



- (51) Clasificación Internacional de Patentes:
H01P 1/207 (2006.01)
- (21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2012/000150
- (22) Fecha de presentación internacional:
31 de mayo de 2012 (31.05.2012)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:
P201100616 1 de junio de 2011 (01.06.2011) ES
- (71) Solicitantes (*para todos los Estados designados salvo US*):
UNIVERSITAT AUTONOMA DE BARCELONA [ES/ES]; Edifici Q, Campus de la UAB, E-08193 Bellaterra, Barcelona (ES). **UNIVERSIDAD DE SEVILLA** [ES/ES]; C/ San Fernando, 4, E-41004 Sevilla (ES).
- (72) Inventores; e
- (75) Inventores/Solicitantes (*para US solamente*): **MEDINA MENA, Francisco** [ES/ES]; Universidad de Sevilla, C/ San Fernando, 4, E-41004 Sevilla (ES). **FERNANDEZ PRIETO, Armando** [ES/ES]; Universidad de Sevilla, C/ San Fernando, 4, E-41004 Sevilla (ES). **MESA**

LEDESMA, Francisco [ES/ES]; Universidad de Sevilla, C/ San Fernando, 4, E-41004 Sevilla (ES). **MARTIN ANTOLIN, Juan Fernando** [ES/ES]; Universidad Autonoma de Barcelona, Edifici Q - Campus de la UAB, E-08193 Bellaterra (Barcelona) (ES). **DURAN-SINDREU VIADER, Miguel** [ES/ES]; Universidad Autonoma de Barcelona, Edifici Q - Campus de la UAB, E-08193 Bellaterra (Barcelona) (ES). **NAQUI GAROLERA, Jordi** [ES/ES]; Universidad Autonoma de Barcelona, Edifici Q - Campus de la UAB, E-08193 Bellaterra (Barcelona) (ES).

(74) Mandatario: **TORNER LASALLE, Elisabet**; Gran Via de les Corts Catalanes, 669 bis, 1r. 2a, E-08013 Barcelona (ES).

(81) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: DEVICE COMPRISING DIFFERENTIAL TRANSMISSION LINES WITH COMMON-MODE SUPPRESSION

(54) Título : DISPOSITIVO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DIFERENCIALES CON SUPRESIÓN DE MODO COMÚN

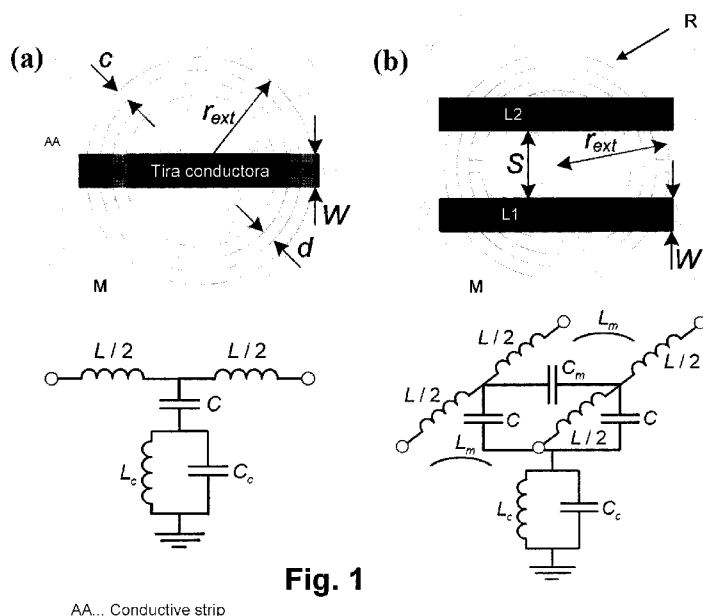


Fig. 1

AA... Conductive strip

(57) Abstract: The invention relates to a device comprising differential transmission lines with common-mode suppression. The device comprises: a planar differential transmission medium including two conductive transmission lines (L1, L2), a metal earth plane (M) and a dielectric substrate; and a filter formed by one or more open-ring resonators (R) etched in the earth plane (M) and configured, dimensioned and arranged symmetrically in order to suppress the propagation of signals in common mode in one or more pre-determined frequencies and to allow the transmission of signals in differential mode at said one or more pre-determined frequencies.

(57) Resumen: Dispositivo de líneas de transmisión diferenciales con supresión de modo común. Comprende: - un medio de transmisión planar diferencial que incluye dos líneas conductoras de transmisión (L1, L2), un plano de masa metálico (M), y un sustrato dieléctrico, y - un filtro formado por uno o más resonadores de anillos abiertos (R) grabados en el plano de masa (M), configurados, dimensionados y dispuestos simétricamente para suprimir la propagación de señales en modo común en una o más frecuencias determinadas y permitir la transmisión de señales en modo diferencial a dichas una o más frecuencias determinadas.

**(84) Estados designados** *(a menos que se indique otra cosa,**para toda clase de protección regional admisible):*

ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

- *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*
- *antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones (Regla 48.2(h))*

Dispositivo de líneas de transmisión diferenciales con supresión de modo común**Sector de la técnica**

La presente invención concierne, en general, a un dispositivo de líneas de transmisión diferenciales con supresión de modo común, que incluye un filtro formado por uno o más resonadores grabados en el plano de masa para suprimir la propagación de señales en modo común, y más particularmente a un dispositivo donde dicho resonador es un resonador de anillos abiertos complementarios (CSRR). Este resonador no perturba de forma significativa el modo diferencial

Estado de la técnica anterior

Es bien conocido que los resonadores de anillos abiertos complementarios (CSRRs) grabados en el plano de masa de una línea de transmisión de microcinta, debajo de la tira conductora, son capaces de inhibir la propagación de señales electromagnéticas en dicha línea de transmisión. Ello es consecuencia de que tales resonadores de anillos abiertos complementarios introducen ceros de transmisión debido al acoplo eléctrico entre tales resonadores y la línea de transmisión, impidiendo la propagación de señales a frecuencias alrededor de la frecuencia de resonancia del resonador. Así pues, grabando una cadena de resonadores de anillos abiertos complementarios en el plano de masa, debajo de la tira conductora, es posible conseguir una banda de frecuencias de rechazo de anchura controlable, mediante el grabado de resonadores con distinta frecuencia de resonancia, acoplando los resonadores por aproximación de los mismos, diseñando los resonadores para que tengan un ancho de banda significativo, o una combinación de las anteriores.

Los CSRRs fueron presentados por primera vez en [1], donde se demostró que estos elementos son útiles para el diseño de estructuras de permitividad negativas en tecnología de microcinta.

