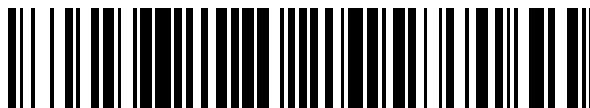


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 356 000**

21 Número de solicitud: 200802609

51 Int. Cl.:
H01Q 17/00

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación: **12.09.2008**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **04.04.2011**

Fecha de la concesión: **15.02.2012**

45 Fecha de anuncio de la concesión: **27.02.2012**

45 Fecha de publicación del folleto de la patente:
27.02.2012

73 Titular/es:
MICROMAG 2000, S.L
JOSÉ ABASCAL, 53 - 3º
28003 MADRID, ES

72 Inventor/es:
MARÍN PALACIOS, PILAR;
CORTINA BLANCO, DANIEL;
GONZÁLEZ GORRITI, AINHOA y
HERNANDO GRANDEZ, ANTONIO

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

54 Título: **ATENUADOR DE RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS Y PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DEL ESPECTRO DEL MISMO.**

57 Resumen:

El atenuador de la invención está constituido a partir de una lámina atenuadora situada de forma que, en posición de uso del atenuador, dicha radiación electromagnética incide sobre la lámina atenuadora, y de una base conductora, situada en posición de uso del atenuador por debajo de dicha lámina atenuadora. La lámina atenuadora está constituida por dos capas, la primera, de material dieléctrico y de espesor $d_{\text{sub},3}$, situada directamente sobre la lámina metálica, la segunda, de espesor $d_{\text{sub},2}$ constituida por un material dieléctrico que contiene microhilos metálicos no magnéticos con cubierta aislante de 1 a 2 mm de longitud situada sobre la primera y recubriendo todo, con la particularidad de que la segunda lámina está constituida a partir de una mezcla de pintura y microhilos aplicada sobre la primera lámina. A partir de las impedancias del composite y del dieléctrico así como del espesor de dicho composite se puede controlar el espectro del atenuador.

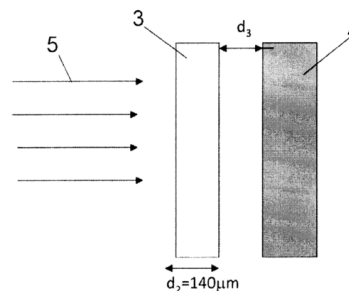


FIG. 1

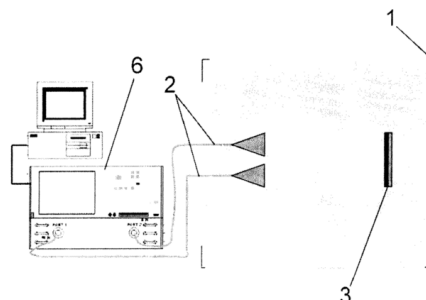


FIG. 2

ES 2 356 000 B1

DESCRIPCIÓN

Atenuador de radiaciones electromagnéticas y procedimiento para el control del espectro del mismo.

5 **Objeto de la invención**

La presente invención se refiere a un atenuador de la radiación electromagnética reflejada por un metal basado en microhilos metálicos con cubierta aislante.

10 La invención se encuadra dentro del campo técnico de los metamateriales o composites, cubriendo también aspectos de electromagnetismo, de absorbentes magnéticos y de metalurgia.

Antecedentes de la invención

15 Numerosas aplicaciones requieren eliminar las reflexiones de la radiación electromagnética. El gran número de sistemas electrónicos incorporados en los vehículos da lugar a un aumento de las interferencias electromagnéticas. Este problema incluye falsas imágenes, interferencias en los radares y disminución en el rendimiento debido al acoplo entre unos sistemas y otros. Un absorbedor de microondas podría ser muy efectivo para eliminar este tipo de problemas. También existe, incluso mayor interés, en reducir la sección radar de determinados sistemas para prevenir o minimizar su detección.

20 Los absorbentes de microondas se hacen modificando las propiedades dieléctricas, o lo que es lo mismo la permittividad dieléctrica, o permeabilidad magnética, de determinados materiales. En el primer caso se trata de absorbentes dieléctricos que basan su funcionamiento en el principio de resonancia a un cuarto de la longitud de onda. Sin embargo, en el segundo caso, se trata de la absorción de la componente magnética de la radiación. Los primeros intentos realizados para eliminar reflexiones incluyen el método de la pantalla absorbente de Salisbury, el absorbente no resonante, el resonante y los absorbentes magnéticos resonantes de ferrita. En el caso de la pantalla de Salisbury [patente US-2599944], una pantalla con una resistencia eléctrica elegida cuidadosamente se coloca en el punto dónde el campo eléctrico de la onda es máximo, es decir, a una distancia igual a un cuarto de la longitud de onda respecto de la superficie que se quiere apantallar. Este método tiene poca utilidad práctica pues el absorbente es demasiado grueso y solo es efectivo para una banda de frecuencias y una variación de ángulos incidentes demasiado estrechas.

35 En los métodos no resonantes la radiación atraviesa una lámina dieléctrica para posteriormente ser reflejada por la superficie metálica. La lámina dieléctrica es suficientemente gruesa como para que, en el curso de su reflexión, la onda sea suficientemente atenuada antes de re-emergir desde la lámina. Como la lámina debe estar hecha de un material que presente bajas pérdidas a alta frecuencia y bajas propiedades de reflexión para asegurar penetración y reflexión, la lámina deber ser muy gruesa para atenuar la onda con efectividad.

40 En los primeros métodos resonantes se colocan materiales con elevadas pérdidas dieléctricas directamente sobre la superficie conductora que se quiere proteger. El material dieléctrico tiene un espesor efectivo, medido dentro del material, aproximadamente igual a un número par de cuartos de semilongitudes de onda de la radiación incidente. La utilidad del método es limitada debido al elevado espesor de la lámina dieléctrica y a la estrecha banda de absorción que presentan sobretudo a bajas frecuencias. Se ha intentado suplir estas deficiencias dispersando, en el dieléctrico, partículas conductoras ferromagnéticas. Sin embargo, cuando se dispersan partículas metálicas, elevadas permeabilidades, del orden de 10 ó 100, no son compatibles con conductividades bajas, del orden de 10^{-2} ó 10^{-8} mohm por metro.

