

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 926 348**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2018** **PCT/FR2018/052456**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.04.2019** **WO19069033**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2018** **E 18793251 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2022** **EP 3692598**

54 Título: **Antena con sustrato ferromagnético dispersivo parcialmente saturado**

30 Prioridad:

04.10.2017 FR 1759284

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

25.10.2022

73 Titular/es:

TDF (50.0%)
155 bis Avenue Pierre Brossolette
92120 Montrouge, FR y
UNIVERSITÉ DE RENNES I (50.0%)

72 Inventor/es:

KAVERINE, EVGUENI;
PALUD, SÉBASTIEN;
COLOMBEL, FRANCK y
HIMDI, MOHAMED

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 926 348 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 con sustrato ferromagnético dispersivo parcialmente saturado

5 1. CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

La invención se refiere a una antena con sustrato ferromagnético. En particular, la invención se refiere a una antena con sustrato ferromagnético ultracompacto en el plano vertical con respecto a la longitud de onda, que puede ser utilizada en recepción o en transmisión en las bandas de frecuencias kilométricas (30-300 kHz), hectométricas (0, 3-3 MHz), decamétricas (3-30 MHz) y métricas (30-300 MHz).

La antena es particularmente adecuada, por ejemplo, en sistemas de transmisión de banda ancha o de banda estrecha de media y alta potencia que transmiten información en forma de señales moduladas o no moduladas y que se propagan por vía hertziana. Según determinadas formas de realización, la antena favorece la propagación de la onda en una dirección privilegiada (antena direccional).

15 2. ANTECEDENTE TECNOLÓGICO

Las antenas eléctricamente pequeñas tienen una impedancia que presenta una fuerte componente reactiva que no permite su uso de manera efectiva y directa en sistemas con impedancia real normalizada (que suele ser 50 Ω).

La adaptación de impedancias de este tipo de antena es a menudo difícil y suele permitir la sintonización solamente en una banda de frecuencias estrecha. El estrecho ancho de banda de una antena de este tipo suele ser inestable, lo que es particularmente problemático en la transmisión, en particular para aplicaciones de alta potencia.

Se han buscado soluciones para estabilizar esta variación de impedancia y así aumentar el ancho de banda de la antena. Sin embargo, estas soluciones reducen de manera significativa la eficiencia de radiación de la antena, dejándola inutilizable en las condiciones deseadas.

En el artículo titulado "Sintonización magnética de una antena de microbanda sobre un sustrato de ferrita" publicado en Electronic Letters, el 9 de junio de 1998, vol. 24, núm. 12, págs. 730-731 (referencia D1 siguiente), D.M. Pozar y V. Sánchez describen la adaptación de impedancia de una antena de microbanda de sustrato de ferrita para aplicaciones de alta frecuencia, es decir, superiores a 2,8 GHz. Para ello, se describe la aplicación de un campo magnético a dicho sustrato fabricado en YIG G-113 de tipo ferrimagnético y de bajas pérdidas a altas frecuencias. Se ha comprobado que el uso de este material limita el factor de miniaturización de la antena.

En el artículo titulado "Propiedades magnetodieléctricas de cerámica nanométrica basada en ferrita dopada en una banda de muy alta frecuencia", publicado en Engineering Science and Technology, International Journal 19 (2016) págs. 911-916, Ashish Saini et al., describen un material magneto-dieléctrico cuyas pérdidas dieléctricas y magnéticas buscan reducir para miniaturizar las antenas de radar que funcionan en el entorno de 100 MHz.

40 3. OBJETOS DE LA INVENCION

La invención pretende superar al menos algunos de los inconvenientes de las antenas eléctricamente pequeñas conocidas.

En particular, la invención tiene como objeto proporcionar, en al menos una forma de realización de la invención, una antena polarizada verticalmente ultracompacta en el plano vertical y de banda ancha que puede funcionar en la transmisión.

La invención también tiene como objeto proporcionar, en al menos una forma de realización, una antena que proporcione una buena eficiencia de radiación mientras mantiene un ancho de banda amplio al estabilizar la variación de la impedancia.

La invención también tiene como objeto proporcionar, en al menos una forma de realización de la invención, una antena direccional (o antena directiva).

55 4. DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Para ello, la invención se refiere a una antena tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Por definición, una ferrita dispersiva presenta altas pérdidas dieléctricas y/o altas pérdidas magnéticas. El sustrato ferromagnético dispersivo utilizado en el contexto de la presente invención consiste, en particular, en ferrita de tipo espinela que es muy adecuada para la fabricación de antenas magnéticas de gran ancho de banda y de pequeño tamaño. Por lo tanto, una antena, según la invención, permite gracias a la utilización de un sustrato ferromagnético dispersivo (ferrita dispersiva) parcialmente saturado (es decir, cuyas pérdidas magnéticas y de permeabilidad

magnética relativa se reducen de manera local y gradual), garantizar una buena eficiencia de radiación mientras mantiene un gran ancho de banda mediante la estabilización de la variación de la impedancia. En efecto, la ferrita dispersiva permite esta estabilización de la impedancia, pero reduce en gran medida la radiación. Además, la ferrita dispersiva puede experimentar un calentamiento rápido y una degradación del rendimiento en las proximidades del punto de Curie durante las transmisiones de larga duración y de alta potencia. La modificación gradual y local de las características de la ferrita permite compensar esta reducción de radiación con el fin de alcanzar una ganancia adecuada, manteniendo la estabilización de la impedancia, y con un calentamiento reducido en modo de transmisión.

La antena así realizada es una antena de polarización vertical ultracompacta en el plano vertical (altura de $\lambda/1400$ por ejemplo, a $\lambda=30$ MHz) y de banda ancha que puede funcionar en transmisión. Los términos "plano vertical" y "plano horizontal" se entienden considerando la antena en su disposición durante su funcionamiento preferencial en polarización vertical, pudiendo la antena, por supuesto, tener una orientación diferente cuando no está en funcionamiento y/o cuando la polarización deseada es diferente (en particular horizontal).

Una alta permeabilidad magnética relativa es típica de los materiales ferromagnéticos, y está muy por encima de 1, en particular entre 10 y 10000. La tangente de alta pérdida magnética, correspondiente a altas pérdidas magnéticas, se designa a menudo con el símbolo $\tan \delta$ cuyo valor es mayor que 0,1. La tangente de pérdida magnética corresponde a la relación entre la parte imaginaria y la parte real de la permeabilidad magnética relativa. El alto valor de estas características magnéticas depende de la frecuencia utilizada. Estos valores se proporcionan a la frecuencia de trabajo de la antena, es decir, a una frecuencia incluida en una banda de frecuencias sobre la que se realiza la adaptación de impedancias de la antena. En el contexto de la presente invención, se recuerda que la antena es adecuada para recibir o transmitir en una frecuencia comprendida entre las bandas de frecuencias kilométricas (30-300 kHz), hectométricas (0,3-3 MHz), decamétricas (3-30 MHz) o métricas (30-300 MHz). De este modo, la frecuencia máxima de trabajo de la antena es del orden de magnitud de 300 MHz (es decir, correspondiente al límite superior de la banda de frecuencia métrica 30 - 300 MHz).

A estas frecuencias, en particular a las frecuencias situadas en la parte inferior de las bandas (es decir, 30 kHz, 0,3 MHz o 30 MHz), la alta permeabilidad magnética relativa de la ferrita dispersiva permite aumentar el factor de miniaturización de la antena. Por ejemplo, la antena ilustrada en la Figura 1 tiene una dimensión máxima inferior a $0,03 \lambda$ a una frecuencia de trabajo igual a 30 MHz (λ designa la longitud de onda correspondiente) o inferior a $0,01 \lambda$ considerando solamente las partes metálicas radiantes de la antena.

En comparación, las dimensiones máximas de la parte radiante de la antena de D1 estarían limitadas a $0,22 \lambda$ a esta misma frecuencia de trabajo. Dicha limitación proviene del hecho de que solamente la alta permitividad del material YIG G-113 contribuye a la reducción del tamaño de la antena. Por el contrario, la permeabilidad magnética y la permitividad relativa de la ferrita dispersiva, según las especificidades de la invención, contribuyen ambas a aumentar el factor de miniaturización de la antena y con la particularidad de que la contribución de la permeabilidad magnética es mayor que la de la permitividad. La modificación gradual y local permite reducir, a nivel local y gradual, estos valores, en particular hasta una permeabilidad magnética relativa inferior a la permeabilidad de la ferrita, normalmente comprendida entre 1 y 100 y siempre superior a 1, y una tangente de pérdidas magnéticas inferiores. La ferrita dispersiva es, por lo tanto, no homogénea.

La antena también tiene directividad en el plano horizontal, sin necesidad de estar conectada en red con otras antenas o recurrir a uno o más elementos parásitos externos.