Los resonadores de anillos abiertos complementarios grabados en el plano de masa de una línea de microcinta, por debajo de la tira conductora, suprimen eficientemente la transmisión de señales en las inmediaciones de sus frecuencias de resonancia. Este resultado puede ser interpretado como debido a la permitividad efectiva negativa de la línea, pero también puede ser explicado en términos de teoría de circuitos, como resultado del acoplamiento capacitivo entre la línea y el CSRR.

En la Fig. 1(a) se representa la topología y el modelo circuital de una línea de microcinta cargada con un CSRR.

Como se indicó en [2], L modela la inductancia de la línea, C el acoplamiento eléctrico entre la línea y el resonador, y el CSRR es modelado por el tanque resonante paralelo, L_c - C_c .

La solicitud EP1855348A1 propone un filtro pasa banda formado por una línea de transmisión y una o más células de filtro, cada una de ellas formada por uno o más resonadores de anillos abiertos complementarios, un elemento inductivo y un elemento capacitivo.

La solicitud EP1675212A1 describe un filtro para microondas y ondas milimétricas que comprende un medio planar de transmisión con una tira conductora, un plano metálico de masa y un substrato dieléctrico, y que también incluye un resonador de anillos abiertos

Por otra parte, son bien conocidas las líneas de transmisión diferenciales consistentes en un par de líneas acopladas sobre un plano de masa, separado de las líneas mediante un substrato dieléctrico. Estas líneas diferenciales tienen, como características claves, una alta inmunidad al ruido, un nivel de interferencias mutuas bajo y unas interferencias electromagnéticas bajas, lo que las hace muy interesantes para circuitos digitales de alta velocidad.

En las aplicaciones de tales líneas diferenciales es necesario eliminar el ruido en modo común a aquellas frecuencias en que la línea debe transmitir las señales en el modo diferencial. Sin embargo, la presencia de ruido en modo común en las líneas diferenciales es inevitable en los circuitos prácticos. Este ruido no deseado es causado principalmente por un desequilibrio en amplitud o un desfase temporal de las señales diferenciales y debe ser reducido tanto como sea posible para evitar radiación en modo común que provoque interferencias electromagnéticas (EMI).

Por lo tanto, el diseño de líneas diferenciales capaces de suprimir el ruido en modo común, manteniendo la integridad de la señales diferenciales es de suma importancia.

Las estructuras con ranuras en el plano de tierra (DGS) consisten en practicar un defecto, ya sea una o varias figuras geométricas simétricas o asimétricas, en el plano de tierra justamente debajo de la línea de microcinta.

En [3], se utilizaron patrones periódicos con forma de mancuerna grabados en el plano de masa, en la forma de una estructura DGS, por debajo de las líneas diferenciales, con el fin de suprimir el modo par mediante la apertura del camino de retorno de corriente a través del plano de masa. Esta disposición tiene un efecto pequeño en las señales diferenciales (modo impar) ya que, para tales señales, una densidad de corriente relativamente pequeña vuelve a través del plano de masa.

En [4], los autores logran una amplia banda de eliminación para el modo común mediante el uso de resonadores acoplados en forma de U y de H simétricamente grabados en el plano de masa, también implementando una estructura DGS.

5 REFERENCIAS

- [1] F. Falcone, T. Lopetegi, J.D. Baena, R. Marqués, F. Martín and M. Sorolla, "Effective negative- ϵ stop-band de microcinta lines based on complementary split ring resonators", IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 14, pp. 280-282, June 2004.
- 10 [2] J.D. Baena, J. Bonache, F. Martín, R. Marqués, F. Falcone, T. Lopetegi, M.A.G. Laso, J. García, I Gil, M. Flores-Portillo and M. Sorolla, "Equivalent circuit models for split ring resonators and complementary split rings resonators coupled to planar transmission lines", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 53, pp. 1451-1461, April 2005.
- 15 [3] W.T. Liu, C-H. Tsai, T-W. Han, T-L. Wu, "An embedded common-mode suppression filter for GHz differential signals using periodic defected ground plane", IEEE Microw. Wireless Comp. Lett., vol. 18, no. 4, pp. 248-250, April 2008.
- [4] S-J. Wu, C-H. Tsai, T-L. Wu, T. Itoh, "A novel wideband common-mode suppression filter for gigahertz differential signals using coupled patterned ground structure", IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 57, no.4, pp. 848-855, April 2009.
- 20 [5] F. Falcone, T. Lopetegi, M.A.G. Laso, J.D. Baena, J. Bonache, R. Marqués, F. Martín, M. Sorolla, "Babinet principle applied to the design of metasurfaces and metamaterials", Phys. Rev. Lett., vol. 93, paper 197401, November 2004.
- 25 [6] F. Aznar, M. Gil, J. Bonache and F. Martín, "On the effects of resonator's electrical size on bandwidth in resonant-type metamaterial transmission lines", Microwave and Optical Technology Letters, vol. 52, no.7, pp. 1526-1530, July 2010.
- [7] J. Bonache, M. Gil, I. Gil, J. García-García and F. Martín, "On the electrical characteristics of complementary metamaterial resonators", IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 16, pp. 543-545, October 2006.
- 30 [8] C-H. Tsai, T-L. Wu, "A broadband and miniaturized commonmode filter for gigahertz differential signals based on negative permittivity metamaterials", IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 58, no.1, pp. 195-202, Jan. 2010.

[9] B.C. Tseng, L.K. Wu, "Design of miniaturized common-mode filter by multilayer low-temperature co-fired ceramic", IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 46, no.4, pp. 571-579, Nov. 2004.

5 Explicación de la invención

La presente invención constituye una alternativa a las propuestas hechas en [3] y [4], ofreciendo otro enfoque para el diseño de líneas diferenciales con supresión de modo común.

Para ello, la presente invención concierne a un dispositivo de líneas de transmisión diferenciales con supresión de modo común, que comprende, de manera en sí conocida:

- un medio de transmisión planar diferencial que incluye al menos dos líneas conductoras de transmisión, un plano de masa metálico, y un substrato dieléctrico,

y

- un filtro formado por al menos un resonador grabado en dicho plano de masa para suprimir la propagación de señales en modo común.

A diferencia de las propuestas conocidas, en el dispositivo de la presente invención el resonador es un resonador de anillos abiertos configurado, dimensionado y dispuesto para suprimir la propagación de señales en modo común en como mínimo una frecuencia determinada y permitir la transmisión de señales en modo diferencial a dicha frecuencia determinada.