50 Otro tipo de absorbentes son aquellos conocidos como absorbentes de ferrita [patente US-3938152] que presentan claras ventajas frente a los aquí ya expuestos. Funcionan en forma de láminas finas de forma que superan las desventajas del elevado espesor requerido por los absorbentes dieléctricos. Además son efectivos para frecuencias entre 10 MHz y 15.000 MHz y disipan más energía que los dieléctricos.

55 Los absorbentes de ferrita desarrollados hasta el momento eliminan las reflexiones mediante láminas de ferritas aislantes o semiconductoras, y en particular óxidos ferromagnéticos metálicos, colocadas directamente sobre la superficie reflectora. En estos casos el término ferrita se refiere a óxidos metálicos ferromagnéticos incluyendo, pero no limitándose a ellos, compuestos tipo spinel, garnet, magnetoplumbita y perovskitas.

60 En este tipo la absorción es de dos tipos, que se pueden dar o no simultáneamente. Se trata de las pérdidas dieléctricas y magnéticas. Las primeras se deben a la transferencia de electrones entre los cationes Fe^{2+} y Fe^{3+} mientras que las del segundo tipo proceden del movimiento y de la relajación de espines de los dominios magnéticos.

65 De acuerdo con determinadas invenciones [patente US-3938152] a bajas frecuencias, generalmente aquellas en el rango entre UHF y la banda L, la energía se extrae predominantemente de la componente magnética del campo de la radiación incidente mientras que, a frecuencias más altas, generalmente en la banda L y superiores, la energía se extrae igualmente de componente eléctrica y magnética.

Este tipo de absorbentes eliminan la reflexión porque la radiación establece un campo magnético máximo en la superficie del conductor. En incidencia normal de una onda plana sobre un conductor ideal se produce reflexión total,

la intensidad reflejada es igual a la intensidad incidente. Las ondas, incidente y reflejada, se componen entonces generando una onda estacionaria en la que el campo eléctrico es nulo en la frontera del conductor, mientras que en esa frontera el campo magnético es máximo. Existe una condensación del campo magnético durante el máximo tiempo posible. De este modo, en el caso de la ferrita, es necesario que la radiación incidente atraviese la lámina absorbente para establecer las condiciones de máximo campo magnético. Se ha visto que la parte compleja de la permeabilidad de ciertos óxidos metálicos ferromagnéticos varía con la frecuencia de tal modo que permite obtener bajas reflexiones sobre rangos de frecuencia muy amplios sin necesidad de utilizar absorbedores magnéticos de espesores elevados como en otros casos.

Teniendo en cuenta el coeficiente de reflexión en metales para incidencia normal se deduce que cuando se trabaja con una lámina delgada la onda reflejada se puede atenuar independientemente de la permitividad eléctrica del material absorbente. Se producirán reflexiones mínimas a una determinada frecuencia si la permeabilidad compleja μ'' es sustancialmente mayor que la real μ' siempre que el producto $K\tau \ll 1$ donde K es el número de onda y τ el espesor de la lámina.

Entre los absorbentes de tipo magnético se pueden incluir aquellos basados en microhilos magnéticos amorfos obtenidos por técnica de Taylor. Este tipo de absorbente puede ser tanto una pintura como otro tipo de matriz dieléctrica en la que se distribuyen aleatoriamente microhilos magnéticos amorfos con elevada anisotropía magnética que presentan propiedades de resonancia ferromagnética. [patente US11/315645].

Es conocida la técnica de Taylor para la fabricación de microhilos, que permite la obtención de microhilos con diámetros muy pequeños y comprendidos entre una y varias decenas de micras a través de un proceso simple. Los microhilos así obtenidos se pueden hacer a partir de una gran variedad de aleaciones y metales magnéticos y no magnéticos. Esta técnica está descrita, por ejemplo, en el artículo "*The Preparation, Properties and Applications of Some Glass Coated Metal Filaments Prepared by the Taylor-Wire Process*" W. Donald *et al.*, Journal of Material Science, 31, 1996, pp 1139-1148.

La característica más importante del método de Taylor es que permite obtener metales y aleaciones en la forma de microhilo con cubierta aislante en una operación única y simple con la economía que esto conlleva en el proceso de fabricación.

La técnica para la obtención de microhilos magnéticos con cubierta aislante y microestructura amorfa se describe, por ejemplo, en el artículo "*Magnetic Properties of Amorphous Fe-P Alloys Containing Ga, Ge y As*" H. Wiesner and J. Schneider, Stat. Sol. (a) 26, 71 (1974), Phys. Stat. Sol. (a) 26, 71 (1974).

Además de microhilos magnéticos amorfos la técnica de Taylor permite la obtención de microhilo metálicos de cobre, plata y oro recubiertos de pyrex. Los diámetros del núcleo metálico de dicho microhilo pueden estar comprendidos entre unidades y centenas de micra.

Otro tipo de absorbentes son aquellos a los que se refiere la patente US-4173018 en la que se muestra una mezcla de esferas de diámetros entre 0.5 y 20 micras en una matriz aislante donde la mezcla puede ser aplicada pintando o utilizando un "spray". La mezcla es efectiva generalmente para atenuar la radiación electromagnética en el rango entre los 2 y 10 GHz cuando se aplica aproximadamente una capa de 0.04 pulgadas sobre la superficie metálica. Las partículas utilizadas suponen el 90% del peso de la mezcla. La patente US-2918671 y US-2954552 muestran recubrimientos para absorber la radiación a longitudes de ondas preseleccionadas que se componen de partículas de grafito, aluminio, cobre dispersadas suficientemente aisladas unas de otras en matrices neutras como ceras, resinas y gomas. También se describen partículas con forma alargada y de acero dispersadas en una matriz. La patente US-4034375 muestra un material de camuflaje laminado que incluye fibras conductoras de acero inoxidable o grafito sobre un plano esencialmente paralelo a una primera capa y una segunda capa que contiene fibras flexibles "non-woven" con un material eléctrico no conductor.

