

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 280**

51 Int. Cl.:

H01Q 15/00 (2006.01)

H01Q 1/52 (2006.01)

H01Q 5/00 (2015.01)

H01P 1/20 (2006.01)

H05K 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.11.2015 PCT/FR2015/053220**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.06.2016 WO16087749**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2015 E 15808741 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 3227963**

54 Título: **Dispositivo de superficie de alta impedancia compacto, multibandas y eventualmente reconfigurable y procedimiento asociado**

30 Prioridad:

05.12.2014 FR 1461962

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

19.12.2018

73 Titular/es:

**ONERA (100.0%)
Chemin de la Hunière
91120 Palaiseau, FR**

72 Inventor/es:

MARTEL, CÉDRIC

74 Agente/Representante:

STEPHANN, Valérie

ES 2 694 280 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

Dispositivo de superficie de alta impedancia compacto, multibandas y eventualmente reconfigurable y procedimiento asociado

5 Campo técnico

La invención se refiere a los dispositivos de superficie de alta impedancia electromagnética (o HIS para "High Impedance Surface").

10 Estado de la técnica

En algunos campos, como, por ejemplo, el de los receptores de señales de posicionamiento satélite, se utilizan unos dispositivos de superficie de alta impedancia electromagnética. Estos últimos pueden, por ejemplo, servir para reducir los acoplamientos electromagnéticos interelementos en unas redes adaptativas multiestándar.

15 Se recuerda que un dispositivo de superficie de alta impedancia electromagnética comprende, de manera general, un plano de masa, al menos una cavidad dieléctrica (de manera general en forma de un sustrato) y una tarjeta de circuitos impresos (o PCB (del inglés "Printed Circuit Board")), monocapa o multicapas y que incluye una multitud de elementos conductores que definen unos motivos dispuestos de manera periódica y cuyo tamaño y periodicidad son pequeños frente a la longitud de onda utilizada.

20 Cuando se desea que el dispositivo de superficie de alta impedancia electromagnética presente al menos dos frecuencias de resonancia, se puede, por ejemplo, disponerlo como se describe en el documento de patente de los Estados Unidos US 6.670.932. De manera más precisa, este dispositivo de superficie de alta impedancia electromagnética es de tipo champiñón, es decir, que comprende un plano de masa conductor que define una cavidad no compartimentada, pero que incluye una matriz de pilares idénticos conductores, llena de un material dieléctrico y recubierta por una tarjeta de circuitos impresos que llevan unos motivos metálicos, con el fin de constituir unos resonadores electromagnéticos que presentan unas longitudes de onda de resonancia diferentes. El tamaño y la periodicidad de los elementos (o "patches") que definen los motivos es inferior a las longitudes de onda de resonancia de los resonadores electromagnéticos.

25 Cada motivo está destinado a enganchar en la entrada de la cavidad una onda electromagnética incidente que se propaga en el plano de masa, luego, a generar, debajo del motivo, un bucle de corriente eléctrica a una frecuencia de resonancia determinada de manera que se refleje cualquier onda electromagnética incidente que tenga una frecuencia en una banda estrecha centrada alrededor de esta frecuencia de resonancia.

30 El dispositivo descrito ofrece un entrelazamiento de una primera "matriz" de resonadores electromagnéticos, idénticos y que tienen una primera frecuencia de resonancia, con una segunda "matriz" de resonadores electromagnéticos, idénticos y que tienen una segunda frecuencia de resonancia. Este entrelazamiento se obtiene por los motivos que los lleva la tarjeta de circuitos impresos de tipo fractal o multicapas, estando cada motivo centrado ya sea sobre un pilar, ya sea entre cuatro pilares cercanos.

35 El inconveniente principal de este tipo de dispositivo reside en el hecho de que las primera y segunda frecuencias de resonancia no pueden ajustarse de manera independiente la una de la otra y que las bandas de reflexión, de las que estas frecuencias de resonancia son las frecuencias centrales, son bastante estrechas. Además, este tipo de dispositivo se muestra relativamente voluminoso.

40 La publicación científica "High-Impedance Electromagnetic Surfaces with Forbidden Frequency Band" de Dan SIEVENPIPER et Al. (XP011037787) divulga un dispositivo de alta impedancia realizado con unas cavidades llenas de dieléctricos, pero no resuelve los inconvenientes citados más arriba.