El metal no ferroso que forma las placas es, por ejemplo, cobre, latón, aluminio, etc.

Según las formas de realización, los medios de modificación local de las características magnéticas de la ferrita dispersiva son un imán (imán permanente o un electroimán), o al menos una pieza de material de baja permeabilidad magnética relativa y de baja tangente de pérdidas.

El imán está dispuesto sobre una placa metálica de la antena, preferentemente sobre la parte radiante.

Cuando el imán es un electroimán, éste es alimentado por un generador de corriente continua, preferentemente variable, lo que permite modificar la intensidad del campo magnético generado por el electroimán, modificando así los rendimientos de la antena (parámetros S, ganancia y forma del diagrama de radiación). La ganancia se puede variar, por ejemplo, a solicitud, o se puede ajustar la impedancia para lograr la deseada en el sistema al que está conectada la antena, por ejemplo, a 50Ω .

La pieza o piezas de material insertadas están incluidas en la fabricación de la ferrita. La disposición de las piezas se puede configurar para lograr el rendimiento deseado.

De manera ventajosa y según la invención, la ferrita dispersiva tiene un tamaño en el plano horizontal superior al tamaño de las placas metálicas.

Según este aspecto de la invención, el tamaño de las ferritas mayor que las placas metálicas permite mejorar la eficiencia de la radiación. Si la antena es del tipo monopolo, esta característica también permite aumentar la directividad. El tamaño de las ferritas puede ser mayor en una sola dirección.

- 5 De manera ventajosa y según la invención, la antena comprende al menos un cortocircuito que conecta el plano de masa y la parte radiante, en contacto con un contorno de la ferrita dispersiva.

Según este aspecto de la invención, una antena sin cortocircuito es una antena de tipo monopolo, una antena que tiene un cortocircuito es una antena de tipo semiabierta, y una antena que tiene un cortocircuito dispuesto en opuesta del excitador, en el contorno de la ferrita dispersiva, forma una antena de tipo bucle.

De manera ventajosa y según la invención, la antena comprende una sucesión de ferrita dispersiva e imán apilados de manera alternativa entre la parte radiante y el plano de masa.

- 15 Según este aspecto de la invención, la antena forma así una antena apilada.

Las antenas apiladas permiten obtener mayores ganancias. También es posible variar el grado de saturación de las ferritas dispersivas según las capas, permitiendo así una modificación de la adaptación, de la ganancia y de la radiación.

20 De manera ventajosa y según este último aspecto de la invención, la parte radiante comprende una placa metálica entre cada ferrita e imán.

De manera ventajosa y según este último aspecto de la invención, las placas metálicas están interconectadas.

25 La invención también se refiere a una antena caracterizada en combinación por la totalidad o algunas de las características mencionadas con anterioridad o a continuación.

5. LISTA DE LAS FIGURAS

30 Otros fines, características y ventajas de la invención aparecerán con la lectura de la siguiente descripción dada a título no limitativo y que se refiere a las figuras adjuntas en las que:

- 35 - la Figura 1 es una vista esquemática en perspectiva en despiece de una antena según una primera forma de realización de la invención;
- la Figura 2 es una vista esquemática en perspectiva en despiece de una antena según una segunda forma de realización de la invención;
- 40 - la Figura 3 es una vista esquemática en sección lateral de una antena según la primera forma de realización de la invención;
- la Figura 4 es una vista esquemática en sección lateral de una antena según una tercera forma de realización de la invención;
- 45 - la Figura 5 es una vista esquemática en sección lateral de una antena según la segunda forma de realización de la invención;
- 50 - la Figura 6 es un mapa de campo magnético que representa la distribución del campo magnético de radiofrecuencia en la ferrita dispersiva de una antena vista desde arriba según la primera forma de realización de la invención sin imán;
- la Figura 7 es un mapa de campo magnético que representa la distribución del campo magnético de radiofrecuencia en la ferrita dispersiva de una antena vista desde arriba según la primera forma de realización de la invención con imán;
- 55 - la Figura 8 es un mapa de campo magnético que representa la distribución del campo magnético estático en la ferrita dispersiva de una antena vista desde arriba según la primera forma de realización de la invención con imán;
- 60 - la Figura 9 es un gráfico que representa la tangente de las pérdidas magnéticas en la ferrita dispersiva de una antena según una forma de realización de la invención en función de la frecuencia, en ausencia o en presencia de imanes que tengan diferentes valores de inducción magnética;
- 65 - las Figuras 10a y 10b son gráficos que representan, respectivamente, la parte real y la parte imaginaria de la permeabilidad magnética relativa en la ferrita dispersiva de una antena según una forma de realización de la

invención en función de la frecuencia, en ausencia o en presencia de imanes con diferentes valores de inducción magnética;

- 5 - las Figuras 11a, 11b y 11c son vistas esquemáticas desde arriba de la ferrita dispersiva de antena según diferentes formas de realización de la invención, que comprenden un imán;
- la Figura 12 es una vista esquemática superior de una antena según una forma de realización de la invención, que comprende un electroimán;
- 10 - la Figura 13 es un gráfico que representa el coeficiente de reflexión S_{11} de una antena según la primera forma de realización de la invención en ausencia o en presencia de imanes de diferentes valores de inducción magnética;
- la Figura 14 es un gráfico que representa el coeficiente de reflexión S_{11} de una antena según la primera forma de realización de la invención en ausencia o en presencia de un imán permanente de 2000 gauss (G);
- 15 - la Figura 15 es un gráfico que representa el coeficiente de reflexión S_{11} de una antena según la segunda forma de realización de la invención en ausencia o en presencia de un imán permanente de 2000 gauss (G);
- la Figura 16 es un diagrama de radiación de una antena según la primera forma de realización de la invención en ausencia o en presencia de un imán permanente de 2000 gauss (G);
- 20 - la Figura 17 es un diagrama de radiación de una antena según la segunda forma de realización de la invención en ausencia o en presencia de un imán permanente de 2000 gauss (G);
- 25 - las Figuras 18a, 18b y 18c son vistas superiores esquemáticas de antenas según diferentes formas de realización de la invención, que comprenden una pieza insertada;
- la Figura 19 es una vista en perspectiva esquemática de una antena denominada apilada según una cuarta forma de realización de la invención;
- 30 - la Figura 20 es una vista en perspectiva esquemática de una antena denominada apilada según una quinta forma de realización de la invención;
- la Figura 21 es una vista en perspectiva esquemática de una antena denominada apilada según una sexta forma de realización de la invención;
- 35 - la Figura 22 es una vista en perspectiva esquemática de una antena denominada apilada según una séptima forma de realización de la invención;
- 40 - la Figura 23 es una vista en perspectiva esquemática de una antena denominada apilada según una octava forma de realización de la invención;
- la Figura 24 es una vista en perspectiva esquemática de una antena denominada apilada según una novena forma de realización de la invención;
- 45 - la Figura 25 es una vista esquemática en perspectiva de una antena según una décima forma de realización de la invención;
- la Figura 26 ilustra ejemplos de posicionamiento del imán sobre la parte radiante de la antena en el caso de una antena monopolo;
- 50 - la Figura 27 ilustra un ejemplo de posicionamiento del imán sobre la parte radiante de la antena en el caso de una antena semiabierta (bucle).

55 6. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UNA FORMA DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

Las siguientes formas de realización son a modo de ejemplo. Aunque la descripción se refiere a una o más formas de realización, ello no significa necesariamente que cada referencia sea a la misma forma de realización, o que las características se apliquen solamente a una única forma de realización. Las características simples de diferentes formas de realización también se pueden combinar para proporcionar otras formas de realización. En las figuras, las escalas y proporciones no se cumplen estrictamente, si no que su objeto es para fines ilustrativos y de claridad.

Los valores de la inducción magnética de los imanes se expresan en gauss en esta solicitud, 1 gauss (de símbolo G) equivale a 10^{-4} tesla (de símbolo T).

Las antenas que se muestran están dispuestas según su modo de funcionamiento preferido con una polarización vertical. λ designa la longitud de onda en la frecuencia principal (frecuencia central si se emite en una banda de frecuencia) de emisión o de recepción de la antena.

5 La Figura 1 muestra, de manera esquemática, en perspectiva en despiece, una antena según una primera forma de realización de la invención. La Figura 3 representa, de manera esquemática, en sección lateral una antena según la primera forma de realización de la invención.

10 La antena comprende dos placas de metales no ferrosos (por ejemplo, cobre, latón, aluminio, etc.), una primera placa que forma una parte radiante 4_H y una segunda placa que forma un plano de masa 4_B . Entre las dos placas de metal se coloca un sustrato ferromagnético dispersivo, denominado ferrita dispersiva 1. Las placas de metal y la ferrita dispersiva 1 se presentan bajo una forma plana que se extiende principalmente según un plano horizontal, para presentar un volumen vertical mínimo para una antena con polarización vertical.

