distancia mínima  $d_{\text{Bmin}}$  que debe separar la antena en espiral 2 de las zonas de reflexión 342A y 343A cuyas propiedades electromagnéticas se asemejan a las de un conductor magnético perfecto. La etapa 103 se realiza, por lo tanto, de preferencia, para las subbandas de frecuencias  $\Delta F2$  y  $\Delta F3$ . Llegado el caso, se realiza para cada una de las subbandas de frecuencias consideradas aparte de la subbanda de frecuencias  $\Delta F1$ . En una cuarta etapa 104, se determinan la forma y las dimensiones de la primera zona de reflexión 341A, que presenta propiedades electromagnéticas de un conductor eléctrico en la subbanda de frecuencias  $\Delta F1$  (zona de reflexión del primer tipo), de tal modo que esta zona de reflexión 341A quede cerca de la zona de funcionamiento de la antena en espiral 2 en esta subbanda de frecuencias  $\Delta F1$ . La etapa 104 consiste esencialmente en determinar el diámetro del disco conductor 36. En una quinta etapa 105, también se determinan la forma y las dimensiones de las zonas de reflexión 342A y 343A, que presentan unas propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético perfecto en las subbandas de frecuencias respectivas  $\Delta F2$  y  $\Delta F3$  (zonas de reflexión del segundo tipo), de tal modo que cada zona de reflexión 342A y 343A quede cerca de la zona de funcionamiento de la antena en espiral 2 en la subbanda de frecuencias respectiva  $\Delta F2$  o  $\Delta F3$ . La etapa 105 consiste esencialmente en determinar los diámetros internos y externos de las zonas de reflexión 342A y 343A así como las longitudes de los arcos de círculo que delimitan radialmente los motivos conductores 34. De manera más general, la etapa 105 consiste en determinar la posición y la superficie de los motivos conductores 34 de tal modo que cada conjunto de motivos conductores forma una superficie que presenta unas propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético perfecto en una subbanda de frecuencias. En las etapas 104 y 105, se considera que una zona de reflexión queda cerca de una zona de funcionamiento de la antena en espiral 2 cuando esta permite reflejar la radiación electromagnética emitida por esta zona de funcionamiento en la dirección de radiación deseada. Hay que señalar que las etapas del procedimiento de realización del reflector de antena 3 se pueden realizar en un orden diferente, siempre y cuando la primera etapa 101 se realice antes de las etapas 104 y 105.

Por ejemplo, la etapa 105 se puede realizar mediante una adaptación de estructuras CMA clásicas. Una estructura CMA clásica comprende un sustrato dieléctrico, un plano de masa soportado por una primera superficie del sustrato dieléctrico, y unos motivos conductores eléctricos de forma rectangular dispuestos de acuerdo con una matriz regular y soportados por una segunda superficie del sustrato dieléctrico. El espesor del sustrato dieléctrico de la estructura CMA clásica se selecciona, de preferencia, igual al espesor del sustrato dieléctrico 31 del reflector de antena 3. Una estructura CMA presenta unas propiedades electromagnéticas próximas a un conductor magnético perfecto en una subbanda de frecuencias determinada. En una primera subetapa, se determinan, para cada subbanda de frecuencias aparte de la subbanda de frecuencias  $\Delta F1$ , las dimensiones (longitud y anchura) de los motivos conductores de una estructura CMA clásica que permite formar una superficie que presenta unas propiedades próximas a un conductor magnético perfecto en la subbanda de frecuencias considerada. En el caso de una antena en espiral, las superficies de los motivos conductores que forman el reflector son cada vez más grandes a medida que se alejan del centro del reflector de antena 3. En una segunda subetapa, para cada una de las subbandas de frecuencias consideradas, se adaptan los motivos conductores de las estructuras CMA clásicas a la zona de funcionamiento correspondiente de la antena en espiral 2, conservando sustancialmente cada motivo conductor adaptado 34 una misma superficie como la de la estructura CMA clásica. En una en espiral, los motivos conductores 34 adoptan, por lo tanto, globalmente una forma anular, como se representa en la figura 1. En una tercera subetapa, se construye un diagrama de fase que es el resultado de la asociación de diferentes diagramas de fase asociados, cada uno, a una de las estructuras CMA, clásicas consideradas. La figura 4 representa un ejemplo de dicho diagrama de fase. Se trazan unas fases del coeficiente de reflexión de las diferentes estructuras CMA clásicas en un primer gráfico en función del radio de la antena en espiral 2; se trazan las frecuencias de funcionamiento de la antena en espiral 2 en un segundo gráfico en función del radio de la antena en espiral 2. En una cuarta subetapa, se selecciona, a partir del diagrama de fase de la figura 4, al menos un conjunto 342 de motivos conductores 34 que permiten reflejar una radiación electromagnética incidente con un desplazamiento de