La patente US-4606848 se refiere a la composición de una pintura para la absorción y el "scattering" de la radiación incidente de microondas. Dicha pintura contiene fibras metálicas, de carbono o acero inoxidable, de diferentes tamaños distribuidas uniformemente. Dichos segmentos tienen longitudes entre 0.001 y 3 cm y diámetros entre 1×10^{-6} y 3×10^{-3} cm. Los segmentos en cuestión deben estar espaciados una distancia efectiva entre la mitad y el doble de la longitud de onda objeto de atenuación y cuyo tamaño es la mitad de la longitud de onda de la radiación incidente. Este tipo de material permite, fundamentalmente, la absorción de ondas con frecuencias superiores a 30 dB.

De todas las patentes aquí expuestas se puede considerar que las que presentan más ventajas, en cuanto a niveles de absorción y ancho de banda, son las magnéticas entre las que se encuentran aquellas basadas en ferritas y las que contienen microhilos magnéticos. En el primer tipo se presenta como un problema la elevada proporción de polvo de ferrita que, con respecto a la masa del soporte (pintura, silicona) dieléctrico en el que se disuelve, es necesario haciendo que estos productos presenten un peso demasiado elevado. En el caso del producto que contiene microhilo magnético amorfo los niveles de absorción así como los anchos de banda son lo suficientemente amplios como para hacer que este producto presente gran interés desde el punto de vista de las aplicaciones ya que además la proporción de microhilo necesario es mucho menor que en el caso de las ferritas. Si bien el control del proceso de fabricación de materiales amorfos es algo laborioso.

En lo que se refiere a los productos elaborados utilizando fibras metálicas se puede entender que la pintura que se presenta en la patente US4606848 es la que presenta más ventajas en lo que se refiere a peso y niveles de absorción pero no es demasiado factible cuando se trata de absorber radiaciones con frecuencias dentro del rango entre los 1 y 30 GHz.

Descripción de la invención

El atenuador de radiaciones electromagnéticas que la invención propone resuelve de forma plenamente satisfactoria la problemática anteriormente expuesta, de manera que el mismo parte de una superficie metálica que se recubre con una lámina material dieléctrico de espesor d_3 sobre la que se coloca otra lámina, de espesor d_2 , de un "composite" de material dieléctrico en el que se han dispersado microhilos de cobre. Por lo tanto, la radiación incide sobre la lámina de "composite" atravesándolo y pasando posteriormente por el dieléctrico para ser finalmente reflejada por el metal. El coeficiente de reflexión, R_0 , en la superficie del composite depende de viene dado por:

$$r_0 = \frac{r_{12} + r_{23}e^{-2j\gamma_2 d_2}}{1 + r_{12}r_{23}e^{-2j\gamma_2 d_2}}$$

Dónde γ_i es el vector de onda para el medio i y viene dado por

$$\gamma_i = \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_i \mu_i}$$

$r_{12} = (Z_2 - Z_1)/(Z_2 + Z_1)$, Z_1 y Z_2 son las impedancias del vacío y del "composite" respectivamente y r_{23} verifica

$$r_{23} = \frac{Z_3(1 - e^{-2j\gamma_3 d_3}) - Z_2(1 + e^{-2j\gamma_3 d_3})}{Z_3(1 - e^{-2j\gamma_3 d_3}) + Z_2(1 + e^{-2j\gamma_3 d_3})}$$

Z_3 es la impedancia del medio 3, siendo este el dieléctrico entre el metal y el "composite". Es importante remarcar que para medios libres de pérdidas las impedancias, Z_i , y r_{12} son reales, mientras r_{23} es un número complejo de módulo la unidad, $r_{23} = e^{-j\zeta}$ y $|R_0|$ es mínimo para $\zeta + 2\gamma_2 d_2 = \pi$; con $\zeta = -2 \tan^{-1}(Z_3/Z_2 \tan \gamma_3 d_3)$. Esta regla puede utilizarse como una guía para determinar aproximadamente la frecuencia de absorción máxima como función de los espesores, d_2 y d_3 y las impedancias Z_2 y Z_3 .

Las impedancias vienen dadas por las siguientes expresiones:

Impedancia del vacío: $Z_1 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$ es un número próximo a 380 Ω .

Impedancia del dieléctrico: $Z_3 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_3}}$ en nuestros experimentos es prácticamente real pues $\epsilon_3 = \epsilon_0(3.6 - 0.5j)$

y por lo tanto $Z_3 \approx 0.58Z_1$

Impedancia del "composite": $Z_2 = \sqrt{\frac{\mu_{comp}}{\epsilon_{comp}}}$

Debe ser calculada, para el caso de una dispersión muy diluida de microhilos en una matriz aislante, como se indica a continuación.

En el caso de tener inclusiones con geometría cilíndrica muy diluidas (la concentración, p_i , por debajo del umbral de precolación, con una determinada fracción en volumen, f_i , y una permitividad conocida, ϵ_i) en una matriz dieléctrica de permitividad, ϵ_h , la expresión generalizada para la permitividad efectiva, ϵ_{ef} , del "composite" viene dada por:

$$\epsilon_{ef} = \epsilon_h + \frac{\frac{1}{3} f_i (\epsilon_i - \epsilon_h) \sum \frac{\epsilon_h}{\epsilon_h + N_{i,j} (\epsilon_i - \epsilon_h)}}{1 - \frac{1}{3} f_i (\epsilon_i - \epsilon_h) \sum \frac{N_{i,j}}{\epsilon_h + N_{i,j} (\epsilon_i - \epsilon_h)}}$$

Para hilos finos como los microhilos para los que la razón entre la longitud, l , y el diámetro, d , es mayor que 100, el factor depolarizador $N_x=N_y=1/2$ y $N_z=(d/l)^2 \ln(l/d)$. Para los microhilos metálicos ϵ_i se puede aproximar a un número imaginario puro $\epsilon_i = -(\sigma_i/\omega)j$.