15 La parte radiante 4_H cubre total o parcialmente la ferrita dispersiva 1, y puede estar compuesta por varias partes que tienen diferentes formas conectadas entre sí. La parte radiante 4_H también puede tomar varias formas complejas, por ejemplo, un meandro, tal como se muestra con referencia a la Figura 25 según una forma de realización de la invención.

20 En esta forma de realización, la ferrita dispersiva 1 tiene un tamaño horizontal mayor que las placas metálicas, en particular según una longitud (las placas son cuadradas mientras que la ferrita dispersiva 1 es rectangular), lo que permite una mejora en la radiación (mayor ganancia). Según otras formas de realización, la ferrita y las placas tienen el mismo tamaño en el plano horizontal o formas diferentes.

25 La ferrita dispersiva 1 comprende un orificio 8 que permite el paso de un excitador 6 unido a un conector 7. Cuando el conector 7 es una toma de tipo coaxial, su núcleo se conecta al excitador 6 y su conductor externo se une al plano de masa. La parte radiante y el plano de masa no están conectados directamente por un elemento conductor tal como un cortocircuito, siendo la antena así formada una antena monopolo.

30 La antena comprende medios para la modificación local de las características magnéticas de la ferrita dispersiva, en este caso un imán 5 dispuesto sobre una de las placas metálicas, preferentemente la parte radiante tal como se muestra en esta forma de realización. Al disponer el imán 5, en la parte radiante de la antena, es posible lograr un rendimiento de antena más elevado con una ganancia más alta en una dirección dada.

35 Por ejemplo, el imán 5 tiene forma rectangular. Tiene una longitud de 47 mm, una anchura de 22 mm y una altura de 12 mm. El sustrato consiste en un mosaico de material ferrítico referenciado 4S60. El mosaico tiene forma cuadrada. Mide 100 mm de largo, 100 mm de ancho y 7 mm de espesor. De este modo, el imán 5 tiene una superficie correspondiente a aproximadamente el 10,34% de la superficie total del sustrato. Dichas proporciones aseguran en particular una modificación local y gradual de las características magnéticas de la ferrita dispersiva por parte del imán.

40 La distancia entre la parte radiante y el plano de masa, correspondiente al espesor de la ferrita, suele estar comprendida entre $\lambda/50.000$ y $\lambda/500$ según la frecuencia utilizada.

45 La Figura 2 muestra, de manera esquemática, en perspectiva en despiece, una antena según una segunda forma de realización de la invención. La Figura 5 representa, de manera esquemática, en sección lateral una antena según la segunda forma de realización de la invención.

50 La segunda forma de realización es idéntica a la primera forma de realización de la invención, excepto por la presencia de un cortocircuito 2 que conecta la parte radiante al plano de masa, estando el cortocircuito 2 alejado del excitador 6 para formar una antena de tipo semiabierto (o bucle semiabierto) gracias a la ausencia de cortocircuito a nivel de la zona 3 opuesta al cortocircuito 2.

La Figura 4 muestra, de manera esquemática, en sección lateral, una antena según una tercera forma de realización de la invención.

55 Esta forma de realización es similar a la segunda forma de realización en donde el excitador 6 ya no está dispuesto en el centro de la ferrita ni atravesando esta última, sino en un contorno de la ferrita para extenderse entre el plano de masa 4_B y la parte radiante 4_H , en el nivel de la abertura de la segunda forma de realización. El excitador 6, la parte radiante 4_H , el cortocircuito 2 y el plano de masa 4_B forman así un bucle, siendo así la antena una antena de tipo bucle.

60 La Figura 6 es un mapa de campo magnético que representa la distribución del campo magnético de radiofrecuencia en la ferrita dispersiva de una antena vista desde arriba según la primera forma de realización de la invención sin imán, y la Figura 7 es un mapa de campo magnético que representa la distribución del campo magnético de radiofrecuencia en la ferrita dispersiva de una antena vista desde arriba según la primera forma de realización de la invención con imán. Los campos magnéticos de radiofrecuencia se miden en dB μ A/m. La Figura 8 es un mapa de campo magnético que representa la distribución del campo magnético estático en la ferrita dispersiva de una antena vista desde arriba

según la primera forma de realización de la invención con imán. El campo magnético estático se expresa en gauss (G). Por ejemplo, el imán 5 es un imán permanente que emite un campo estático de 2000 G o 0,2 Tesla (T).

Conviene señalar que en la Figura 7 la introducción de una asimetría de amplitud debido a la falta de homogeneidad del campo de control estático generado por el imán (que se muestra en la Figura 8). Este campo estático generado por el imán causa una modificación local de las características de la ferrita dispersiva. En particular, esta modificación es una reducción local y gradual de la permeabilidad magnética relativa y de las pérdidas magnéticas de la ferrita dispersiva. Desde un punto de vista del funcionamiento de la antena, lo que antecede da como resultado una asimetría en el diagrama de radiación que conduce a un aumento en la directividad de la antena, tal como se puede observar, a modo de ejemplo, en la Figura 16. Además, como la permeabilidad magnética relativa y las pérdidas de la ferrita se reducen (véase Figura 9), la ganancia se incrementa de forma muy favorable.

Para formar esta asimetría, el imán 5 está, de manera ventajosa, dispuesto excéntrico con respecto al excitador 6. De manera preferible, el imán 5 está adosado a uno de los lados del sustrato de ferrita 1. Por ejemplo, cuando la antena es de tipo monopolo, el imán 5 está preferiblemente dispuesto en una de las cuatro zonas 51, 52, 53, 54, tal como se ilustra en la Figura 26. Cuando la antena es del tipo semiabierta, el imán 5 está dispuesto preferentemente al nivel de la zona que forma la abertura (referencia 3 de las Figuras 2 y 5). En este caso, el imán 5 está dispuesto en una zona descentrada 50, opuesta al cortocircuito 2 tal como se ilustra en la Figura 27.

En el ejemplo descrito con anterioridad con referencia a la Figura 1, el imán 5 cubre aproximadamente el 10,34 % de la superficie del sustrato 1. Sin embargo, el imán 5 también puede cubrir toda la superficie de la ferrita, en cuyo caso el diagrama de radiación no cambia, pero la antena tiene una mejor eficiencia de radiación.

La ferrita dispersiva, sin modificación local de las características, permite estabilizar la variación de la impedancia de la antena y, por lo tanto, aumentar el ancho de banda de la misma, pero conduce a una disminución de la eficiencia de radiación. La modificación local de las características permite conservar esta ventaja de estabilización de la variación de impedancia y de aumento del ancho de banda compensando la caída de la eficiencia de radiación para obtener una antena de alto rendimiento.

La Figura 9 es un gráfico que representa, en una escala logarítmica, las pérdidas magnéticas, representadas por la tangente de pérdidas magnéticas en la ferrita dispersiva de una antena según una forma de realización de la invención, en función de la frecuencia (en MHz en una escala logarítmica), en ausencia (curva 0 G) o en presencia de imanes con diferentes valores de inducción magnética (620 G, 1680 G y 2410 G). Las Figuras 10a y 10b son gráficos que representan, respectivamente, la parte real y la parte imaginaria de la permeabilidad magnética relativa en la ferrita dispersiva de una antena según una forma de realización de la invención en función de la frecuencia (en MHz en escala logarítmica), en ausencia (curva 0 G) o en presencia de imanes con diferentes valores de inducción magnética (620 G, 1680 G y 2410 G). Los resultados experimentales presentados en los diagramas de las Figuras 9 y 10 se obtuvieron con una ferrita de NiZn, disponible comercialmente con la referencia 4S60 y que suele utilizarse por sus propiedades de atenuación de ondas de radio a frecuencias superiores a 1 GHz.

Se pueden obtener resultados similares con otras ferritas dispersivas, en particular con las ferritas de tipo espinela, que presenta, a la vez, una permeabilidad magnética relativa alta de entre 10 y 10.000 y una tangente de pérdida magnética alta superior a 0,1. Conviene señalar que la permeabilidad magnética relativa y la tangente de pérdidas magnéticas dependen no solamente del material sino también de la frecuencia de trabajo de la antena considerada. En el contexto de la presente invención, la frecuencia de trabajo se mantiene por debajo de 300 MHz.

Las partes reales e imaginarias de la permeabilidad magnética relativa se indican normalmente con los símbolos μ' y μ'' , respectivamente.

La tangente de pérdida magnética (a menudo designada con el símbolo $\tan \delta$) es la relación entre la parte imaginaria y la parte real de la permeabilidad magnética relativa.