fase sustancialmente igual a cero grados. De preferencia, se seleccionan varios conjuntos de motivos conductores 34, por ejemplo los dos conjuntos 341 y 342, de tal modo que se cubren diferentes zonas de funcionamiento de la antena en espiral 2 sin que se solapen los motivos conductores 34 entre diferentes conjuntos.

5 El reflector de antena 3 obtenido mediante el procedimiento de acuerdo con la invención está destinado a recibir una antena en espiral 2 a una distancia mínima para la cual ni la primera zona de reflexión 341A, ni las zonas de reflexión 342A y 343A alteran la radiación electromagnética. La distancia mínima corresponde de preferencia al máximo entre las distancias  $d_{Emin}$  y  $d_{Bmin}$  determinadas en las etapas 102 y 103. En la medida en que las longitudes de onda de la radiación electromagnética emitida en la primera subbanda de frecuencias  $\Delta F1$  son más cortas que las longitudes de onda de la radiación electromagnética emitida en la segunda subbanda de frecuencias  $\Delta F2$ , las radiaciones electromagnéticas emitidas a la vez en la subbanda de frecuencias  $\Delta F1$  y en la subbanda de frecuencias  $\Delta F2$  pueden encontrarse en fase con las radiaciones electromagnéticas reflejadas correspondientes en la zona de campo próximo. Con el fin de conservar una reflexión en fase en toda la banda de frecuencias de funcionamiento  $\Delta F$  de la antena en espiral 2, es además posible hacer que varíe la distancia que separa la antena en espiral 2 del reflector de antena 3, o utilizar materiales magneto-dieléctricos que presentan diferentes permitividades dieléctricas.

15



**REIVINDICACIONES**

1. Reflector de antena sobre el cual se puede montar una antena alámbrica plana con polarización circular (2) que puede emitir una radiación electromagnética en dos direcciones ortogonales al plano de la antena (2) en una banda de frecuencias predeterminada, **caracterizándose** el reflector de antena (3) **porque** comprende:

- 5                   ■ al menos una zona de reflexión (341A) de un primer tipo, estando cada una de dichas zonas de un primer tipo adaptada para reflejar, con un desplazamiento de fase próximo a 180 grados, un campo eléctrico de la radiación electromagnética denominada trasera cuya frecuencia está comprendida en una primera subbanda de la banda de frecuencias, estando cada una de dichas zonas de reflexión (341A) de un primer tipo adaptada para quedar frente a una zona de la antena (2) que puede emitir una radiación electromagnética en la primera subbanda de frecuencias correspondiente, a una distancia que permite que el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera reflejada se encuentre sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética denominada delantera; y
- 10                   ■ al menos una zona de reflexión (342A, 343A) de un segundo tipo, estando cada una de dichas zonas de un segundo tipo adaptada para reflejar, con un desplazamiento de fase comprendido entre dos valores de ángulo entorno al valor de cero grados, el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera cuya frecuencia está comprendida en una segunda subbanda de la banda de frecuencias, estando cada una de dichas zonas de reflexión (342A, 343A) de un segundo tipo adaptada para quedar frente a una zona de la antena (2) que puede emitir una radiación electromagnética en la segunda subbanda de frecuencias correspondiente, a una distancia que permite que el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera reflejada se encuentre sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética delantera.
- 15
- 20

2. Reflector de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende varias zonas de reflexión (342A, 343A) de un segundo tipo, estando cada una de dichas zonas de reflexión (342A, 343A) adaptada para quedar frente a una zona de la antena (2) que puede emitir una radiación electromagnética en la subbanda de frecuencias considerada, a una distancia que permite reflejar el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética delantera.