Resumen de la invención

45 Por lo tanto, la invención tiene como finalidad, en concreto, mejorar la situación y de manera más precisa permitir la obtención en un espacio reducido de frecuencias (o longitudes de onda) de resonancia que pueden ajustarse de manera fácil las unas con respecto a las otras y que definen las frecuencias (o longitudes de onda) centrales de bandas de reflexión espectralmente más anchas que en el estado de la técnica.

50 Propone, en concreto, para estos efectos, un dispositivo de superficie de alta impedancia que comprende un conjunto de al menos dos compartimentos separados, sustancialmente cilíndricos, que tienen unas superficies interiores con un material conductor conductor eléctrico y que presentan cada uno, en un extremo, una única abertura, estando estas aberturas de los compartimentos orientadas de un mismo lado y recubiertas por al menos una estructura periódica de motivos conductores eléctricos, estando cada compartimento lleno de un material dieléctrico, formando cada compartimento

cubierto de este modo al menos un resonador electromagnético y presentando cada resonador electromagnético una longitud de onda de resonancia.

En este dispositivo:

- 5
- los compartimentos están separados el uno del otro en una distancia que es inferior a la longitud de onda de resonancia más escasa presentada por los resonadores que forman,
 - al menos dos longitudes de onda de resonancia respectivas de los resonadores electromagnéticos, formados por sus compartimentos cubiertos, son diferentes y
 - 10 - la estructura periódica presenta un periodo espacial inferior a la mitad de la longitud de onda de resonancia más escasa.

El dispositivo según la invención puede incluir otras características que pueden tomarse de manera separada o en combinación y, en concreto:

- 15
- en un primer modo de realización, puede comprender una cavidad dentro de la que está dispuesto cada compartimento, estando al menos un tabique vertical dispuesto en esta cavidad, siendo este tabique vertical conductor eléctricamente y estando en contacto con una pared de fondo de la cavidad y delimitando unos compartimentos y cubriendo una única estructura periódica de motivos conductores eléctricos todas las aberturas de los compartimentos;
 - 20
 - cada tabique vertical puede ser móvil según una dirección que es sustancialmente paralela a un plano definido por la pared de fondo de la cavidad;
 - cada compartimento puede estar provisto de una pared de fondo auxiliar conductora eléctricamente, distinta de la pared de fondo de la cavidad y montada móvil de manera vertical en la cavidad;
 - 25 ➢ puede comprender, igualmente, unos medios de regulación dispuestos para regular la altura de cada tabique vertical;
 - uno de los extremos de cada tabique vertical, que se extiende frente a uno de los motivos conductores eléctricos, puede presentar una sección abocardada;
 - 30 - en un segundo modo de realización, puede comprender al menos dos cavidades disjuntas, formando cada cavidad uno de los compartimentos;
 - 35 ➢ puede comprender al menos dos tabiques horizontales, siendo cada tabique horizontal conductor eléctricamente y estando montado móvil de manera vertical en el interior de una de las cavidades y formando una pared de fondo de uno de los compartimentos;
 - cada compartimento puede estar cubierto por un solo motivo conductor eléctrico;
 - 40 - cada estructura periódica de motivos conductores eléctricos puede estar solidarizada con unos medios de soporte;
 - 45 ➢ puede comprender unos primeros medios de regulación dispuestos para regular la permitividad dieléctrica de los medios de soporte;
 - puede comprender unos segundos medios de regulación dispuestos para regular la permeabilidad magnética del material dieléctrico.

50 La invención propone, igualmente, un receptor de señales de posicionamiento satélite, que comprende un plano de masa eléctrico, al menos dos elementos radiantes dispuestos sobre este plano de masa y al menos un dispositivo de superficie de alta impedancia del tipo del presentado anteriormente, dispuesto sobre el plano de masa entre los elementos radiantes.

55 La invención propone, igualmente, un procedimiento, destinado a permitir la modificación de la impedancia sobre varias bandas de frecuencias de un dispositivo de superficie de alta impedancia y que comprende al menos una etapa de modificación de propiedades electromagnéticas de al menos un compartimento de un dispositivo de superficie de alta impedancia del tipo del presentado anteriormente.

60 La invención propone, igualmente, un procedimiento, destinado a permitir la fabricación de un dispositivo de superficie de alta impedancia que comprende varios compartimentos separados, sustancialmente cilíndricos, así como una estructura periódica de motivos conductores eléctricos.