La tangente de pérdidas magnéticas y las partes reales e imaginarias de la permeabilidad magnética relativa se miden en la ferrita dispersiva al nivel de las zonas en donde se modifican las características magnéticas de la ferrita dispersiva.

Tal como se ilustra en los gráficos, en presencia de un imán, las pérdidas magnéticas y la permeabilidad magnética relativa disminuyen, lo que permite obtener los efectos sobre la ganancia y la radiación descritos con anterioridad. Esta reducción es tanto más importante cuanto que es importante el valor de la inducción magnética del imán.

En los gráficos de las Figuras 10a y 10b, la reducción de la permeabilidad magnética relativa es particularmente visible en las frecuencias entre 1 y 30 MHz, que forma parte de la banda de frecuencias objeto de la invención. Por encima de 100 MHz, la permeabilidad magnética relativa es baja en todos los casos.

Las ferritas de dispersivas de tipo espinela, en particular NiZn, conocidas por tener una alta permeabilidad magnética, se utilizan por lo general para formar recubrimientos destinados a absorber ondas electromagnéticas, en particular las

paredes de las cámaras anecoicas que funcionan a frecuencias de hasta 1000 MHz. En el contexto de la presente invención, se utiliza, de manera ventajosa, este tipo de ferrita.

Las Figuras 11a, 11b y 11c representan, de manera esquemática, desde arriba, antenas según diferentes formas de realización de la invención, que comprenden un imán permanente. La forma de los imanes se puede cambiar, lo que da como resultado una distribución diferente del campo magnético generado. Esta distribución diferente conduce a una modificación del diagrama de radiación de la antena que, por lo tanto, puede adaptarse según las necesidades. Las formas mostradas como ejemplos son rectangulares (Figura 11a), circulares (Figura 11b) o triangulares (Figura 11c).

La Figura 12 representa, de manera esquemática desde arriba, una antena según una forma de realización de la invención, que comprende un electroimán 5. El electroimán puede sustituir a un imán permanente en las diferentes formas de realización de la antena. El electroimán es alimentado por un generador de corriente variable 9, lo que permite modificar el valor del campo magnético que genera. Por lo tanto, es posible influir en el rendimiento, tales como en los parámetros S de la antena, la ganancia y en la forma del diagrama de radiación.

La Figura 13 es un gráfico que representa el coeficiente de reflexión S_{11} de una antena según la primera forma de realización de la invención en ausencia (curva 0 G) o en presencia de imanes de diferentes valores de inducción magnética (780 G, 850 G, 1430 G), por ejemplo, de un electroimán, en función de la frecuencia (en MHz). El coeficiente de reflexión S_{11} permite determinar la adaptación de impedancia de la antena. Utilizando el imán apropiado o por ajuste con un electroimán, es posible elegir el valor del campo magnético para tener la adaptación de impedancia deseada, por ejemplo, 50 Ω .

La Figura 14 es un gráfico que representa el coeficiente de reflexión S_{11} de una antena según la primera forma de realización de la invención en ausencia (curva SA de "sin imán") o en presencia (curva AA de "con imán") de un imán permanente de 2000 G, en función de la frecuencia (en MHz). La antena en este caso es del tipo monopolo.

La Figura 15 es un gráfico que representa el coeficiente de reflexión S_{11} de una antena según la segunda forma de realización de la invención en ausencia (curva SA) o en presencia (curva AA) de un imán permanente de 2000 G, en función de la frecuencia (en MHz). La antena en este caso es del tipo semiabierto.

La Figura 16 es un diagrama de radiación de una antena según la primera forma de realización de la invención en ausencia (curva SA) o en presencia (curva AA) de un imán permanente de 2000 G.

La antena, sin imán, es una antena omnidireccional de baja ganancia, mientras que la antena de tipo monopolo con un imán según la invención es direccional y tiene una mayor ganancia en todas las direcciones. La Figura 17 es un diagrama de radiación de una antena según la segunda forma de realización de la invención en ausencia (curva SA) o en presencia (curva AA) de un imán permanente de 2000 G.

La antena sin imán es una antena direccional de baja ganancia, mientras que la antena semiabierto con imán, según la invención, tiene un diagrama prácticamente similar, pero tiene mayor ganancia en todas las direcciones.

En general, el diagrama de radiación de la antena, tal como se muestra en las Figuras 16 y 17, también se puede ajustar según la posición relativa del imán 5 con respecto al sustrato 1.

Las Figuras 18a, 18b y 18c son vistas esquemáticas desde arriba de la ferrita dispersiva de antena según diferentes formas de realización de la invención, que comprende una pieza insertada.

Las piezas insertadas 10 son piezas de material de baja permeabilidad magnética relativa y de bajas pérdidas magnéticas insertadas en la ferrita dispersiva y que causan una reducción gradual y local de la permeabilidad magnética y de las pérdidas magnéticas de la ferrita dispersiva.

La baja permeabilidad magnética relativa significa valores de permeabilidad magnética relativa inferiores a 10. Las bajas pérdidas magnéticas significan valores de tangente de pérdida magnética inferiores a 0,1. Tal como se indicó con anterioridad, estos valores deben considerarse a la frecuencia de trabajo de la antena, es decir, a una frecuencia comprendida en una banda de frecuencias en donde se realiza la adaptación de impedancia de la antena.

La pieza o piezas insertadas 10 pueden ocupar el lugar del imán (permanente o electroimán) en todas las formas de realización de antena descritas con anterioridad. Al igual que el imán, pueden tomar diferentes formas, tales como las que se muestran en las Figuras 18a, 18b y 18c, a modo de ejemplo. Las figuras son similares a las Figuras 11a, 11b y 11c, pero las piezas 10 están, en este caso, insertadas en la ferrita dispersiva 1 en lugar de estar dispuestas arriba sobre una placa de metal (tal como el imán). Las zonas sombreadas que se muestran pueden estar compuestas por una sola pieza insertada en un bloque o por varias piezas insertadas dispuestas una al lado de la otra. Diferentes piezas pueden tener diferentes permeabilidades y/o tangentes de pérdida (siempre más bajas que la ferrita dispersiva 1).

Como para el imán, las formas pueden actuar sobre las características de la antena, en particular sobre su directividad.

La Figura 19 representa, de manera esquemática, en perspectiva una antena denominada apilada según una cuarta forma de realización de la invención.

Una antena apilada según la invención comprende varias ferritas dispersivas y varios imanes apilados entre el plano de masa y al menos una placa metálica de la parte radiante.

En esta cuarta forma de realización de la invención, la parte radiante 4_H está formada por varias placas metálicas conectadas en S o en zigzag, entre las que se encuentra, de manera alternativa, una ferrita dispersiva o un imán, de forma que existan tantas ferritas dispersivas como imanes. Por ejemplo, en este caso, la antena comprende dos ferritas dispersivas 1_1 y 1_2 y dos imanes permanentes 5_1 y 5_2 . La parte radiante 4_H está conectada al plano 4_B por un cortocircuito 2. El excitador 6 atraviesa todas las ferritas e imanes y toca solamente la placa superior de la parte radiante 4_H .

La Figura 20 representa, de manera esquemática, en perspectiva, una antena denominada apilada según una quinta forma de realización de la invención.

La antena de esta forma de realización es idéntica a la cuarta forma de realización, excepto que el excitador está desplazado en lugar del cortocircuito y alimenta la antena entre el plano de masa 4_B y la placa de la parte 4_H que es la más próxima del plano de masa 4_B .

La Figura 21 representa, de manera esquemática, en perspectiva, una antena denominada apilada según una sexta forma de realización de la invención.

La antena de esta forma de realización es idéntica a la cuarta forma de realización, excepto que no incluye el cortocircuito 2.

La Figura 22 representa, de manera esquemática, en perspectiva, una antena denominada apilada según una séptima forma de realización de la invención.

En esta forma de realización, la antena comprende una única placa metálica que forma la parte radiante 4_H , y entre la parte radiante 4_H y el plano de masa 4_B existe un apilamiento de ferritas dispersivas e imanes alternos, en este caso, dos ferritas dispersivas 1_1 y 1_2 y dos imanes permanentes 5_1 y 5_2 .

La Figura 23 representa, de manera esquemática, en perspectiva, una antena denominada apilada según una octava forma de realización de la invención.

En esta forma de realización, la antena comprende varias placas metálicas 4_{H1} , 4_{H2} , 4_{H3} y 4_{H4} que forman la parte radiante. Cada placa de metal está conectada al excitador 6. Entre el plano de masa 4_B y la placa 4_{H4} existe una ferrita dispersiva 1_2 , entre la placa 4_{H4} y la placa 4_{H3} existe un imán 5_2 , entre la placa 4_{H3} y la placa 4_{H2} existe una ferrita dispersiva 1_1 y entre la placa 4_{H2} y la placa 4_{H1} existe un imán 5_1 .