25                   

3. Reflector de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 y 2 que comprende una sola zona de reflexión (341A) del primer tipo en el centro de la o de las otra(s) zona(s) de reflexión (342A, 343A) del segundo tipo.

4. Reflector de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual la subbanda de frecuencias de la zona de reflexión (341A) del primer tipo corresponde a las frecuencias más elevadas de la banda de frecuencias predeterminada.

30                   

5. Reflector de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el cual las subbandas de frecuencias de las diferentes zonas de reflexión (341A, 342A, 343A) son diferentes las unas de las otras y, consideradas en su conjunto, cubren sustancialmente toda la banda de frecuencias predeterminada.

6. Reflector de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sustrato (31) en un material dieléctrico y un plano de masa (32) formado en una primera superficie (33) del sustrato (31), formándose cada una de la o las zona(s) de reflexión (341A) del primer tipo en una segunda superficie (35) del sustrato (31) mediante un motivo conductor eléctrico (34, 36), formándose cada una de la o las otra(s) zona(s) de reflexión (342A, 343A) del segundo tipo en la segunda superficie (35) del sustrato (31) mediante un conjunto (342, 343) de motivos conductores eléctricos (34) dispuestos de manera no contigua.

35                   

7. Reflector de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual la primera y la segunda superficies (33, 35) del sustrato (31) son sustancialmente planas y paralelas entre sí.

40                   

8. Reflector de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual la segunda superficie (35) del sustrato (31) tiene una forma cónica.

9. Reflector de antena de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 8, en el cual los motivos conductores eléctricos (34) de los conjuntos (342, 343) que forman unas zonas de reflexión (342A, 343A) del segundo tipo están unidos eléctricamente al plano de masa (32).

45                   

10. Reflector de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el cual los dos valores de ángulo entorno al valor de cero grados son sustancialmente iguales a -120 grados y +120 grados.

11. Dispositivo de antena que comprende una antena alámbrica plana con polarización circular (2) que puede emitir una radiación electromagnética en una banda de frecuencias predeterminada y un reflector de antena (3) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

50                   

12. Procedimiento de realización de un reflector de antena (3) para una antena alámbrica plana con polarización circular (2) que puede emitir una radiación electromagnética en dos direcciones ortogonales al plano de la antena (2) en una banda de frecuencias predeterminada, **caracterizado porque** comprende las siguientes etapas:

■ una etapa (101) de determinación, en una zona de campo próximo, de una distribución de amplitud de una radiación electromagnética adaptada para que la emita la antena (2) en ausencia del reflector de antena (3) para al menos una primera y una segunda subbandas de frecuencias pertenecientes a la banda de frecuencias predeterminada;

5 ■ una etapa (104) de determinación de la forma y de las dimensiones de una primera zona de reflexión (341A) del reflector de antena (3) adaptada para reflejar, con un desplazamiento de fase próximo a 180 grados, un campo eléctrico de la radiación electromagnética denominada trasera cuya frecuencia está comprendida en la primera subbanda de frecuencias, de tal modo que esta primera zona de reflexión (341A) pueda quedar frente a la zona de la antena (2) en la que la radiación electromagnética adaptada para que la emita la antena (2) en la primera subbanda de frecuencias tiene la mayor amplitud, a una distancia que permite que el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera reflejada se encuentre sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética denominada delantera; y