Este procedimiento comprende las siguientes etapas:

- 65
- se colocan en una cavidad varios tabiques sustancialmente planos, presentando la cavidad al menos una pared lateral y una pared de fondo conductoras eléctricamente, siendo cada tabique conductor eléctricamente y

estando en contacto con la pared de fondo; definiendo cada tabique un plano sustancialmente perpendicular a un plano definido por la pared de fondo, delimitando los tabiques los compartimentos, presentando los compartimentos cada uno, en un extremo, una única abertura, estando estas aberturas de los compartimentos orientadas de un mismo lado,

5 - se ajusta la altura de la cavidad, con el fin de obtener una primera longitud de onda de resonancia deseada, asociada a un primer compartimento, estando el primer compartimento delimitado por la pared lateral de la cavidad y un primer tabique,

10 - se ajusta, en el interior de la cavidad, la posición de cada tabique distinto del primer tabique con respecto a este último y/o se ajusta la altura de cada tabique distinto del primer tabique, con el fin de obtener unas longitudes de onda de resonancia deseadas, asociadas a los compartimentos distintos del primer compartimento, siendo al menos una de estas longitudes de onda de resonancia deseadas distinta de la primera longitud de onda de resonancia, estando cada compartimento dispuesto de modo que la distancia que lo separa de un compartimento inmediatamente cercano sea inferior a la longitud de onda de resonancia más escasa de entre el conjunto de las longitudes de onda de resonancia deseadas,

15 - se llena cada compartimento de un material dieléctrico y

20 - se coloca la estructura periódica sobre la cavidad, con el fin de cubrir la abertura de cada compartimento, formando cada compartimento cubierto de este modo un resonador electromagnético que presenta una longitud de onda de resonancia; siendo el periodo espacial de la estructura periódica inferior a la mitad de la longitud de onda de resonancia más escasa.

25 Breve descripción de las figuras

Otras características y ventajas de la invención se mostrarán con el examen de la descripción detallada a continuación y de los dibujos adjuntos, en los que las figuras 1 a 6 ilustran de forma esquemática y funcional, en unas vistas en corte, seis ejemplos de receptor de señales de posicionamiento satélite equipado con ejemplos de realización diferentes de un dispositivo de superficie de alta impedancia según la invención.

30 Descripción detallada de un ejemplo de realización

La invención tiene como finalidad, en concreto, proponer un dispositivo de superficie de alta impedancia 1 compacto, multibandas y eventualmente reconfigurable y unos procedimientos asociados.

En lo que sigue, se considera, a título de ejemplo no limitativo, que el dispositivo de superficie de alta impedancia 1 forma parte de un receptor de señales de posicionamiento satélite 15, eventualmente de tipo GNSS (del inglés "Global Navigation Satellite System"). Pero la invención no está limitada a esta aplicación. Un dispositivo de superficie de alta impedancia 1, según la invención, puede, en efecto, equipar unos numerosos aparatos, sistemas o instalaciones, de los campos civil o militar y, en concreto, unos vehículos terrestres, marítimos, fluviales o aéreos, unas estaciones emisoras y/o receptoras y unos edificios (eventualmente de tipo industrial).

45 Se ha representado de manera esquemática en las figuras 1 a 6, un ejemplo de realización no limitativo de un receptor 15 de señales de posicionamiento satélite, equipado con ejemplos de realización diferentes de un dispositivo de superficie de alta impedancia 1 según la invención.

50 Como se ilustra, este receptor 15 comprende un plano de masa eléctrico 16, al menos dos elementos radiantes 17_k , dispuestos sobre este plano de masa 16 y al menos un dispositivo de superficie de alta impedancia 1 según la invención, dispuesto sobre el plano de masa 16 entre los elementos radiantes 17_k .

55 Por ejemplo, los elementos radiantes 17_k definen una red adaptativa propia para recibir unas señales de navegación, por ejemplo, unas señales GNSS, en un entorno con perturbación modificando el diagrama de radiación del receptor, con el fin de generar unos nulos (o ceros) de radiación en las direcciones de las interferencias de perturbación. La adaptación del diagrama de radiación en función de los perturbadores está realizada gracias a un postratamiento de las señales de navegación recibidas sobre cada uno de los elementos radiantes 17_k de la red.