Para un ejemplo de realización, dicho resonador de anillos abiertos se encuentra grabado en dicho plano de masa metálico, tal como en la forma de una estructura DGS.

El resonador es, según un ejemplo de realización preferido, un resonador de anillos abiertos complementarios, o CSRR.

Las aberturas de cada anillo de resonador de anillos abiertos complementarios, están dispuestas en el plano de simetría longitudinal de las dos líneas conductoras de transmisión diferenciales.

En función del ejemplo de realización, cada anillo del resonador de anillos abiertos complementarios tiene una forma circular, cuadrada, rectangular o poliédrica.

Según un ejemplo de realización, la distancia entre bordes internos de la tira conductora que conforma cada anillo del resonador de anillos abiertos complementarios (es decir el diámetro interior cuando la forma es circular o el ancho interior cuando es cuadrada) es superior a la distancia de separación entre las dos líneas conductoras de transmisión diferenciales, más el ancho de cada una de las dos líneas conductoras de

transmisión diferenciales, es decir de modo que el resonador sobresalga a la región ocupada por las líneas

Los anillos del resonador de anillos abiertos complementarios se encuentran dispuestos centrados, por debajo de las líneas conductoras de transmisión diferenciales de manera que su centro geométrico común queda ubicado en dicho plano de simetría longitudinal, lo cual permite rechazar el modo común sin afectar al modo diferencial.

Para unos ejemplos de realización más elaborados, el filtro del dispositivo propuesto por la presente invención comprende una pluralidad de resonadores de anillos abiertos configurados, dimensionados, dispuestos y relacionados entre sí para suprimir la emisión en modo común en una banda de frecuencias de rechazo requerida.

Dicha pluralidad de resonadores de anillos abiertos tienen, para uno de dichos ejemplos de realización, unas dimensiones ligeramente diferentes entre sí y están altamente acoplados, para ampliar la banda de frecuencias de rechazo.

Por lo que se refiere a las dimensiones referidas en dicho dimensionado, éstas son relativas a: ancho de cada anillo, distancia entre anillos, distancia entre bordes internos de la tira conductora que conforma cada anillo y separación entre resonadores individuales.

Según otro ejemplo de realización, el mencionado filtro del dispositivo de la invención comprende, en combinación con los resonadores de anillos abiertos, uno o más resonadores eléctricos de otro tipo.

Mediante el grabado simétrico de los CSRRs en el plano de masa se consigue una supresión de modo común eficiente sobre una banda ancha. En comparación con otros enfoques, la estrategia de supresión de modo común seguida mediante el dispositivo de la invención es tecnológicamente simple (solamente se utilizan dos niveles de metal), los filtros de modo común resultantes son eléctricamente pequeños, proporcionan bandas de eliminación amplias y de alto rechazo, y su diseño es simple.

Breve descripción de los dibujos

Las anteriores y otras ventajas y características se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada de unos ejemplos de realización con referencia a los dibujos adjuntos, que deben tomarse a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

la Fig. 1 (a) representa la topología y el modelo circuital de una línea de microcinta cargada con un CSRR;

la Fig. 1 (b) representa la topología y el modelo circuital del dispositivo propuesto por la presente invención, formado por una línea diferencial cargada con un CSRR;

la Fig. 2 muestra los modelos de circuito relativos al modo par (a) y el modo impar (b) del dispositivo propuesto por la invención;

la Fig. 3 es una gráfica que representa el resultado de unas simulaciones electromagnéticas realizadas con la estructura ilustrada en la propia Fig. 3, con el CSRR sin girar y girado 90°, en la forma de las pérdidas de inserción en modo común $|S_{cc21}|$ y de las pérdidas de inserción en modo diferencial $|S_{dd21}|$, para unas dimensiones de $c=0,2\text{mm}$, $d=0,2\text{mm}$, $r_{\text{ext}}=5\text{mm}$, $W=1\text{mm}$ y $S=2,5\text{mm}$;

la Fig. 4 es una gráfica que representa el resultado de unas simulaciones electromagnética y circuital correspondientes a la estructura ilustrada en la propia Fig. 4, en la forma de las pérdidas de inserción en modo común $|S_{cc21}|$, donde las dimensiones del CSRR son de $c=0,2\text{mm}$, $d=0,2\text{mm}$, $W=1\text{mm}$, $S=2,5\text{mm}$, y longitud lateral de 7,6mm, para unos parámetros del circuito de $L'=4,93\text{nH}$, $C=1,06\text{pF}$, $C_c=2,68\text{pF}$ y $L_c=3,36\text{nH}$;

la Fig. 5 es otra gráfica que ilustra las pérdidas simuladas de inserción en modo común y en modo diferencial para una estructura de tercer orden que resulta de conectar en cascada tres células unitarias como la ilustrada en la Fig. 4;

la Fig. 6 ilustra sendas fotografías de la línea diferencial con amplio rechazo del modo común del dispositivo propuesto por la invención, para un ejemplo de realización para el que el filtro comprende tres CSRRs de forma cuadrada, donde (a) corresponde a una vista superior que ilustra a las dos líneas diferenciales y (b) a una vista inferior que muestra los tres CSRRs grabados en el plano de masa; y

la Fig. 7 ilustra, mediante una gráfica, las pérdidas de inserción en modo común $|S_{cc21}|$ y en modo diferencial $|S_{dd21}|$ para la estructura de la Fig. 6.

25 Descripción detallada de unos ejemplos de realización

La estructura de célula unitaria de la línea diferencial del dispositivo propuesto se representa en la Fig. 1(b), para un ejemplo de realización para el que los anillos del CSRR tienen forma circular. Consiste en un par de líneas acopladas L_1 , L_2 con un resonador R de tipo CSRR grabado en el plano de masa M . El modelo circuital de esta estructura también se representa en la Fig. 1(b), donde C_m y L_m modelan, respectivamente, la capacitancia y la inductancia mutua entre las líneas acopladas.

En las Figs. 1(a) y 1(b) se encuentran indicadas una serie de cotas dimensionales relativas a los anillos del CSRR y a las líneas o tiras conductoras. En particular se indica con la referencia c el ancho de un anillo del CSRR, con d la separación entre ambos anillos, con R_{ext} el radio exterior del anillo mayor del CSRR, con W el grosor de cada tira conductora y con S la separación entre las dos tiras

conductoras que conforman las dos líneas diferenciales L1, L2 del dispositivo propuesto por la presente invención, para el ejemplo de realización ilustrado en la Fig. 1(b).