15 ■ una etapa (105) de determinación de la forma y de las dimensiones de una segunda zona de reflexión (342A) del reflector de antena (3) adaptada para reflejar, con un desplazamiento de fase comprendido entre dos valores de ángulo entorno al valor de cero grados, el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera cuya frecuencia está comprendida en la segunda subbanda de frecuencias, de tal modo que esta segunda zona de reflexión (342A) pueda quedar frente a la zona de la antena (2) en la que la radiación electromagnética adaptada para que la emita la antena (2) en la segunda subbanda de frecuencias tiene la mayor amplitud, a una distancia que permite que el campo eléctrico de la radiación electromagnética trasera reflejada se encuentre sustancialmente en fase con el campo eléctrico de la radiación electromagnética delantera.

13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además las siguientes etapas:

25 ■ una etapa de determinación de una distancia mínima  $d_{Emin}$  que puede separar la antena (2) de la primera zona de reflexión (341A) del reflector de antena (3) sin alterar de forma significativa la distribución de amplitud de la radiación electromagnética emitida por la antena (2) en la primera subbanda de frecuencias;

30 ■ una etapa de determinación de una distancia mínima  $d_{Bmin}$  que puede separar la antena (2) de la segunda zona de reflexión (342A) del reflector de antena (3) sin alterar de forma significativa la distribución de amplitud de la radiación electromagnética emitida por la antena (2) en la segunda subbanda de frecuencias.