La Figura 24 representa, de manera esquemática, en perspectiva, una antena denominada apilada según una novena forma de realización de la invención.

La antena de esta forma de realización es similar a la octava forma de realización, en cuanto que contiene una pluralidad de placas metálicas 4_{H1} , 4_{H2} , 4_{H3} , 4_{H4} , 4_{H5} , 4_{H6} , 4_{H7} y 4_{H8} de forma circular, que constituyen la parte radiante y están conectadas al excitador 6. Entre las placas metálicas se encuentran, de manera alternativa, una ferrita dispersiva 1_1 , 1_2 , 1_3 o 1_4 de forma circular o un imán 5_1 , 5_2 , 5_3 o 5_4 de forma circular.

La Figura 25 representa, de manera esquemática, en perspectiva, una antena denominada apilada según una novena forma de realización de la invención.

La antena de esta forma de realización es similar a la primera forma de realización en cuanto que comprende un imán dispuesto sobre la parte radiante 4_H de la antena, estando esta última separada del plano de masa 4_B por el sustrato de ferrita dispersiva 1.

Según una característica de esta forma de realización, la segunda placa que forma la parte radiante 4_H está cortada para formar una espiral plana rectangular. Por ejemplo, esta espiral está centrada en el excitador 6 de la antena.

La invención no se limita a las formas de realización descritas. En particular, las ferritas dispersivas, los imanes, las piezas insertadas o las placas de metal pueden adoptar diferentes formas. Los imanes pueden tener valores diferentes a los que se muestran en los gráficos. Las antenas apiladas pueden contener más capas.

REIVINDICACIONES

1. Antena adaptada para recibir o transmitir en al menos una frecuencia de trabajo, que comprenda:

- al menos dos placas de metal no ferroso que se extienden principalmente según un plano horizontal, al menos una primera placa que forma una parte (4_H; 4_{H1}, 4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}; 4_{H1}, 4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}, 4_{H5}, 4_{H6}, 4_{H7}, 4_{H8}) radiante y una segunda placa que forma un plano de masa (4_B),
- al menos un sustrato (1; 1₁, 1₂; 1₁, 1₂, 1₃, 1₄) que se extiende principalmente según un plano horizontal, dispuesto entre el plano de masa (4_B) y la parte radiante (4_H),
- un excitador (6) de longitud al menos igual al espesor del sustrato, que se extiende entre el plano de masa (4_B) y la parte radiante (4_H) y conectado a la parte radiante (4_H), y adaptado para alimentar la antena,

estando dicha antena caracterizada por cuanto que:

- a) dicha al menos una frecuencia de trabajo está incluida en una banda de frecuencias kilométricas entre 30 kHz y 300 kHz, o hectométricas entre 0,3 MHz y 3 MHz, o decamétricas comprendidas entre 3 y 30 MHz, o métricas entre 30 MHz y 300 MHz;
- b) el sustrato es un sustrato ferromagnético dispersivo, denominado ferrita dispersiva (1), que tiene como características magnéticas en dicha al menos una frecuencia de trabajo una permeabilidad magnética alta relativa comprendida entre 10 y 10000 y una tangente de pérdida magnética alta superior a 0,1;
- c) dicha antena comprende medios de modificación local (5) de las características magnéticas de la ferrita dispersiva (1) que son un imán (5) colocado sobre una de las placas de metal no ferroso (4_B; 4_H), no recubriendo dicho imán (5) la totalidad de la superficie de la ferrita dispersiva, generando dicho imán un campo magnético que causa una reducción gradual y local de la permeabilidad magnética relativa y de las pérdidas magnéticas de la ferrita dispersiva.

2. Antena según la reivindicación 1, caracterizada porque el imán (5) está dispuesto sobre dicha al menos una primera placa que forma una parte radiante (4_H; 4_{H1}, 4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}; 4_{H1}, 4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}, 4_{H5}, 4_{H6}, 4_{H7}, 4_{H8}) de la antena.

3. Antena según la reivindicación 1, caracterizada porque el imán (5; 5₁, 5₂; 5₁, 5₂, 5₃, 5₄) es un imán permanente.

4. Antena según la reivindicación 1, caracterizada porque el imán (5; 5₁, 5₂; 5₁, 5₂, 5₃, 5₄) es un electroimán, alimentado por un generador eléctrico de corriente continua variable (9).

5. Antena según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque comprende una sucesión de ferrita dispersiva (1₁, 1₂; 1₁, 1₂, 1₃, 1₄) e de imán (5₁, 5₂; 5₁, 5₂, 5₃, 5₄) apilados de manera alternativa entre la parte radiante (4_H; 4_{H1}, 4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}; 4_{H1}, 4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}, 4_{H5}, 4_{H6}, 4_{H7}, 4_{H8}) y el plano de masa (4_B).

6. Antena según la reivindicación 5, caracterizada porque la parte radiante comprende una placa metálica (4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}; 4_{H2}, 4_{H3}, 4_{H4}, 4_{H5}, 4_{H6}, 4_{H7}, 4_{H8}) entre cada ferrita (1₁, 1₂; 1₁, 1₂, 1₃, 1₄) y el imán (5₁, 5₂).

7. Antena según la reivindicación 6, caracterizada porque las placas metálicas están interconectadas.

8. Antena según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada porque la ferrita dispersiva (1) tiene un tamaño en el plano horizontal superior al tamaño de las placas metálicas.

9. Antena según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada porque comprende al menos un cortocircuito (2) que conecta el plano de masa (4_B) y la parte radiante (4_H), en contacto con un contorno de la ferrita dispersiva (1).

10. Antena adaptada para recibir o transmitir en al menos una frecuencia de trabajo, que comprende: - al menos dos placas de metales no ferrosos que se extienden principalmente según un plano horizontal, al menos una primera placa que forma una parte radiante (4_H) y una segunda placa que forma un plano de masa (4_B), - al menos un sustrato (1) que se extiende principalmente según un plano horizontal, dispuesto entre el plano de masa (4_B) y la parte radiante (4_H), - un excitador (6) de longitud al menos igual al espesor del sustrato, que se extiende entre el plano de masa (4_B) y la parte radiante (4_H) y conectado a la parte radiante (4_H), y adaptado para alimentar la antena, estando dicha antena caracterizada porque: d) dicha al menos una frecuencia de trabajo está incluida en una banda de frecuencias kilométricas entre 30 kHz y 300 kHz, o hectométricas entre 0,3 MHz y 3 MHz, o decamétricas entre 3 y 30 MHz, o métricas entre 30 MHz y 300 MHz; e) el sustrato es un sustrato ferromagnético dispersivo, denominado ferrita dispersiva (1), que tiene como características magnéticas en dicha al menos una frecuencia de trabajo una permeabilidad magnética alta relativa de entre 10 y 10000 y una tangente de pérdida magnética alta superior a 0,1; comprendiendo dicha antena medios de modificación local (5; 10) de las características magnéticas de la ferrita dispersiva (1), siendo dichos medios de modificación local (5; 10) excéntricos con respecto al excitador (6), de manera

que la permeabilidad magnética relativa y las pérdidas magnéticas de la ferrita dispersiva se reducen de manera gradual y localmente.

- 5 11. Antena según la reivindicación 10, caracterizada porque dichos medios de modificación local son un imán (5).
12. Antena según la reivindicación 11, caracterizada porque el imán (5) está dispuesto sobre una de las placas de metal no ferroso de la antena, preferentemente la parte radiante (4H).
- 10 13. Antena según la reivindicación 10, caracterizada porque dichos medios de modificación local son al menos una pieza (10) de material de baja permeabilidad magnética relativa y tangente de bajas pérdidas, estando dicha pieza (10) insertada en la ferrita dispersiva (1).