En dichas Figs. 1(a) y 1(b) se ilustra en negro una capa de metalización superior en la que se encuentran definidas las tiras conductoras L1, L2 y en gris una capa de metalización inferior correspondiente al plano de masa M, donde se encuentra definido, por grabado, el CSRR. Entre ambas capas de metalización hay un sustrato dieléctrico, que no se ha ilustrado.

El modelo de circuito de la Fig. 1(b) explica que las señales diferenciales son insensibles a la presencia de los CSRRs, mientras que estos resonadores previenen la transmisión de las señales de modo común a ciertas frecuencias. El modelo de circuito equivalente de la estructura de la Fig. 1(b) bajo excitación de modo común es representado en la Fig. 2(a), mientras que para el modo impar se representa en la Fig. 2(b). Para el modo impar, el resonador está en cortocircuito a masa, y el modelo resultante es el de una línea de transmisión convencional. Para el modo par, se obtiene el mismo circuito que el correspondiente a una línea cargada con CSRR (Fig. 1a), pero con parámetros modificados. Por lo tanto, se espera un comportamiento de banda de eliminación similar para el modo común.

Como se observa en dicha Fig. 1(b) los anillos del resonador de anillos abiertos presenten las aberturas de cada anillo del par en el plano de simetría de las líneas diferenciales L1, L2, y están dimensionados de modo que tales anillos sobresalgan a la región ocupada por las líneas L1, L2. Ventajosamente, con esta configuración simétrica, no aparece un campo eléctrico neto en la región interior al resonador de anillos abiertos complementarios para el modo diferencial, éstos no se excitan, y la señal en modo diferencial se puede propagar en la línea diferencial. Sin embargo, para el modo común, aparece un campo eléctrico neto en la dirección axial a los anillos, de modo que el resonador de anillos abiertos complementario se excita y se inhibe la propagación de señales para este modo, y por tanto el ruido en modo común, tal como se pretende.

En términos de distribuciones de campo, es bien sabido que el CSRR (primera resonancia) puede ser excitado por medio de un campo eléctrico axial variable temporalmente [1,5]. Para el modo común, existe una gran densidad de líneas de campo eléctrico en la misma dirección debajo de ambas líneas. Esto causa la excitación del CSRR y por lo tanto la generación de una banda de eliminación. Para el modo impar, la distribución del campo eléctrico depende del nivel de acoplamiento entre ambas líneas. En líneas altamente acopladas, las líneas de campo eléctrico se concentran principalmente en la (necesariamente estrecha) región de separación entre las líneas. En líneas débilmente acopladas, la intensidad de campo eléctrico es mayor

bajo las líneas (de manera similar al modo par). Sin embargo, la dirección de las líneas de campo eléctrico es opuesta en ambas tiras de la línea diferencial. Si la estructura es simétrica, (es decir, las aberturas de los CSRRs están alineadas con el plano de simetría de las líneas diferenciales), los vectores de campo eléctrico opuestos en
 5 ambas líneas se cancelan mutuamente de manera exacta y el CSRR no se activa.

Para verificar la integridad de las señales diferenciales en estas líneas cargadas con CSRR, se ha diseñado una línea diferencial con líneas acopladas débilmente (la disposición se ilustra en la Fig. 3). La anchura y la distancia entre las líneas necesarias para obtener una impedancia en modo impar de 50Ω se ha determinado por medio del
 10 calculador de líneas de transmisión incorporado en el software comercial *Agilent ADS* (se han considerado los parámetros del sustrato de microondas *Rogers RO3010* con constante dieléctrica $\epsilon_r = 10,2$ y un grosor $h=1,27\text{mm}$). Para analizar los efectos de la asimetría en el circuito, se ha simulado la estructura que resulta de rotar el CSRR 90° . Las pérdidas de inserción diferenciales y de modo común simuladas para ambas
 15 estructuras se ilustran en la Fig. 3 (estas simulaciones han sido obtenidas por medio del software comercial *Agilent Momentum*). Para el modo par los resultados son comparables (en la región de interés, a una frecuencia alrededor de $1,2\text{GHz}$) y un cero de transmisión aparece en la frecuencia donde la impedancia en derivación (Fig. 2a) se anula:

$$f_z = \frac{1}{2\pi\sqrt{2L_c(C_c/2 + C)}} \quad (1)$$

20

Sin embargo, para el modo impar, mientras que la pérdida de inserción es menor de $0,1\text{ dB}$ (en el rango de frecuencias considerado) para la estructura simétrica, aparece un cero de transmisión en la estructura con el CSRR girado. Por lo tanto, estos resultados validan el principio de supresión del modo común y señalan la
 25 necesidad de grabar simétricamente los CSRRs en la línea diferencial con el fin de preservar la integridad de la señal diferencial en una banda ancha.

A continuación se detalla un ejemplo de realización relativo a un diseño de líneas diferenciales basadas en CSRR para conformar el dispositivo propuesto por la presente invención.

30 Para suprimir eficientemente el ruido de modo común es necesario conseguir bandas anchas de eliminación para el modo par. Para este fin, la estrategia consiste en ampliar la banda de eliminación de los resonadores individuales, acoplarlos tanto como sea posible, o grabar CSRRs con dimensiones ligeramente modificadas con el fin de obtener diferentes frecuencias de cero de transmisión en la banda de eliminación
 35 deseada, o una combinación de todos estos efectos. Para ampliar el ancho de banda

de rechazo de un CSRR individual (que es pertinente para lograr bandas anchas de eliminación), es necesario aumentar la capacidad de acoplamiento, C , y reducir la inductancia, L_c , y la capacitancia, C_c del CSRR tanto como sea posible [6]. De acuerdo con esta estrategia, se han considerado líneas débilmente acopladas, puesto que la anchura de las líneas necesarias para lograr una impedancia de modo impar de 50Ω es mayor, y mejora la capacidad de acoplamiento del modo par. Para reducir la inductancia y capacitancia del CSRR, manteniendo el nivel de acoplamiento, es necesario aumentar el ancho de los anillos, c , y la separación, d . Obviamente, esto resulta en un CSRR de tamaño mayor (para una frecuencia cero de transmisión dada), pero el ancho de banda alcanzable también es mayor.

En la presente invención, el ancho de banda se ve reforzado mediante el acoplamiento de CSRRs idénticos. Se han considerado dos estructuras diferentes: en una de ellas, los anillos de los CSRRs son amplios y están visiblemente separados, en el otro, los anillos son estrechos y con una pequeña separación entre ellos. En ambos casos, con el fin de mejorar el acoplamiento entre CSRRs, se han considerado anillos de forma cuadrada.