Para frecuencias de 10^{10} Hz y conductividad σ_i comprendida entre 10^4 y 10^6 (Ωm)⁻¹, ϵ_i varía entre 10^{-6} y 10^{-4} , es decir, varios órdenes de magnitud superior a ϵ_h , típicamente alrededor de 10^{-11} .

Para microhilos metálicos largos la expression de Maxwell Garnett es la siguiente

$$\epsilon_{ef} = \epsilon_h + \frac{f_i \epsilon_i \epsilon_h}{\epsilon_h + N_z \epsilon_i}$$

Por lo tanto es N_z quien gobierna el comportamiento del "composite".

$$\epsilon_{ef} = \epsilon_h \left(1 + \frac{f_i}{N_z}\right)$$

Para $N_z \epsilon_i \gg \epsilon_h$,

La permitividad efectiva es independiente de la de las inclusiones. Sin embargo para $N_z \epsilon_i \ll \epsilon_h$

$$\epsilon_{ef} = \epsilon_h + f_i \epsilon_i$$

En nuestro caso nosotros utilizamos microhilos de 1 o 2 mm de longitud y diámetro entre 6 y 14 μm . Por lo tanto, el mínimo N_z corresponde a $l=2$ mm y $d=6$ μm tomando un valor aproximado de $5 \cdot 10^{-4}$, como ϵ_i es, a 10 GHz, del orden de 10^{-3} o 10^{-5} Fm⁻¹:

$N_z \epsilon_i$ es siempre mayor, al menos dos órdenes de magnitud, que ϵ_h y en nuestro caso $(6.5-0.8j) \times 8.8 \cdot 10^{-12}$ Fm⁻¹.

Por lo tanto en nuestros experimentos $\epsilon_{ef} = \epsilon_h \left(1 + \frac{f_i}{N_z}\right)$.

En este caso los detalles de ϵ_i , como pueden ser posibles resonancias, no afectan ni el valor de la impedancia Z_3 ni de los coeficientes de reflexión r_{23} , r_{12} y r_0 . Siempre que $N_z \epsilon_i$ se mantenga mucho mayor que ϵ_h .

Así pues, de acuerdo con las características esenciales de la invención, el atenuador, previsto para un rango de frecuencias preseleccionado, está compuesto por una lámina atenuadora situada de forma que, en posición de uso del atenuador, dicha radiación electromagnética incide sobre la lámina atenuadora, y una base conductora, preferiblemente plana, situada en posición de uso del atenuador por debajo de dicha lámina atenuadora, de manera que la citada lámina atenuadora está formada por dos capas, la primera, de material dieléctrico y de un determinado espesor d_3 , situada directamente sobre la lámina metálica, la segunda, de espesor d_2 constituida por un material dieléctrico que

contiene microhilos metálicos no magnéticos con cubierta aislante de 1 a 2 mm de longitud situada sobre la primera y recubriendo todo.

La segunda lámina se produce mezclando la pintura con la cantidad deseable de microhilos y aplicándola con un spray sobre la primera lámina.

Las frecuencias objeto de apantallamiento preferiblemente están comprendidas entre 0,5 y 40 GHz.

La frecuencia para la que la atenuación es máxima se corresponde con el mínimo valor del coeficiente de reflexión en la superficie del "composite".

El valor del coeficiente de reflexión mínimo para una determinada frecuencia viene condicionado por los espesores d_2 y d_3 y las impedancias Z_2 y Z_3 del "composite" y del dieléctrico respectivamente.

La impedancia del composite puede ser modificada a través de la permitividad efectiva del mismo.

La permitividad efectiva del composite depende del factor depolarizador del microhilo.

El factor depolarizador del microhilo depende de su longitud y diámetro.

Preferiblemente la lámina atenuadora está adherida a la base conductora y se adapta a su geometría.

Preferiblemente el microhilo metálico utilizado en la presente invención es un filamento metálico con cubierta de Pyrex® en el que el diámetro está comprendido entre 6 y 14 μm .

Así mismo, dichos microhilos preferiblemente están hechos de metales puros ó de aleaciones.

La concentración de microhilos es muy inferior al valor de precolación.

La longitud de los microhilos (1 ó 2 mm) es menor que la longitud de onda en el medio efectivo.

De acuerdo con otra de las características de la invención, todos y cada uno de los atenuadores llevan asociado un espectro característico.

De forma más concreta, un espectro es la representación gráfica del coeficiente de reflexión en función de la frecuencia de la radiación incidente.

Los parámetros característicos del espectro son la frecuencia asociada al pico de reflexión mínimo, el nivel de atenuación y el ancho de banda.

La frecuencia asociada al pico atenuación máxima se puede controlar a partir las impedancias del dieléctrico y del composite respectivamente así como a partir de sus espesores.

La impedancia del composite puede ser controlada a partir de la geometría de los microhilos metálicos.

El ancho de banda de absorción puede ser controlado utilizando diferentes proporciones de microhilos con geometrías diferentes.

También puede controlarse el ancho de banda de absorción variando el espesor d_3 .

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La Figura 1.- Muestra un esquema del dispositivo experimental utilizado.

La Figura 2.- Muestra un esquema del atenuador con geometría plana.

La Figura 3a.- Muestra las pérdidas por reflexión y la fase del coeficiente de reflexión (R_0) para cuatro espesores diferentes de metacrilato (M). Las líneas sólidas se refieren a las medidas y las punteadas a los datos del modelo.

La Figura 3b.- Muestra las pérdidas por reflexión y la fase del coeficiente de reflexión (R_0) para una lámina de pintura (P) de espesor 140 μm y cuatro espesores diferentes de metacrilato (M). Las líneas sólidas se refieren a las medidas y las punteadas a los datos del modelo.

La Figura 4a.- Muestra las pérdidas de retorno del coeficiente de reflexión (R_0) para la muestra L_1 (1.35% de fracción volumétrica de microhilos de 1 mm de longitud) para cuatro espesores de metacrilato (distancia a la lámina metálica). Las líneas sólidas se refieren a las medidas y las punteadas a los datos del modelo. La Figura 4b muestra las pérdidas de retorno del coeficiente de reflexión (R_0) para la muestra L_2 (0.55% de fracción volumétrica de microhilos de 2 mm de longitud) para cuatro espesores de metacrilato (distancia a la lámina metálica). Las líneas sólidas se refieren a las medidas y las punteadas a los datos del modelo.