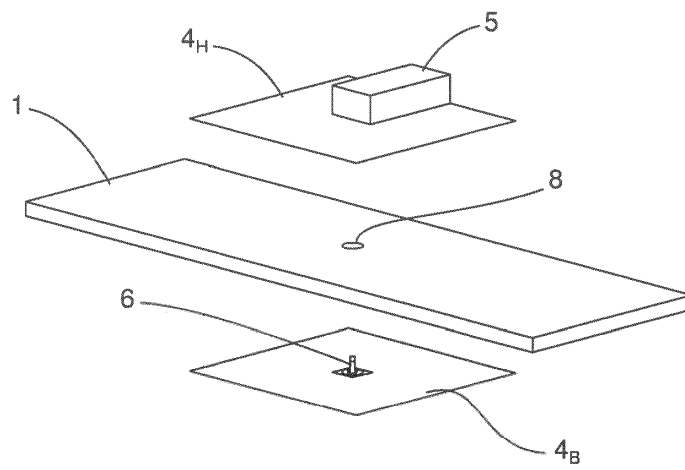


Fig.1

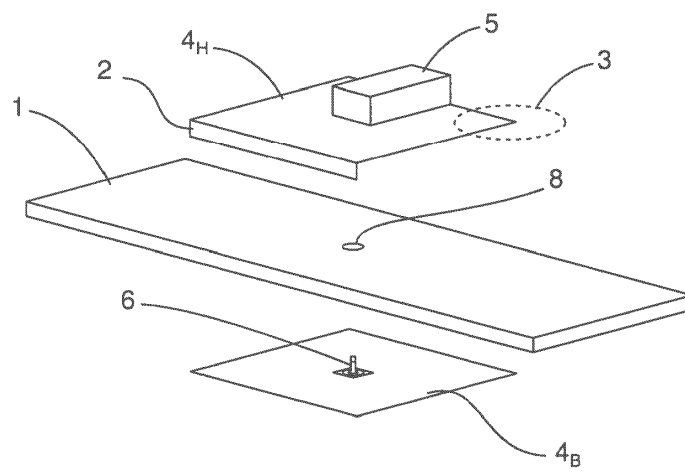


Fig.2

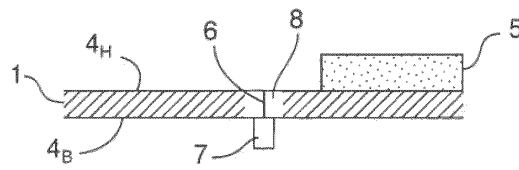


Fig.3

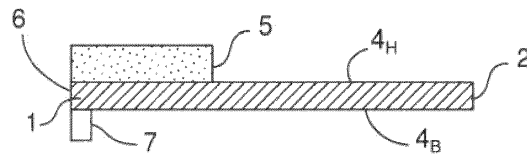


Fig.4

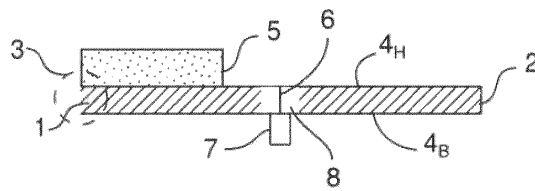


Fig.5

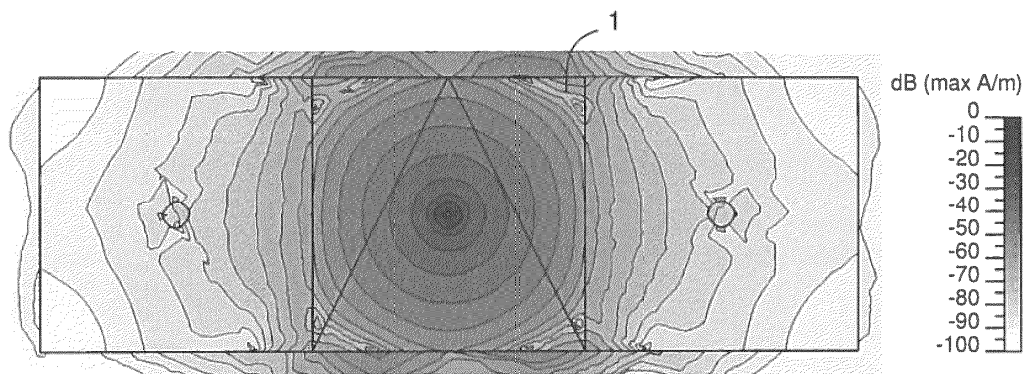
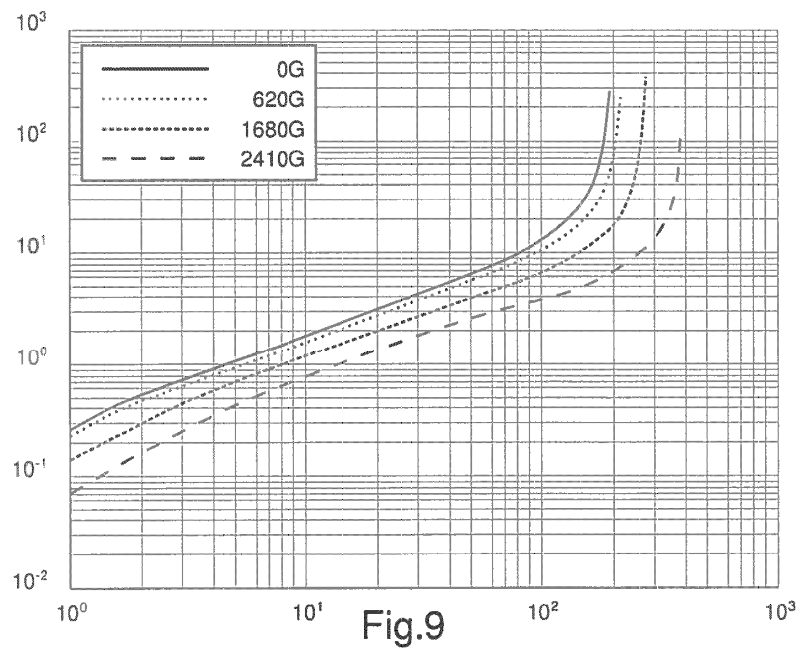
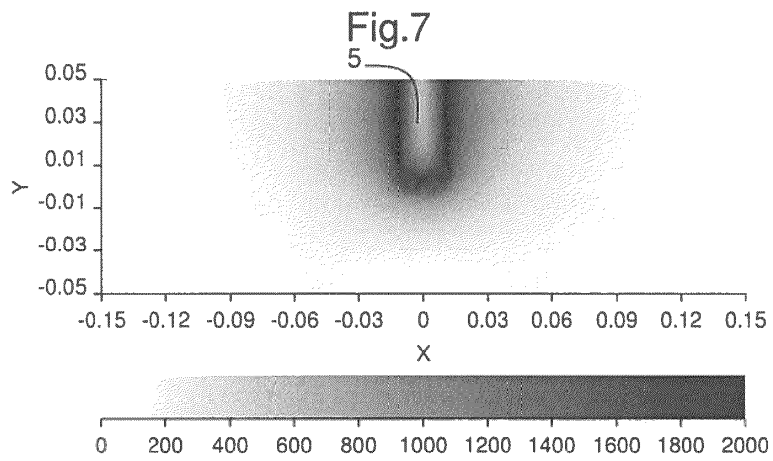
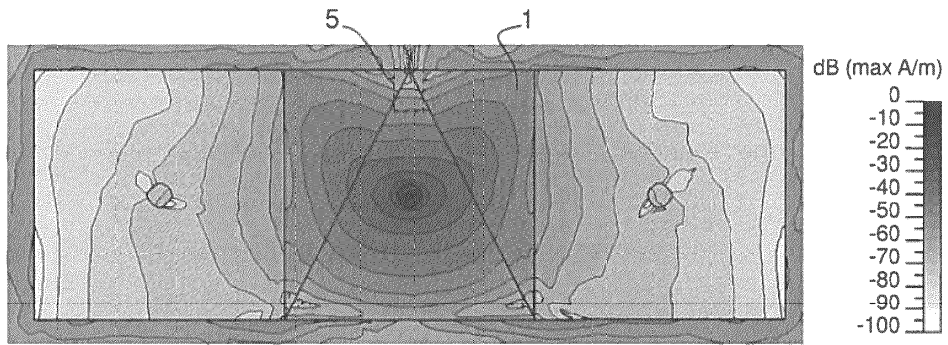
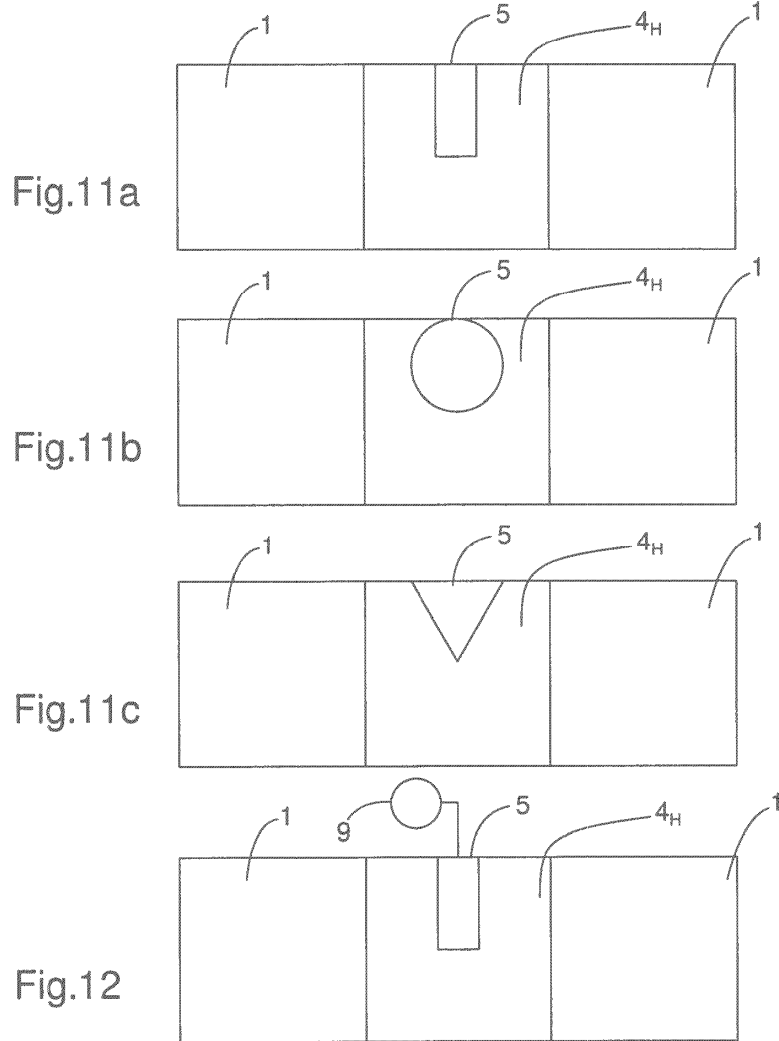
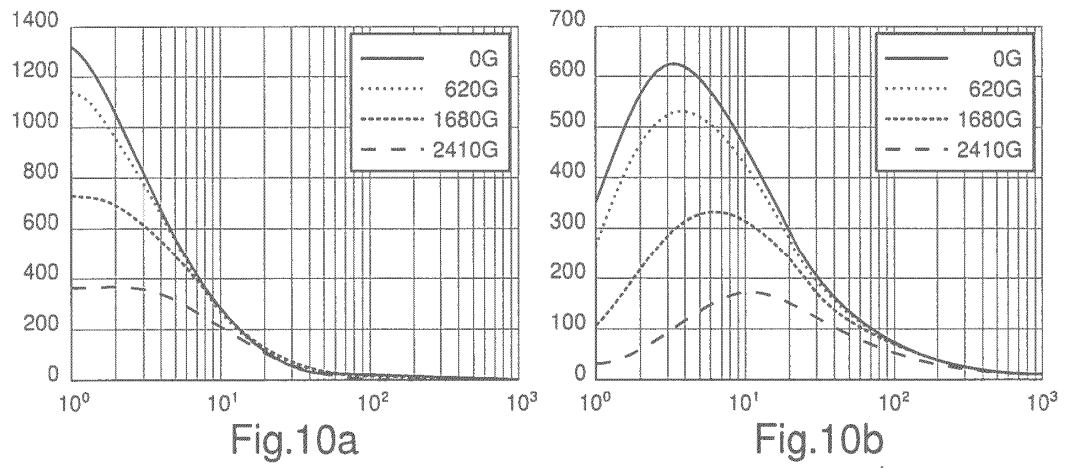