En el primer diseño, el objetivo ha sido reducir el tamaño de la estructura tanto como sea posible. Por esta razón, se ha considerado una célula unitaria de CSRR con anillos estrechos y poco separados ($c = 0,2$ mm y $d = 0,2$ mm). Estos valores están cerca del límite de la tecnología disponible. Con estos valores, el modelo del CSRR reportado en [2], y la capacitancia por unidad de longitud de las líneas acopladas (modo común), se ha estimado el lado del CSRR con el fin de obtener una frecuencia de cero de transmisión a $f_z = 1,4$ GHz (obviamente, ha sido necesario realizar una correspondiente optimización ya que el modelo reportado en [2] es válido en condiciones que no se cumplen exactamente en la estructura).

La simulación de la pérdida de inserción en modo común se representa en la Fig. 4. La simulación del circuito de la estructura con los parámetros extraídos de acuerdo con el procedimiento reportado en [7] también es representado en la Fig. 4. Hay una buena coincidencia entre la simulación del circuito y la simulación electromagnética. Con el fin de mejorar el ancho de banda de rechazo, se ha implementado una estructura de tercer orden con CSRRs estrechamente acoplados.

El ancho de banda está estrechamente relacionado con el nivel de acoplamiento entre resonadores. Por lo tanto, se ha separado el CSRR las 0,15 mm con el fin de aumentar el ancho de banda tanto como sea posible. La simulación de la estructura resultante se muestra en la Fig. 5, donde por efectos de comparación también se ha incluido la simulación del circuito. El circuito simulado es el que resulta de conectar en

cascada las células elementales, pero con la adición de capacitancias de acoplamiento entre resonadores adyacentes. Se ha considerado que la capacitancia de acoplamiento es un parámetro ajustable, y se ha encontrado que la capacitancia que proporciona una mejor adaptación es $C_{\text{Coup}} = 0,11\text{pF}$. Las dimensiones de la estructura son 23mm×7,6mm, es decir $0,28\lambda \times 0,09\lambda$ (donde λ es la longitud de onda guiada a la frecuencia central). El dispositivo es por tanto muy pequeño, aunque el ancho de banda no ha sido optimizado en esta estructura. Está claro que la señal diferencial no es alterada por la presencia de los CSRRs (véase también la Fig. 5).

Para aumentar el ancho de banda, se han considerado CSRRs con anillos y espacios inter-anillos más anchos. El objetivo es lograr un rechazo en modo común de al menos 20 dB en el rango de frecuencias entre 1,2GHz y 1,8GHz. El modelo del CSRR no es tan simple en este caso debido a que el elemento no puede ser considerado como eléctricamente pequeño, por lo que se ha hecho directamente la optimización a nivel de diseño. Se ha encontrado que tres CSRRs de forma cuadrada separados 0,2 mm, con una longitud lateral de 10,8mm y $c = 1,2\text{ mm}$ y $d = 0,8\text{ mm}$, es suficiente para alcanzar las especificaciones objetivo. La estructura ha sido fabricada por medio de una máquina de fresado LPKF H100. Las líneas de acceso se han añadido con el fin de soldar los conectores.

La fotografía de toda la estructura se representa en la Fig. 6. La Fig. 7 muestra las pérdidas de inserción diferencial y en modo común simuladas de la estructura, así como la respuesta en frecuencia medida para el modo par y el impar. Las dimensiones de la región activa de la estructura son 32,8mm × 10,8mm, es decir $0,43\lambda \times 0,14\lambda$. Es de destacar que la pérdida de inserción medida para la señal diferencial es menor de 0,5 dB en el rango considerado, siendo la tangente de pérdidas del sustrato de 0,0023.

Se ha comparado la estructura de banda ancha fabricada de acuerdo con la presente invención (Fig. 6) con otras estructuras reportadas en las referencias, y los resultados de dicha comparación se muestran en la siguiente tabla, en términos de ancho de banda fraccional:

Ref.	Longitud (λ)	Ancho (λ)	Superficie (λ^2)	FBW (%)	
				-10 dB	-30 dB
[8]	0,26	0,16	0,04	60	24
[3]	0,76	0,47	0,36	53	40
[4]	0,44	0,44	0,19	87	-----
Invención presente	0,43	0,14	0,06	54	24

La combinación de tamaño, y de ancho de banda de rechazo es competitiva. La estructura en [8] exhibe unas pequeñas dimensiones y un ancho de banda relativamente amplio, pero necesita tres niveles de metal. En resumen, se ha presentado una propuesta alternativa y prometedora para el diseño de las líneas
5 diferenciales con supresión del modo común.

En conclusión, se ha demostrado que los CSRRs son elementos útiles para la supresión del modo par en líneas diferenciales de microcinta. Se han reportado y validado los modelos de circuito de la estructura para ambos modos, el diferencial y el común.

10 El prototipo de dispositivo fabricado exhibe un ancho de banda de rechazo para el modo común que se extiende desde 1,18 GHz hasta 1,74 GHz con más de 20 dB de rechazo. La pérdida de inserción medida para el modo diferencial es mejor que 0,5 dB desde CC hasta por lo menos 2,5 GHz. Por lo tanto, la presencia de los CSRRs tiene poca influencia en las señales diferenciales. Ya que los CSRRs son resonadores
15 compactos, se requiere un espacio pequeño de la línea diferencial para lograr una supresión del modo común eficiente. Por lo tanto, la presente propuesta es de interés para su aplicación en estructuras basadas en líneas diferenciales.

Un experto en la materia podría introducir cambios y modificaciones en los ejemplos de realización descritos sin salirse del alcance de la invención según está
20 definido en las reivindicaciones adjuntas.

Reivindicaciones

1.- Dispositivo de líneas de transmisión diferenciales con supresión de modo común, del tipo que comprende:

5 - un medio de transmisión planar diferencial que incluye al menos dos líneas conductoras de transmisión (L1, L2), un plano de masa metálico (M), y un sustrato dieléctrico,

y

10 - un filtro formado por al menos un resonador (R) grabado en dicho plano de masa metálico (M) para suprimir la propagación de señales en modo común;

donde el dispositivo está **caracterizado** porque dicho resonador (R), que es al menos uno, es un resonador de anillos abiertos configurado, dimensionado y dispuesto de forma simétrica para suprimir la propagación de señales en modo común en al menos una frecuencia determinada y permitir la transmisión de señales en modo
15 diferencial a dicha frecuencia determinada, que es al menos una.

2.- Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho resonador (R), que es al menos uno, es un resonador de anillos abiertos complementarios.