La Figura 5a.- Muestra las pérdidas de retorno del coeficiente de reflexión (R_0) para la muestra L_1 (línea sólida), L_1^i (línea discontinua) y L_1^r (línea discontinua) para cuatro espesores de metacrilato (distancia a la lámina metálica) (Tabla II) La Figura 5b muestra las pérdidas de retorno del coeficiente de reflexión (R_0) para la muestra L_2 (línea sólida), L_2^i (línea discontinua) y L_2^r (línea discontinua) para cuatro espesores de metacrilato (distancia a la lámina metálica) (Tabla II).

La Tabla I.- Representa los dos tipos de composite preparados.

La Tabla II.- Representa los composites utilizados en el modelo.

Realización preferente de la invención

A la vista de las figuras reseñadas, y en especial de las figuras 1 y 2, puede observarse como en el atenuador de la invención, y de acuerdo con un ejemplo experimental, participa una cámara anecoica (1) con dos antenas (2)(EMCO 3160-07) colocadas en campo lejano (región de Frunahofer) del material absorbente (3). Su ancho de banda va desde 8.2 a 12.89 GHz. El material atenuador se coloca sobre una lámina metálica (4). Las dimensiones de la lámina son, en el ejemplo elegido, de 25 x 25 cm. Como la antena (2) se encuentra en campo lejano las ondas (5) pueden considerarse planas propagándose en modo TEM. Las antenas (2) están conectadas a un analizador vectorial (6) (Agilent E8362B PNA Series Network Analyzer). Se mide el parámetro S_{12} después de una calibración cuidadosa. También se miden las partes reales e imaginarias del coeficiente de reflexión R_0 representándose en los espectros R definido a partir del módulo de R_0 , como

$$R = 20 \log(|R_0|) \text{ [dB]}.$$

Los dieléctricos homogéneos utilizados son pintura y metacrilato. Láminas de metacrilato de espesor 200 μm fueron cortados a 25x25 cm para ajustarse a nuestro experimento. Estas láminas fueron utilizadas para variar la distancia entre el atenuador (3) y la lámina metálica (4). La pintura se extiende sobre la lámina de metacrilato y se deja secar 24 horas. El espesor de esta capa es de 140 μm . Las permitividades de estos materiales se han medido por el método de reflexión.

El "composite" atenuador (3) está formado por la pintura como matriz en la que se colocan microhilos de cobre como inclusiones metálicas, no magnéticas. Estos microhilos se obtienen por la técnica de Taylor de enfriamiento rápido y se cortan a la longitud deseada (1 ó 2 mm). El "composite" se produce mezclando la pintura con la cantidad deseada de microhilos y extendiéndose mediante un "spray" sobre la lámina metálica. El espesor del composite es típicamente de 140 μm . La tabla (I) muestra los dos tipos de muestras preparadas. La figura 2 muestra un esquema del atenuador objeto de caracterización.

La permitividad de la pintura (P) y de el metacrilato (M) se obtiene a partir del parámetro S_{12} . Dicho parámetro experimental se ajusta con algoritmo Quasi-Newton. Se colocan láminas de tipo M con diferentes espesores sobre la superficie metálica y sobre ellas se coloca una lámina de pintura de 140 μm . El mejor ajuste se obtiene para $\epsilon_p = 6.5 - j0.8$ y $\epsilon_M = 3.6 - j0.5$. Las figuras 3-a y 3-b ilustran las pérdidas por reflexión y la fase de R_0 para la pintura y el metacrilato.

La figura 4 presenta el coeficiente R_0 para dos composites hechos con microhilos de diferente longitud y diferente concentración. Los dos composites se estudian para cuatro distancias diferentes a la lámina metálica. La figura 5 indica los resultados obtenidos para los composites modelados en la tabla 2. Esto se hizo para asegurarse de que el error cometido cuando se considera un único tipo de microhilo en lugar de una distribución más realista de diámetros y longitudes es despreciable como se muestra en las figuras.

Los resultados experimentales se dibujan junto con los calculados obteniéndose unos ajustes casi perfectos.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Atenuador de radiaciones electromagnéticas, que siendo del tipo de los destinados a atenuar la radiación electromagnética reflejada por una superficie metálica en un rango de frecuencias preseleccionado, se **caracteriza** porque está constituido a partir de una lámina atenuadora situada de forma que, en posición de uso del atenuador, dicha radiación electromagnética incide sobre la lámina atenuadora, contando con una base conductora, no necesaria pero preferiblemente plana, situada en posición de uso del atenuador por debajo de dicha lámina atenuadora, habiéndose previsto que la citada lámina atenuadora esté constituida por dos capas, la primera, de material dieléctrico y de un determinado espesor d_3 , situada directamente sobre la lámina metálica, y la segunda, de un determinado espesor d_2 constituida por un material dieléctrico que contiene microhilos metálicos no magnéticos con cubierta aislante de 1 a 2 mm de longitud situada sobre la primera capa y recubriendo todo, con la particularidad de que la segunda lámina está constituida a partir de una mezcla de pintura y microhilos aplicada sobre la primera lámina.
- 15 2. Atenuador de radiaciones electromagnéticas, según reivindicación 1ª, **caracterizado** porque los microhilos son metálicos no magnéticos.
3. Atenuador de radiaciones electromagnéticas, según reivindicación 1ª, **caracterizado** porque la cantidad de microhilos insertos en el composite está por debajo del umbral de precolación.
- 20 4. Atenuador de radiaciones electromagnéticas, según reivindicación 1ª, **caracterizado** porque la lámina atenuadora está adherida a la base conductora.
- 25 5. Procedimiento para el control del espectro del atenuador de radiaciones electromagnéticas de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la frecuencia asociada al pico de atenuación máxima se controla a partir de las impedancias del composite y del dieléctrico.
6. Procedimiento, según reivindicación 5ª, **caracterizado** porque la impedancia del composite se controla a partir de la permitividad del composite.
- 30 7. Procedimiento, según reivindicación 6ª, **caracterizado** porque el tamaño de los microhilos es tal que el producto del del factor depolarizador de los microhilos, N_z , por su permitividad, ϵ_i , es siempre mayor que la permitividad del dieléctrico, ϵ_h .
- 35 8. Procedimiento, según reivindicaciones 6ª y 7ª, **caracterizado** porque la permitividad del composite se controla a partir del factor depolarizador de los microhilos.
9. Procedimiento, según reivindicación 8ª, **caracterizado** porque el factor depolarizador de los microhilos se controla a partir de su longitud.
- 40 10. Procedimiento, según reivindicaciones 5ª a 9ª, **caracterizado** porque el ancho de banda de atenuación se controla a partir del espesor del composite.