Fig.6





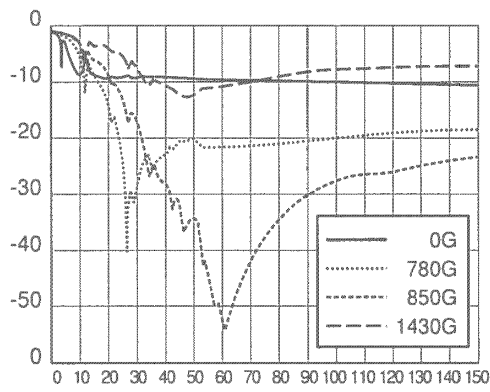


Fig.13

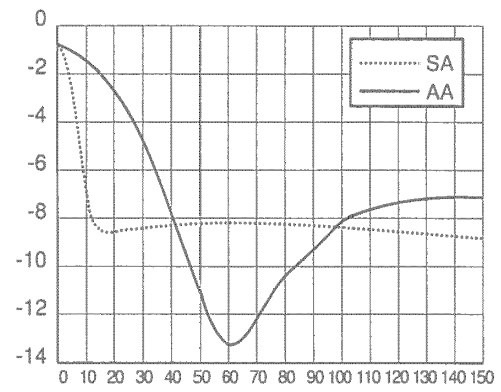


Fig.14

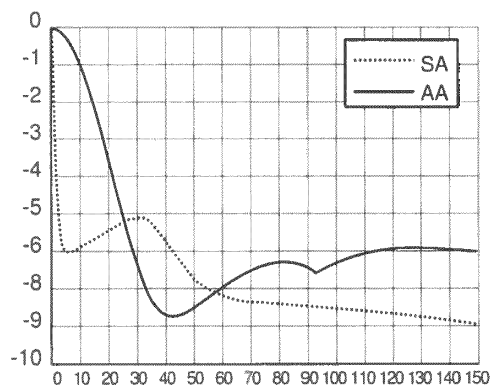


Fig.15

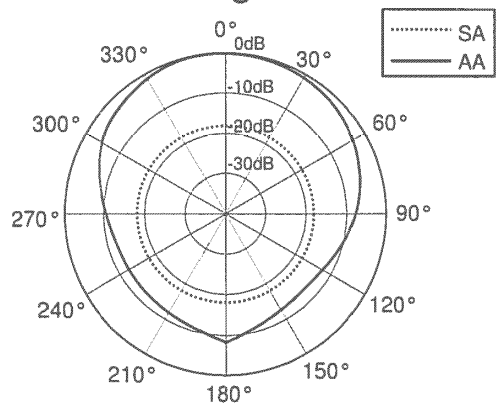


Fig.16

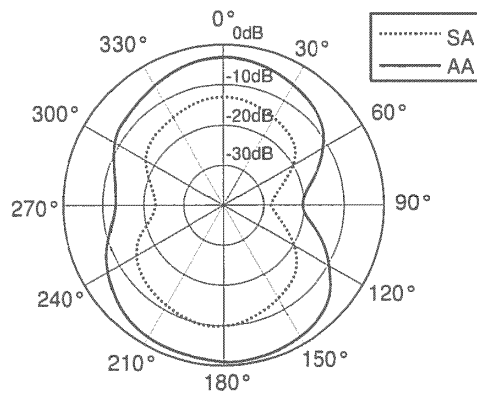


Fig.17

Fig.18a

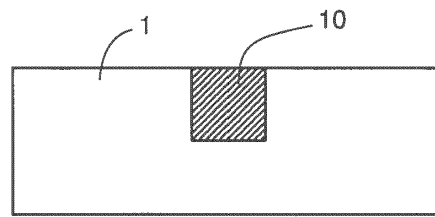


Fig.18b

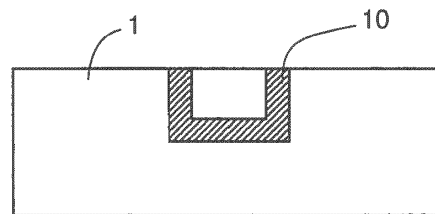


Fig.18c

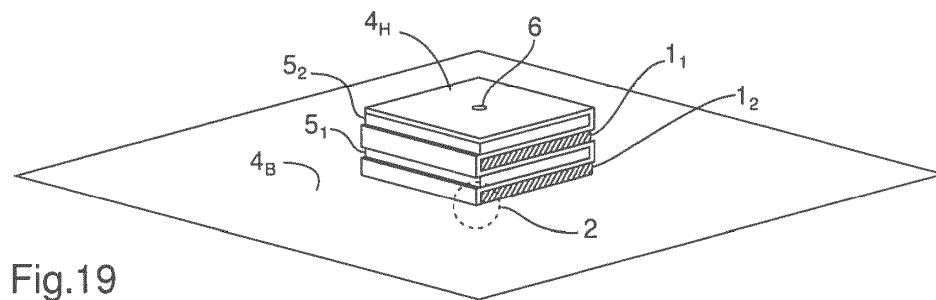
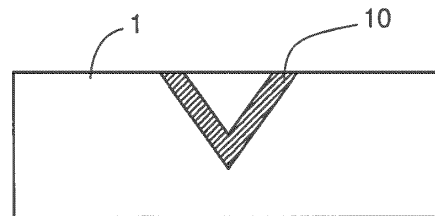