3.- Dispositivo según la reivindicación 2, caracterizado porque las aberturas de cada anillo de dicho resonador de anillos abiertos complementarios (R), que es al
20 menos uno, están dispuestas en el plano de simetría longitudinal de dichas líneas conductoras de transmisión diferenciales (L1, L2), que son al menos dos.

4.- Dispositivo según la reivindicación 3, caracterizado porque la distancia entre bordes internos de la tira conductora que conforma cada anillo de dicho resonador de anillos abiertos complementarios (R), que es al menos uno, es superior a la distancia de
25 separación (S) entre dichas líneas conductoras de transmisión diferenciales (L1, L2), que son al menos dos, más el ancho (W) de cada una de las dos líneas conductoras de transmisión diferenciales (L1, L2).

5.- Dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado porque los anillos del resonador de anillos abiertos complementarios (R), que es al menos uno, se encuentran
30 dispuestos centrados, por debajo de las líneas conductoras de transmisión diferenciales (L1, L2), que son al menos dos, de manera que su centro geométrico común queda ubicado en dicho plano de simetría longitudinal.

6.- Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cada anillo de dicho resonador de anillos abiertos
35 complementarios (R), que es al menos uno, tiene una forma circular.

7.- Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque cada anillo de dicho resonador de anillos abiertos complementarios (R), que es al menos uno, tiene una forma cuadrada, rectangular o poliédrica.

5 8.- Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho filtro comprende una pluralidad de dichos resonadores de anillos abiertos (R) configurados, dimensionados, dispuestos y relacionados entre sí para suprimir la emisión en modo común en una banda de frecuencias de rechazo.

10 9.- Dispositivo según la reivindicación 8, caracterizado porque dicha pluralidad de resonadores de anillos abiertos (R) tienen unas dimensiones ligeramente diferentes entre sí y están altamente acoplados, para ampliar la banda de frecuencias de rechazo de los resonadores individuales.

15 10.- Dispositivo según la reivindicación 8, caracterizado porque las dimensiones referidas en dicho dimensionado son relativas a: ancho de cada anillo, distancia entre anillos, distancia entre bordes internos de la tira conductora que conforma cada anillo y separación entre resonadores individuales.

11.- Dispositivo según la reivindicación 8, caracterizado porque dicho filtro comprende, en combinación con dichos resonadores de anillos abiertos (R), al menos un resonador eléctrico de otro tipo.