60 Se señalará que en el ejemplo no limitativo ilustrado en las figuras 1 a 6, el receptor 15 comprende dos elementos radiantes 17_k ($k = 1$ o 2). Pero el receptor 15 puede comprender cualquier número de elementos radiantes 17_k , una vez que este número es superior o igual a dos. En efecto, el dispositivo de superficie de alta impedancia 1 puede permitir, en concreto, reducir los acoplamientos electromagnéticos entre elementos radiantes 17_k y optimizar la robustez del receptor 15 respecto a unas interferencias electromagnéticas.

65 Se recuerda que en una red adaptativa los acoplamientos electromagnéticos interelementos radiantes deterioran de manera significativa las prestaciones y, en particular, la capacidad de los algoritmos de tratamiento de la señal para localizar de manera precisa la posición angular de las interferencias y, por consiguiente, para generar unos nulos de

radiación en sus direcciones. En un contexto de este tipo, un dispositivo de superficie de alta impedancia 1 puede estar encargado de parar las corrientes que se propagan entre los elementos radiantes 17_k de la red adaptativa, con el fin de reducir los acoplamientos electromagnéticos interelementos radiantes y de optimizar la robustez del receptor GNSS respecto a unas interferencias electromagnéticas.

5 Como se ilustra de manera no limitativa en las figuras 1 a 6, un dispositivo de superficie de alta impedancia 1, según la invención, comprende al menos un conjunto de al menos dos compartimentos 2_j y al menos una estructura periódica de motivos conductores eléctricos 4.

10 Los compartimentos 2_j del conjunto están separados y son sustancialmente cilíndricos, tienen unas superficies interiores realizadas con un material conductor eléctrico y presentan cada uno, en un extremo, una única abertura 3. Además, cada compartimento 2_j está lleno de un material dieléctrico, por ejemplo, aire. Por ejemplo, los compartimentos 2_j son sustancialmente cilíndricos de sección rectangular o cuadrada.

15 Las aberturas 3 de los compartimentos 2_j están todas orientadas de un mismo lado y recubiertas por al menos una estructura periódica de motivos conductores eléctricos 4. Se comprenderá que cada abertura 3 puede estar asociada a su propia estructura periódica de motivos conductores eléctricos 4, como se ilustra de manera no limitativa en las figuras 5 y 6 o bien las aberturas 3 pueden estar asociadas a una misma estructura periódica de motivos conductores eléctricos 4, como se ilustra de manera no limitativa en las figuras 1 a 4.

20 Se señalará que cada compartimento 2_j puede estar cubierto por un solo motivo conductor eléctrico 4.

Se señalará, igualmente, que, los motivos conductores eléctricos 4 de cada estructura periódica pueden estar solidarizados con unos medios de soporte, como, por ejemplo, una tarjeta de circuitos impresos (o PCB (del inglés "Printed Circuit Board")) 18, de tipo monocapa o multicapas. Por ejemplo, los motivos conductores eléctricos 4 pueden estar impresos sobre esta tarjeta de circuitos impresos 18. Los motivos conductores eléctricos 4 están dispuestos de manera periódica y sus tamaño y periodicidad son pequeños frente a la longitud de onda utilizada.

25 Como variante no representada, cada motivo 4 puede ser una rejilla metálica que asegura su propia función de soporte.

30 Se señalará, igualmente, que unos elementos activos, tales como, por ejemplo, unos varactores, pueden estar eventualmente y de manera previa integrados sobre/en la tarjeta de circuitos impresos 18 para ajustar el efecto capacitivo de los motivos 4.

35 Se señalará, igualmente, que el dispositivo 1 puede comprender eventualmente unos primeros medios de regulación dispuestos para regular la permitividad dieléctrica de los medios de soporte. Los primeros medios de regulación pueden estar realizados en forma de materiales cuyas propiedades pueden controlarse electrónicamente, tales como, por ejemplo, unos cristales líquidos, unos plasmas o también unos materiales ferroeléctricos y de medios de control electrónico de unos materiales de este tipo. Como variante, los primeros medios de regulación pueden estar realizados en forma de un metamaterial de permitividad ajustable. La permitividad dieléctrica actúa sobre la inductancia del compartimento 2_j . Cuanto mayor es la permitividad más escasa puede ser la altura del compartimento 2_j .

40 Cada compartimento 2_j forma con la estructura periódica de motivos conductores eléctricos 4 que cubre su abertura 3 al menos un resonador electromagnético que presenta una frecuencia de resonancia.