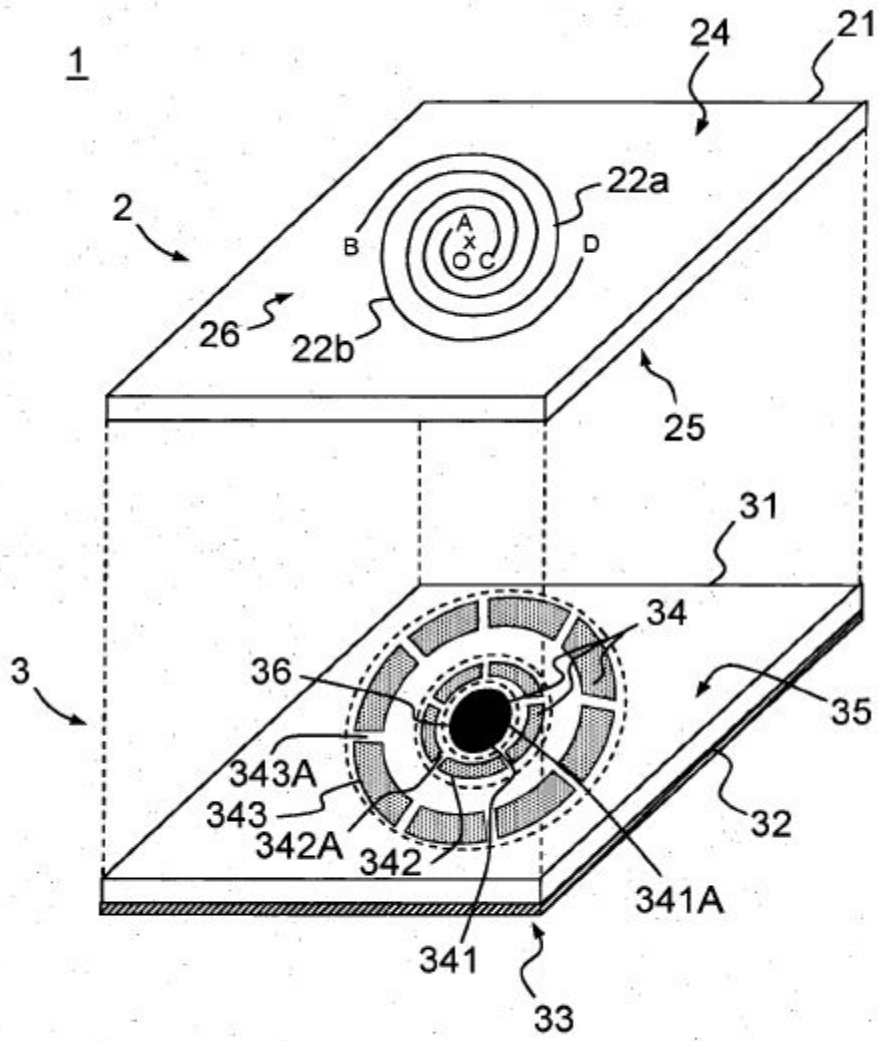


FIG. 1

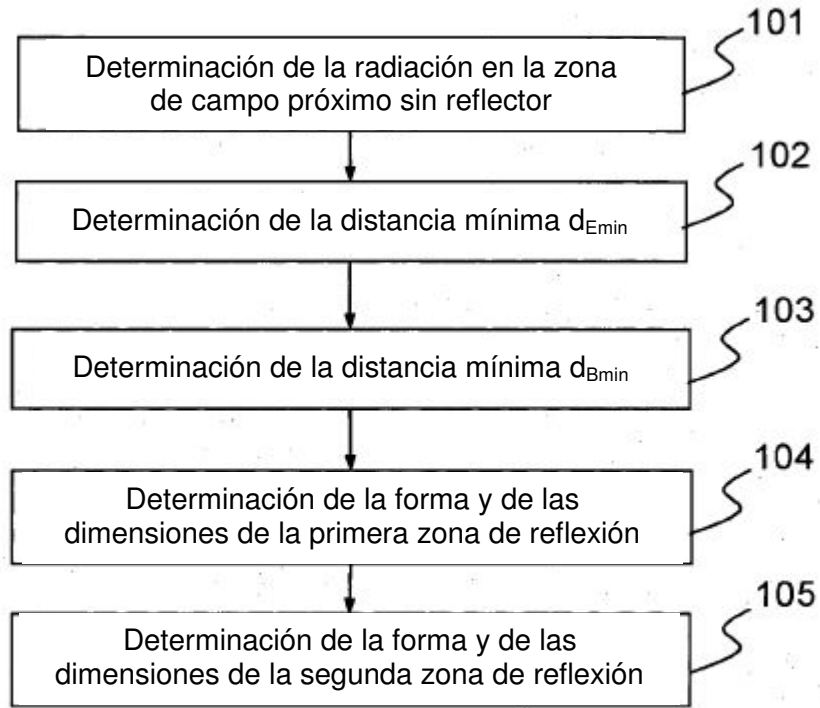


FIG.2

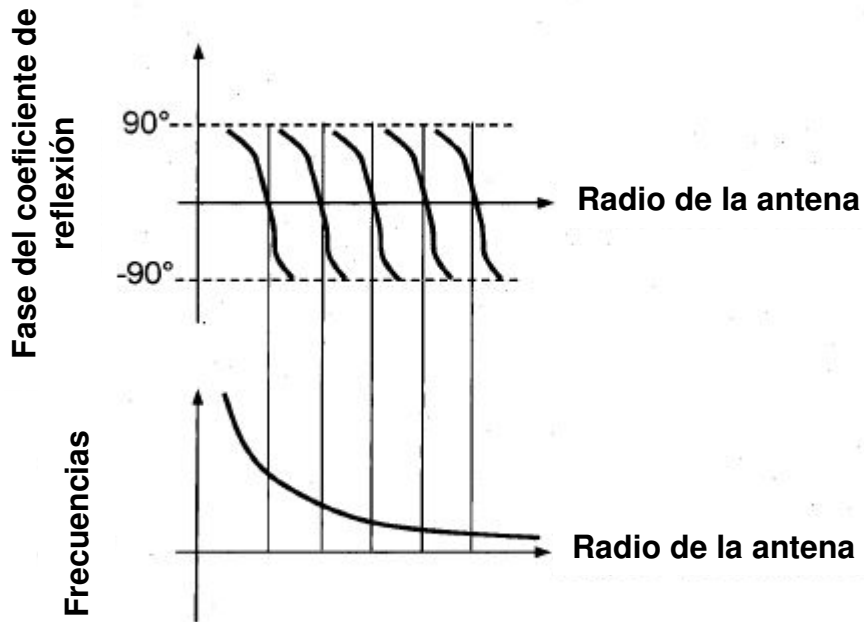