1/4

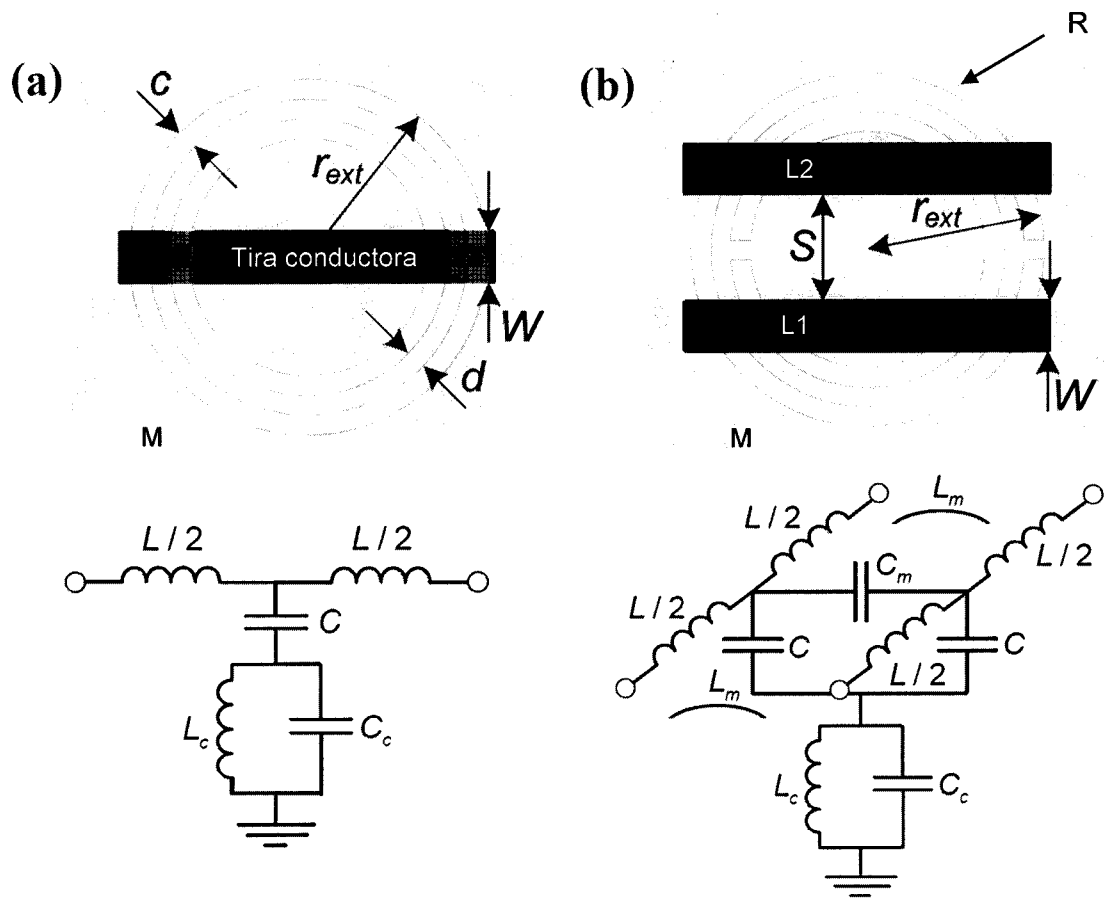


Fig. 1

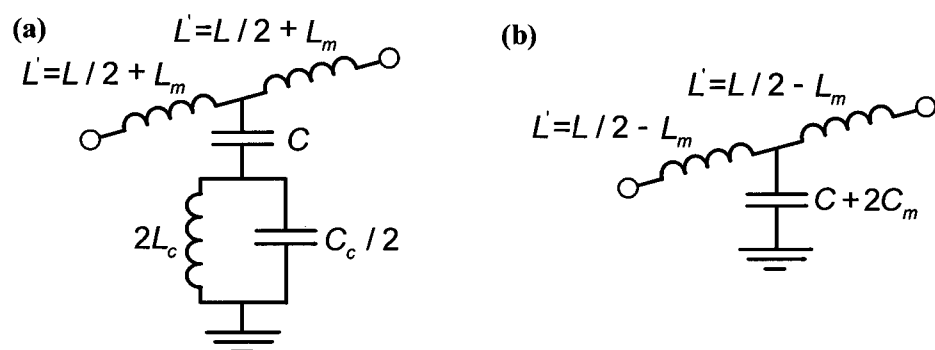


Fig. 2

2/4

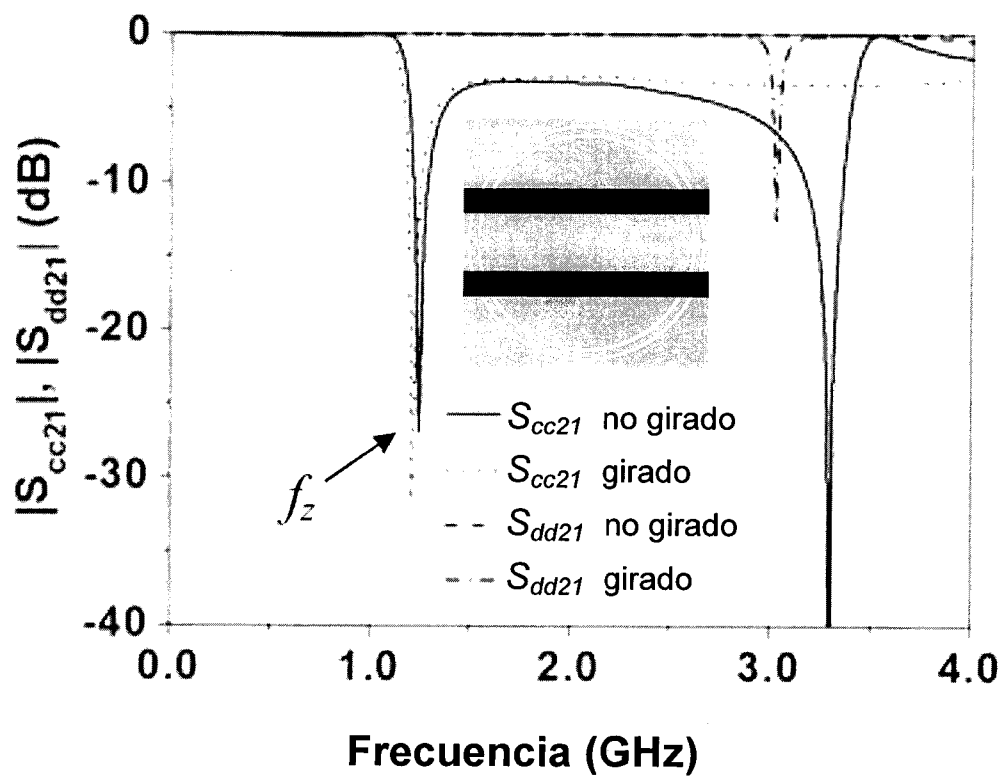


Fig. 3

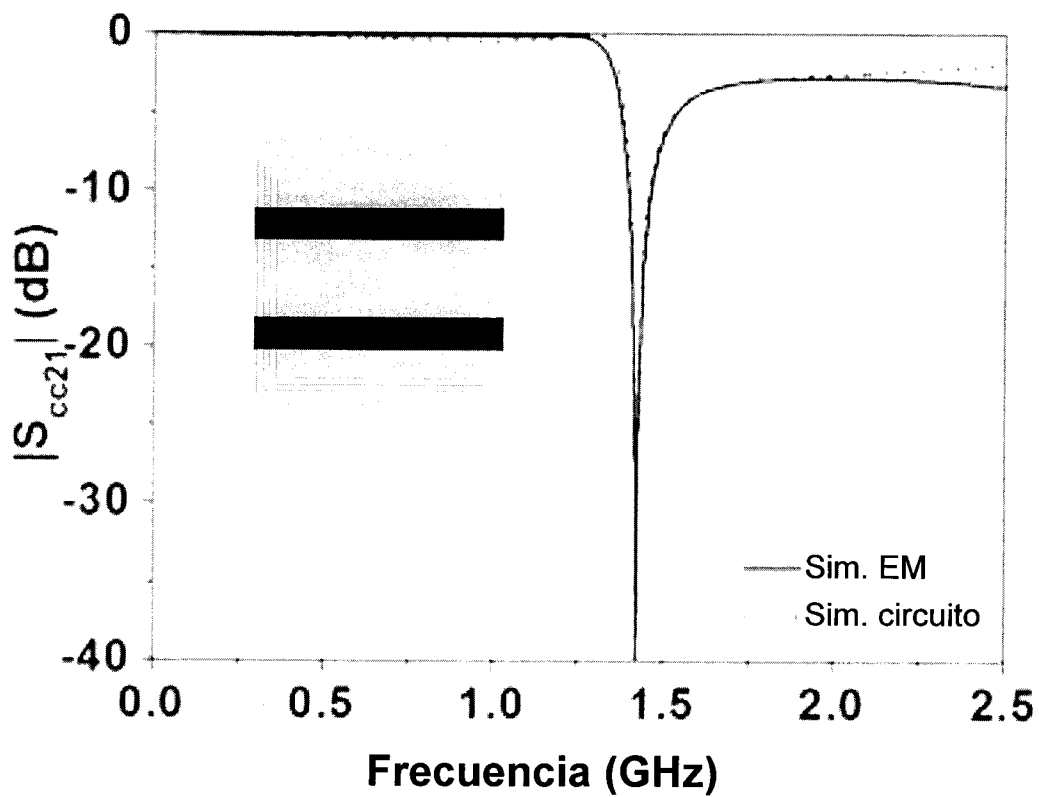


Fig. 4

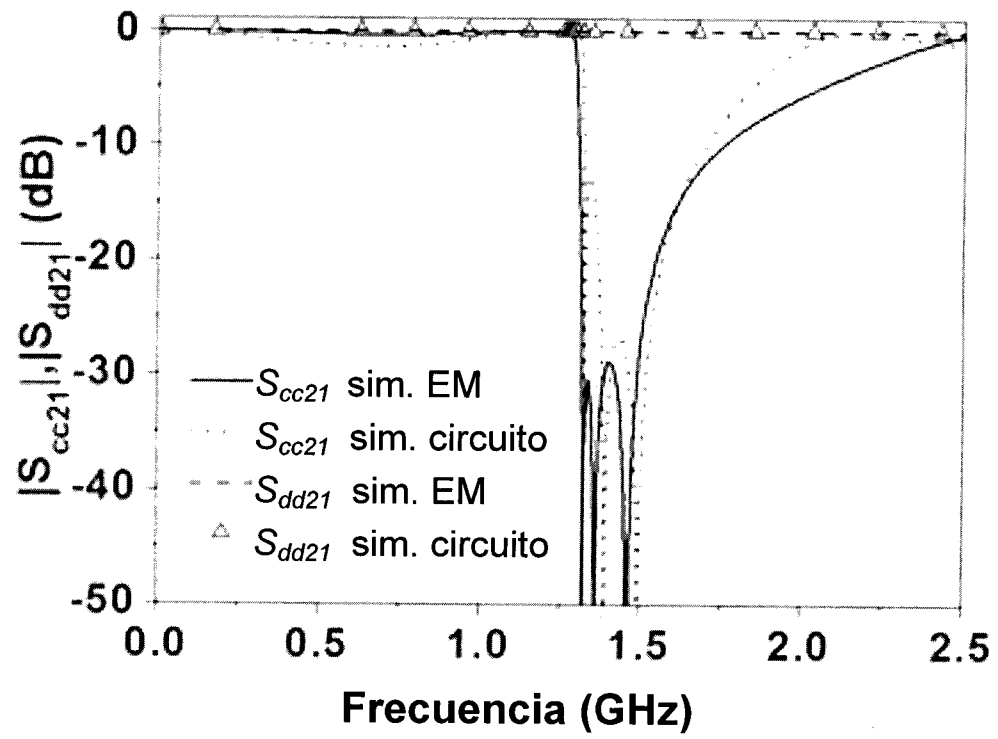


Fig. 5

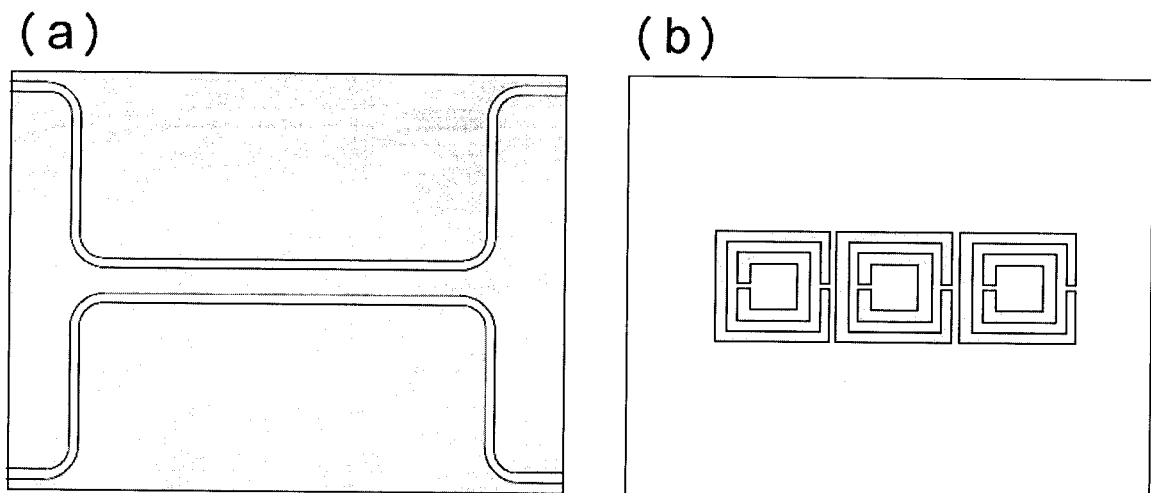


Fig. 6

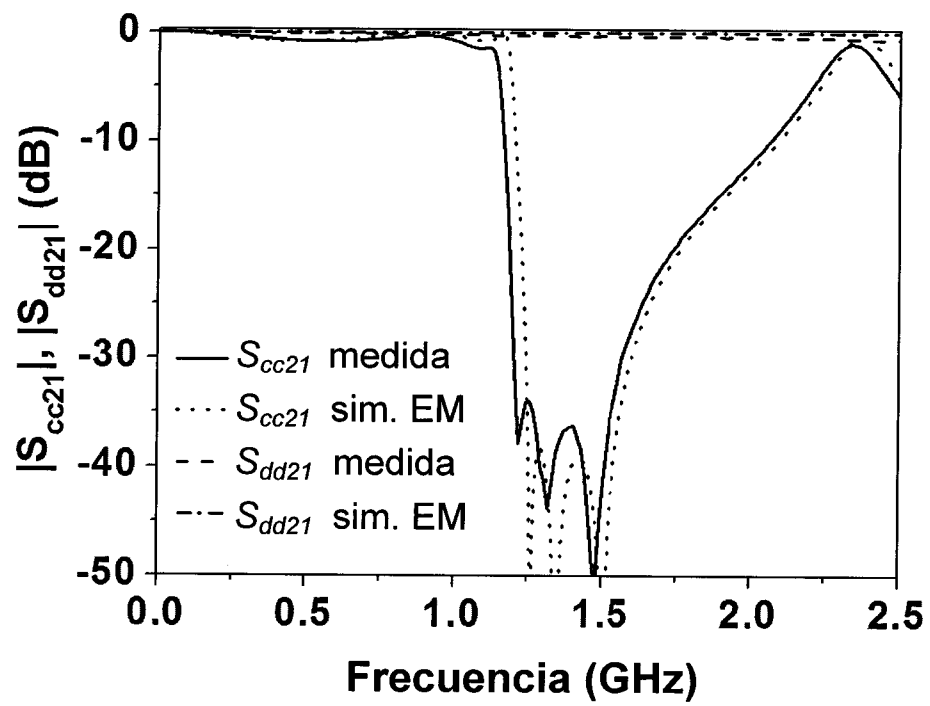


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2012/000150

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01P1/207 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Pachón A., Silva F.. " Diseño de filtros modo común para sistemas balanceados basados en metamateriales" Universitat Politècnica de Catalunya [on line], 2010 [retrieved the 06.09.2012]. Retrieved from internet: <URL: http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/15405 >	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents , such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06/09/2012

Date of mailing of the international search report
(01/10/2012)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer
J. Botella Maldonado

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Telephone No. 91 3495382

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2012/000150

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

H01P1/207 (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

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

H01P

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

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

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

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
X	Pachón A., Silva F.. " Diseño de filtros modo común para sistemas balanceados basados en metamateriales" Universitat Politècnica de Catalunya [en línea], 2010 [recuperado el 06.09.2012]. Recuperado de internet: <URL: http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/15405 >	1-11

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

☐ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
06/09/2012

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
01 de octubre de 2012 (01/10/2012)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
J. Botella Maldonado
Nº de teléfono 91 3495382