Fig.19

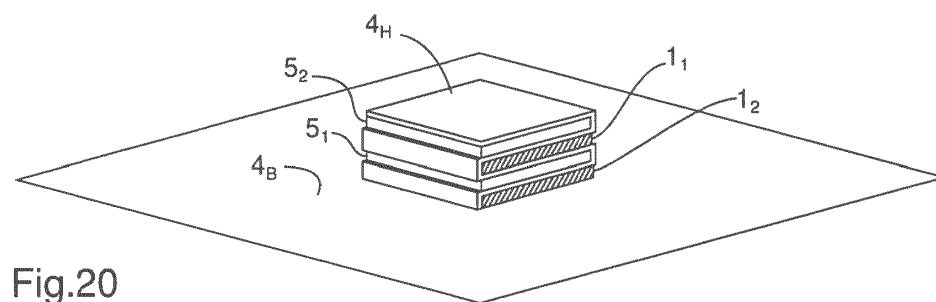
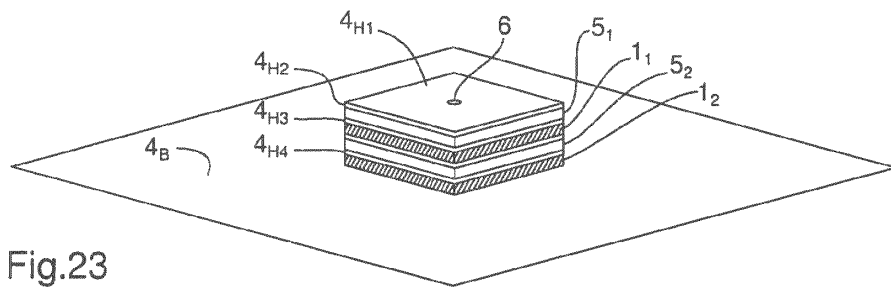
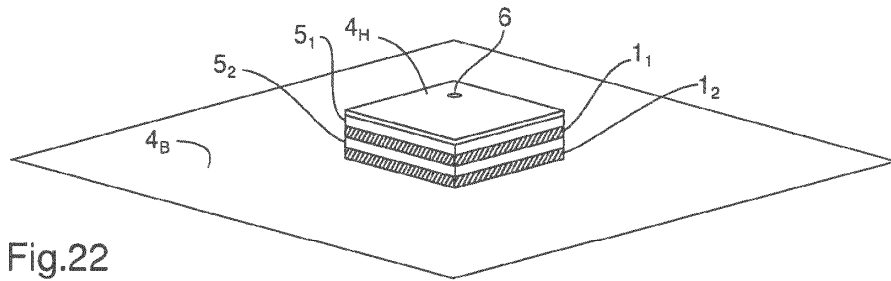
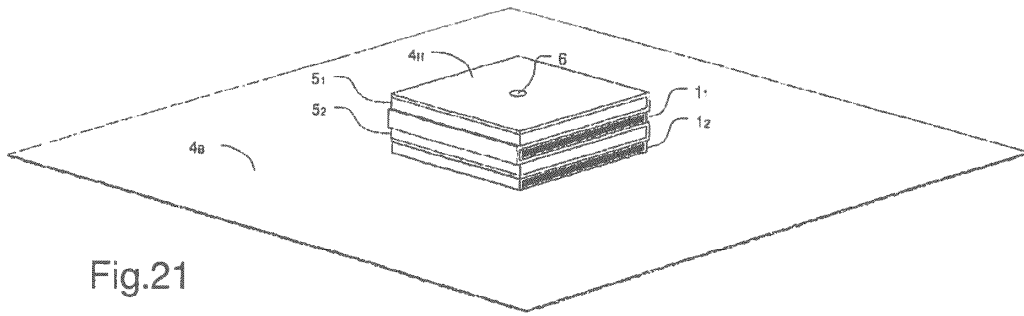


Fig.20



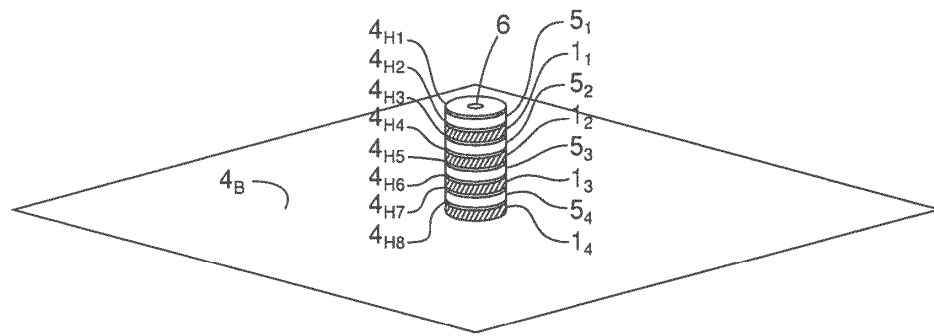


Fig.24

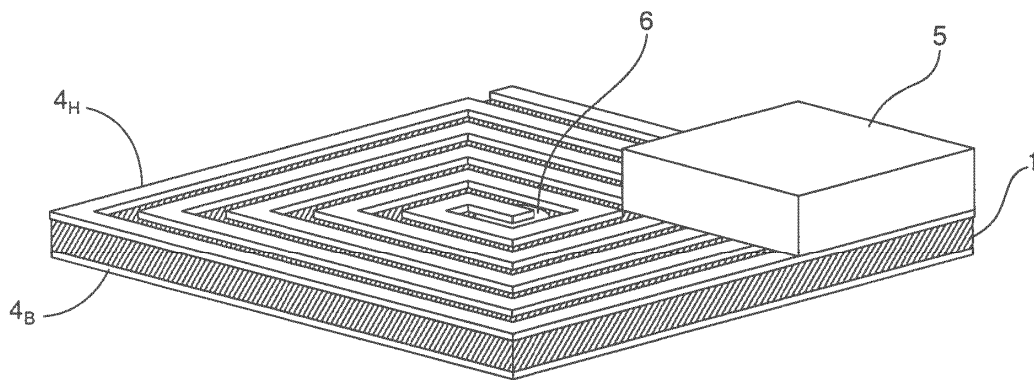


Fig.25

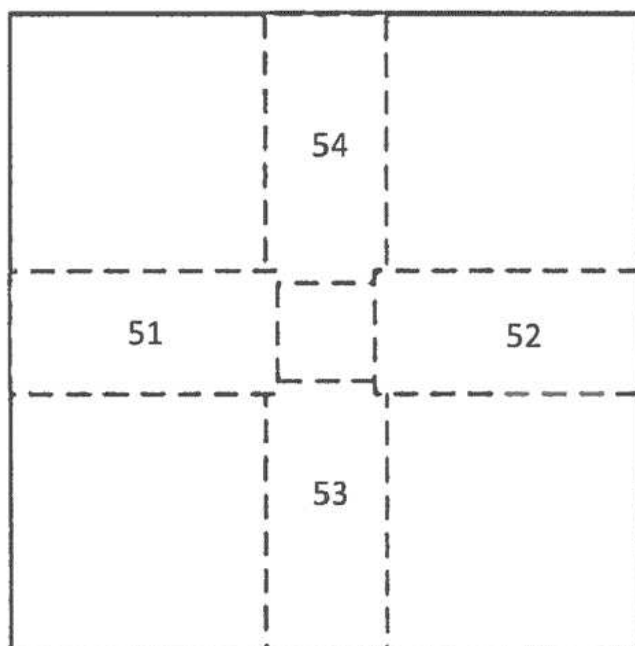


Figura 26

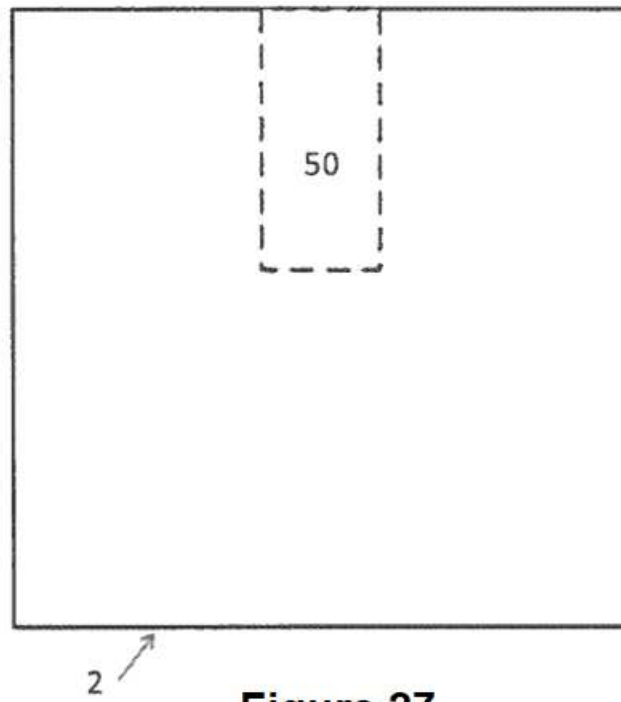


Figura 27