45 Se señalará, además, que cuanto más ancho es un compartimento 2_j , mayor es el tamaño del bucle de corriente que está en el interior y, por lo tanto, mayor es la inductancia.

50 Los compartimentos 2_j están separados el uno del otro en una distancia que es inferior a la longitud de onda de resonancia más escasa presentada por los resonadores electromagnéticos que forman. Por otra parte, al menos dos longitudes de onda de resonancia respectivas de los resonadores electromagnéticos formados por los compartimentos 2_j cubiertos son diferentes. Además, la estructura periódica de motivos conductores eléctricos 4 presenta un período espacial que es inferior a la mitad de la longitud de onda de resonancia más escasa.

55 El dispositivo 1 produce un efecto de alta impedancia a varias frecuencias (o longitudes de onda) de resonancia. El número de frecuencias (o longitudes de onda) de resonancia explotables es igual al número de compartimentos. El efecto de alta impedancia se produce sobre una superficie ficticia que se sitúa por encima de la tarjeta de circuitos impresos 18, muy próxima y paralela a la tarjeta de circuitos impresos 18 y que puede cubrir una superficie más o menos grande en función de la frecuencia (o longitud de onda) de resonancia considerada.

60 El dispositivo 1 puede estar realizado según unos ejemplos de realización que pueden agruparse dentro de al menos dos familias. Una primera familia agrupa los ejemplos ilustrados en las figuras 1 a 4. Una segunda familia agrupa los ejemplos ilustrados en las figuras 5 y 6.