FIG.4

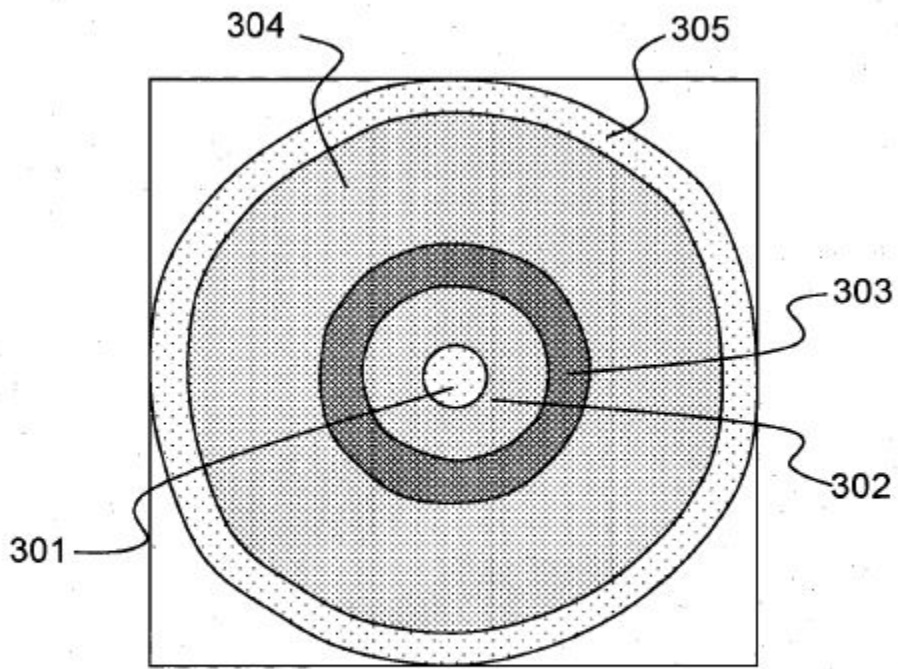


FIG. 3a

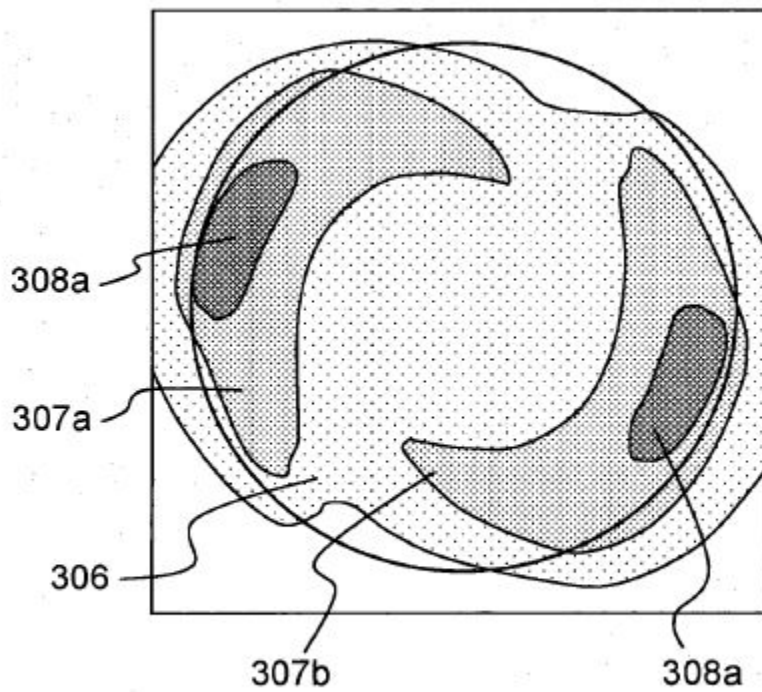


FIG. 3b