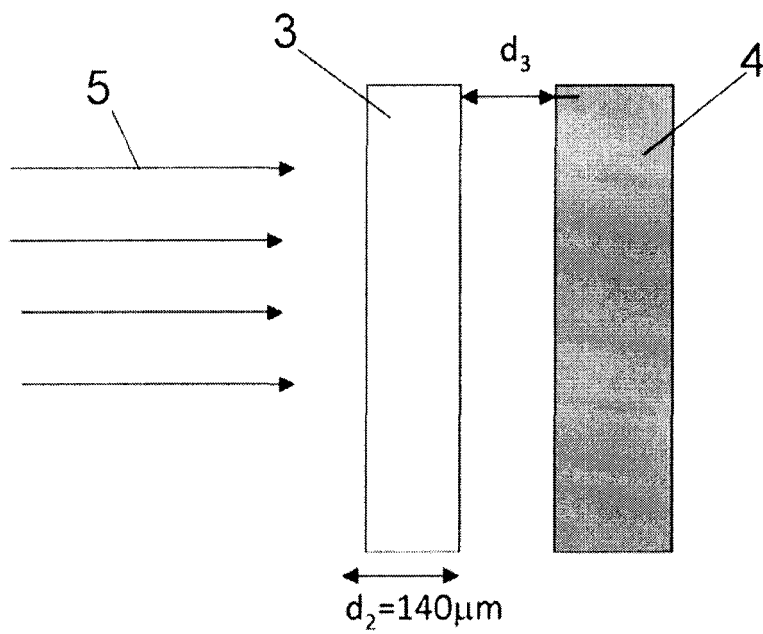


FIG. 1

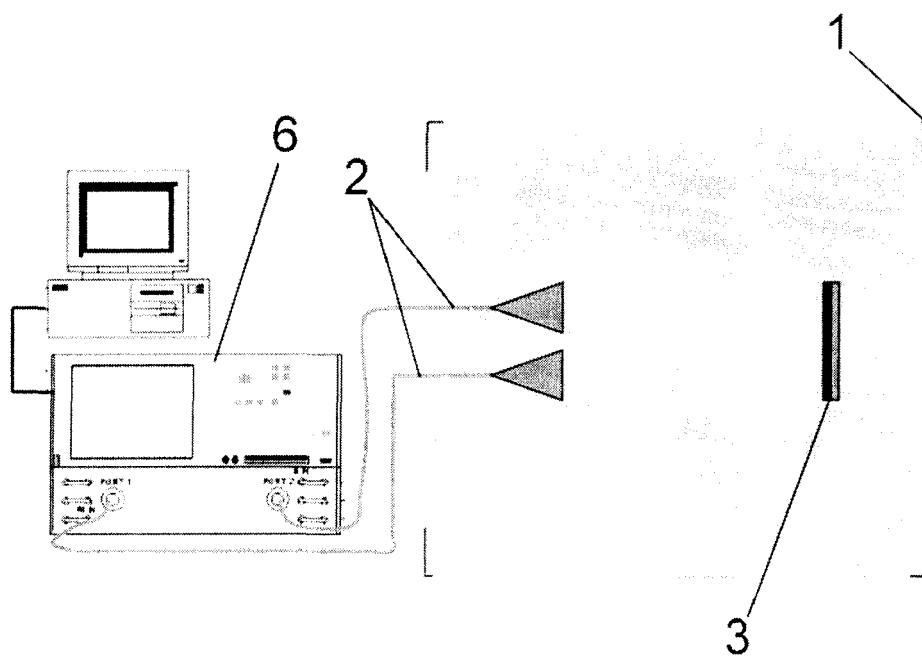


FIG. 2

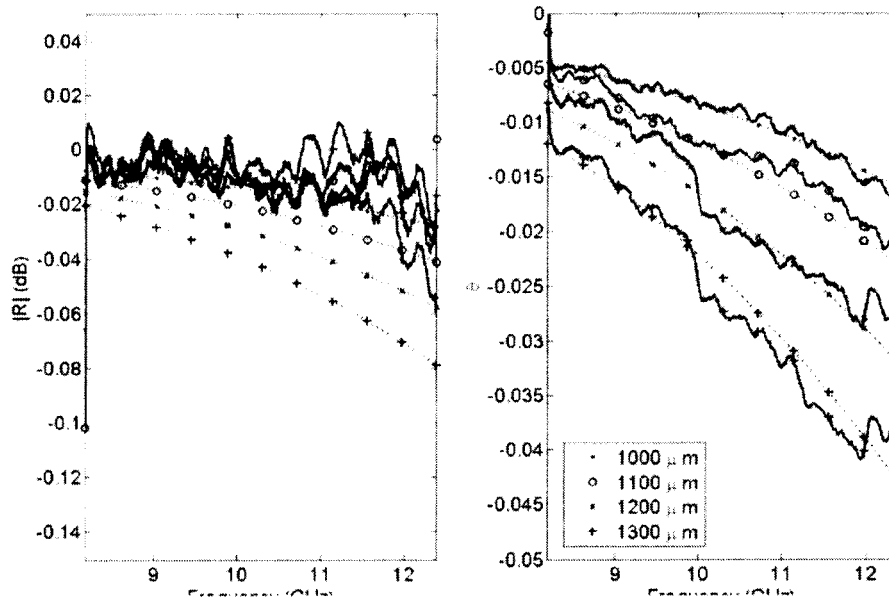


FIG. 3A

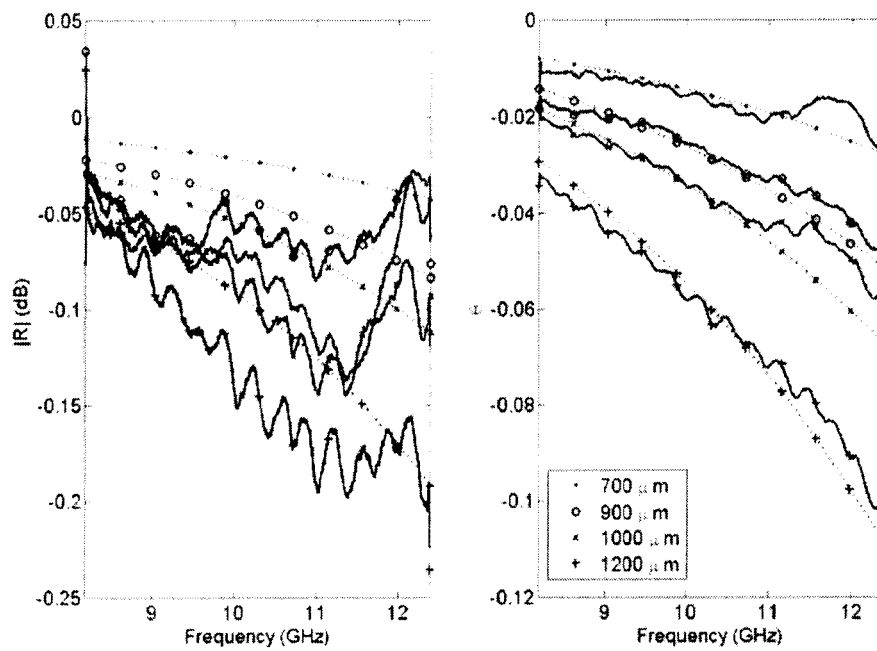


FIG. 3B

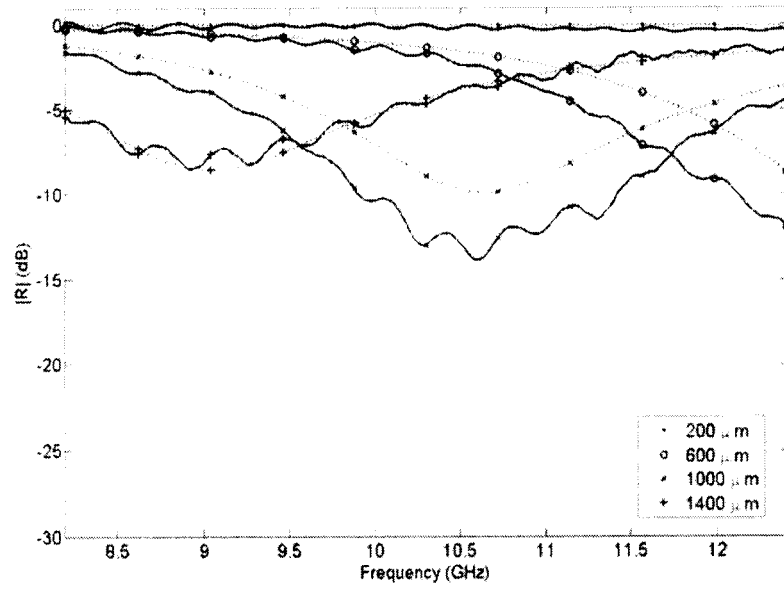


FIG. 4A

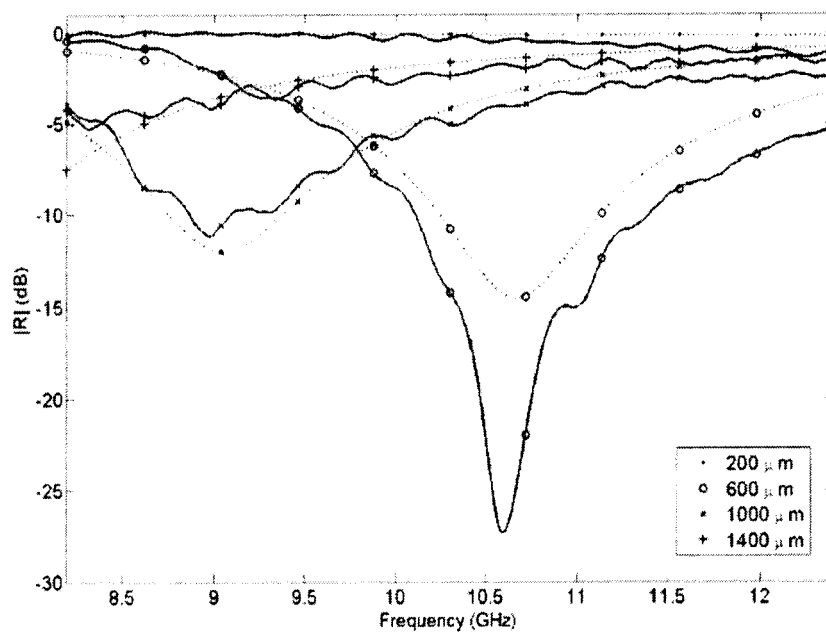


FIG. 4B

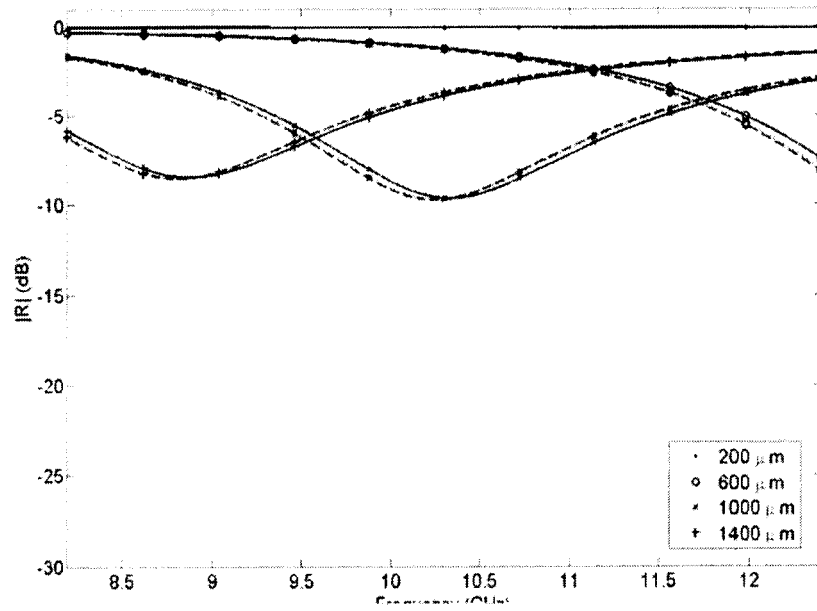


FIG. 5A

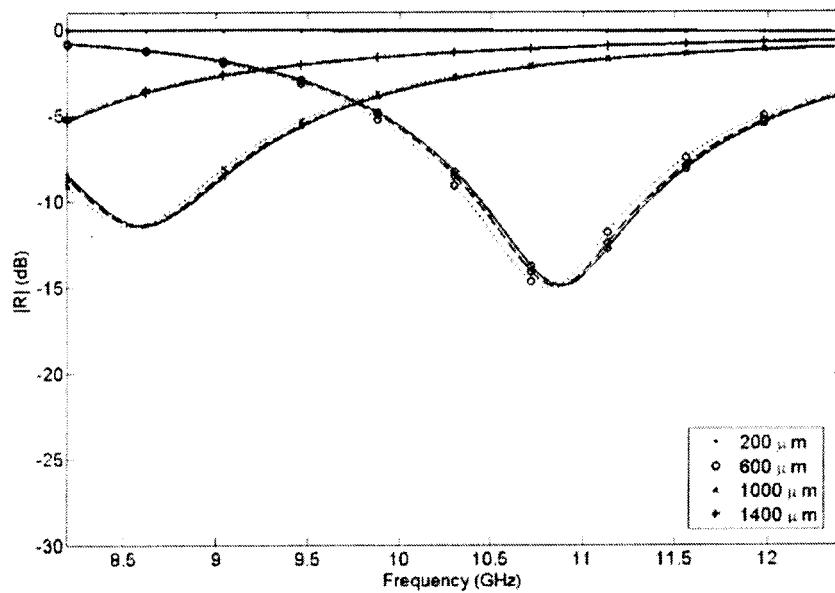


FIG. 5B

Sample	f_i (%)	l (mm)	d (μm)
L_1	1.35	1	7
L_2	0.55	2	7

TABLA 1

Sample	f_i (%)	l (mm)	d (μm)	Sample	f_i (%)	l (mm)	d (μm)
L_1^1	0.135	0.7	7	L_1^d	0.135	1	6
	0.2025	0.85			0.2025		6.5
	0.675	1			0.675		7
	0.2025	1.15			0.2025		7.5
	0.135	1.3			0.135		8
L_2^1	0.055	1.7	7	L_2^d	0.055	2	6
	0.0825	1.85			0.0825		6.5
	0.275	2			0.275		7
	0.0825	2.15			0.0825		7.5
	0.055	2.3			0.055		8

TABLA 2



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 200802609

②② Fecha de presentación de la solicitud: 12.09.2008

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **H01Q17/00** (01.01.2006)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	EP 1675217 A1 (MICROMAG 2000, S.L.) 28.06.2006, todo el documento.	1-10
A	US 2004104835 A1 (OJIMA) 03.06.2004, todo el documento.	1-10