65

ES 2 694 280 T3

- 5 Para todos los ejemplos de la primera familia, el dispositivo 1 comprende una única cavidad 5 dentro de la que está dispuesto (o definido) cada compartimento 2_j . Para hacer esto, la cavidad 5 comprende al menos un tabique vertical 6 que es conductor eléctricamente y está en contacto con una pared de fondo 7 y que delimita dos compartimentos 2_j . Cada tabique vertical 6 es preferentemente plano sustancialmente y define un plano sustancialmente perpendicular a un plano definido por la pared de fondo 7 de la cavidad 5. Este carácter conductor eléctrico puede provenir del material con el que está realizado el tabique vertical 6 o por el hecho de que el tabique vertical 6 está revestido sobre sus superficies de una capa de un material conductor eléctrico. Por otra parte, una única estructura periódica de motivos conductores eléctricos 4 cubre todas las aberturas 3 de los diferentes compartimentos 2_j .
- 10 La cavidad 5 está delimitada por al menos una pared lateral 10 y la pared de fondo 7. Estas últimas paredes 7, 10 son conductoras eléctricamente. Este carácter conductor eléctrico puede provenir del material con el que están realizadas o por el hecho de que están revestidas de una capa de un material conductor eléctrico sobre sus superficies interiores.
- 15 Se señalará que la cavidad 5 puede ya sea estar incorporada y solidarizada con el plano de masa 16, por ejemplo, por soldadura o pegado, ya sea formar parte integrante del plano de masa 16, por ejemplo, por embutición y recorte.
- 20 En los ejemplos no limitativos ilustrados en las figuras 1, 2 y 4, la cavidad 5 comprende cuatro compartimentos 2_1 a 2_4 ($j = 1$ a 4), separados los unos de los otros por tres tabiques verticales 6.
- En el ejemplo no limitativo ilustrado en la figura 3, la cavidad 5 comprende tres compartimentos 2_1 a 2_3 ($j = 1$ a 3), separados los unos de los otros por dos tabiques verticales 6.
- 25 Se señalará que la cavidad 5 puede comprender cualquier número de compartimentos 2_j , una vez que este número es superior o igual a dos.
- Esta cavidad 5 con resonadores electromagnéticos múltiples produce unos efectos capacitivos e inductivos e_j que están en el origen de la alta impedancia de superficie. Existe, en concreto, un efecto capacitivo entre el plano de masa 16 y cada motivo 4 que la solapa, un efecto capacitivo entre motivos 4 que se solapan y un efecto inductivo e_j en cada compartimento 2_j , de manera más precisa en la profundidad h_j de cada compartimento 2_j , formando, de este modo, un bucle de corriente.
- 30 La presencia de tabique(s) vertical(es) 6 conductores induce, igualmente, unos efectos capacitivos e inductivos adicionales. En particular, están presentes unos efectos capacitivos adicionales entre los extremos "superiores" 11 de los tabiques verticales 6 y los motivos 4 que los solapan. Estos efectos capacitivos adicionales son tanto más importantes en cuanto que las distancias que los separan son pequeñas. Unos efectos inductivos adicionales están producidos por los múltiples bucles de corriente que están presentes en los diferentes compartimentos 2_j .
- 35 En esta primera familia, para la primera frecuencia de resonancia f_1 asociada al primer compartimento 2_1 , el efecto de alta impedancia está localizado en la zona que se extiende sobre la totalidad de la cavidad 5, mientras que para las otras frecuencias de resonancia f_2, f_3, \dots, f_n , asociadas respectivamente a los otros compartimentos $2_2, 2_3, \dots, 2_n$, el efecto de alta impedancia está localizado ya sea sobre la totalidad de la cavidad 5, ya sea en una zona más restringida como por encima de un compartimento 2_j ($j = 2$ a n), según las posiciones horizontales respectivas de los tabiques verticales 6.
- 40 El valor de las frecuencias de resonancia depende de los efectos capacitivos e inductivos obtenidos en el dispositivo 5. Por consiguiente, la elección de las frecuencias de resonancia puede, en concreto, hacerse ajustando las distancias l_m (en este documento $m = 1$ a 3 o 1 a 2) respectivas que separan los tabiques verticales 6 de la pared lateral 10 y/o las alturas h_m respectivas de los tabiques verticales 6, dicho de otra manera, las distancias verticales entre los extremos superiores 11 de los tabiques verticales 6 y los motivos 4 que los solapan. Las distancias verticales entre los extremos superiores 11 de los tabiques verticales 6 y los motivos 4 pueden ser nulas, estando, en este caso, los tabiques verticales 6 en contacto con la tarjeta de circuitos impresos 18.
- 45 Se señalará que la regulación de las frecuencias de resonancia puede efectuarse ajustando a la vez las distancias l_m y las alturas h_m . Esta solución es ventajosa, en concreto, cuando se desea obtener más de dos frecuencias de resonancia, ya que permite aumentar los grados de libertad para optimizar el dispositivo 1.
- 50 La elección de las frecuencias de resonancia por ajuste de las distancias l_m respectivas que separan los tabiques verticales 6 de la pared lateral 10 se ilustra en las figuras 1, 2 y 4. La elección de las frecuencias de resonancia por ajuste de las alturas h_m respectivas de los tabiques verticales 6 se ilustra en la figura 2.
- 55 La elección de las frecuencias de resonancia puede ser objeto ya sea de un diseño inicial o de una regulación previa, por ejemplo, mediante unos medios de regulaciones apropiados para unas funciones dadas, ya sea de una regulación en tiempo real por medio de medios de regulaciones apropiados.
- 60
- 65

Para permitir una regulación de las distancias l_m y, por lo tanto, de las posiciones horizontales de los tabiques verticales 6, cada tabique vertical 6 puede ser móvil según una dirección que es sustancialmente paralela a un plano definido por la pared de fondo 7 de la cavidad 5. En este caso, el dispositivo 1 puede comprender unos medios de regulación dispuestos para regular la posición horizontal de cada tabique vertical 6 en la cavidad 5.

Para permitir una regulación de las alturas h_m , cada tabique vertical 6 puede ser móvil según una dirección (en este documento, vertical) que es sustancialmente perpendicular al plano definido por la pared de fondo 7 de la cavidad 5. En este caso, el dispositivo 1 puede comprender unos medios de regulación dispuestos para regular la altura de cada tabique vertical 6 en la cavidad 5.

Como variante, y como se ha ilustrado en la figura 3, cada compartimento 2_j puede estar provisto de una pared de fondo auxiliar 8, distinta de la pared de fondo 7 de la cavidad 5, conductora eléctricamente y montada móvil de manera vertical en la cavidad 5. Se comprenderá que haciendo variar la posición (en este documento, vertical) h_m de una pared de fondo auxiliar 8 de un compartimento 2_j , esto equivale a hacer variar la altura en la cavidad 5 del tabique vertical 6 correspondiente. En este caso, el dispositivo 1 puede comprender unos medios de regulación dispuestos para regular la posición (en este documento, vertical) de cada pared de fondo auxiliar 8 dentro de su compartimento 2_j .