A	US 4606848 A (BOND) 19.08.1986, todo el documento.	1-10
A	US 5085931 A (BOYER, III et al.) 04.02.1992, todo el documento.	1-10

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
10.03.2011

Examinador
J. Botella Maldonado

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H01Q

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 10.03.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-10	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-10	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	EP 1675217 A1 (MICROMAG 2000, S.L.)	28.06.2006
D02	US 2004104835 A1 (OJIMA)	03.06.2004
D03	US 4606848 A (BOND)	19.08.1986
D04	US 5085931 A (BOYER, III et al.)	04.02.1992

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El objeto principal de la invención (reivindicación 1ª) es un atenuador de las radiaciones electromagnéticas reflejadas por una superficie metálica en un rango de frecuencias preseleccionado. Sobre la superficie metálica se sitúa una capa atenuadora constituida por otras dos capas, la primera de material dieléctrico situada directamente sobre la capa metálica y la segunda constituida por una mezcla de pintura y microhilos metálicos no magnéticos con cubierta aislante de 1 a 2 mm de longitud aplicada esta segunda capa sobre la primera.

El documento más relevante de los citados en el informe, es el D01 que describe un dispositivo absorbente de radiaciones electromagnéticas en un rango de frecuencias determinado, constituido por una capa conductora que sirve de base y sobre ella, una capa absorbente formada por un material dieléctrico que contiene microhilos magnéticos en un volumen de espesor menor al espesor total del dieléctrico y situado a una distancia determinada de la capa conductora. La parte imaginaria de la permeabilidad magnética de los microhilos en el rango de frecuencias considerado, es 100 veces mayor que la parte real.

En relación al resto de los documentos citados, estos sólo muestran el estado general de la técnica, y no se consideran de particular relevancia. Además ninguno de estos documentos, tomados solos o en combinación, revelan la invención definida en las reivindicaciones de la 1ª a la 10ª. Ni hay en ellos sugerencias que dirijan al experto en la materia hacia la invención definida por las citadas reivindicaciones.

Así, la invención reivindicada en las reivindicaciones de la 1ª a la 10ª es nueva y se considera que implica actividad inventiva y aplicación industrial.