Se señalará, como se ha ilustrado de manera no limitativa en la figura 4, que el extremo 11 de cada tabique vertical 6 que se extiende frente a uno de los motivos conductores eléctricos 4 puede presentar eventualmente una sección abocadada. Esto permite, en efecto, aumentar el efecto capacitivo entre el tabique vertical 6 y los motivos 4 de la tarjeta de circuitos impresos 18.

A título de ejemplo, para regular las frecuencias de resonancia sobre las bandas deseadas, se puede implementar el siguiente procedimiento. En primer lugar, se puede diseñar un primer resonador electromagnético monobanda sobre una frecuencia f_1 . A continuación, se puede determinar el número de tabiques verticales 6 para fijar el número de frecuencias de resonancia f_1 a f_n . Luego, se pueden insertar los tabiques verticales 6 en la cavidad 5. A continuación, se puede ajustar la altura de la cavidad 5 para obtener la primera frecuencia de resonancia a la frecuencia f_1 . Por último, se pueden ajustar las distancias l_m y/o las alturas h_m para regular las frecuencias f_2 a f_n de las otras frecuencias de resonancia.

En otras palabras, se propone un procedimiento, destinado a permitir la modificación de la impedancia sobre varias bandas de frecuencias de un dispositivo 1 y que comprende al menos una etapa de modificación de propiedades electromagnéticas de al menos un compartimento 2_j de este dispositivo 1.

En una variante, un procedimiento puede estar destinado a permitir la fabricación de un dispositivo de superficie de alta impedancia 1 que comprende varios compartimentos separados 2_j , sustancialmente cilíndricos, así como una estructura periódica de motivos conductores eléctricos 4.

Esta variante de procedimiento comprende las siguientes etapas:

- se colocan en una cavidad 5 varios tabiques 6 sustancialmente planos, presentando la cavidad 5 al menos una pared lateral 10 y una pared de fondo 7 conductoras eléctricamente, siendo cada tabique 6 conductor eléctricamente y estando en contacto con la pared de fondo 7; definiendo cada tabique 6 un plano sustancialmente perpendicular a un plano definido por la pared de fondo 7, delimitando los tabiques 6 los compartimentos 2_j , presentando los compartimentos 2_j cada uno, en un extremo, una única abertura 3, estando estas aberturas 3 de los compartimentos 2_j orientadas de un mismo lado,
- se ajusta la altura h_c de la cavidad 5, con el fin de obtener una primera longitud de onda de resonancia deseada, asociada a un primer compartimento 2_1 , estando el primer compartimento 2_1 delimitado por la pared lateral 10 de la cavidad 5 y un primer tabique 6,
- se ajusta, en el interior de la cavidad 5, la posición de cada tabique 6 distinto del primer tabique con respecto a este último y/o se ajusta la altura de cada tabique 6 distinto del primer tabique, con el fin de obtener unas longitudes de onda de resonancia deseadas, asociadas a los compartimentos 2_j distintos del primer compartimento 2_1 , siendo al menos una de estas longitudes de onda de resonancia deseadas distinta de la primera longitud de onda de resonancia, estando cada compartimento 2_j dispuesto de modo que la distancia que lo separa de un compartimento 2_j inmediatamente cercano sea inferior a la longitud de onda de resonancia más escasa de entre el conjunto de las longitudes de onda de resonancia deseadas,
- se llena cada compartimento 2_j de un material dieléctrico y
- se coloca la estructura periódica sobre la cavidad 5, con el fin de cubrir la abertura 3 de cada compartimento 2_j , formando cada compartimento cubierto de este modo un resonador electromagnético que presenta una longitud de onda de resonancia; siendo el periodo espacial de la estructura periódica inferior a la mitad de la longitud de onda de resonancia más escasa.

Se señalará que, de manera sorprendente, la variación de la anchura del primer compartimento 2_1 y, por lo tanto, la variación de la distancia l_1 , no hace variar casi la primera frecuencia de resonancia f_1 , pero hace variar la segunda frecuencia de resonancia f_2 .

Un análisis modal permite comprender el efecto inesperado que resulta de la invención. En efecto, la frecuencia de resonancia f_1 permanece estable en función de la distancia l_1 , ya que el modo generado en el dispositivo 1 procede de una resonancia donde el campo magnético se desplaza de manera vertical en la cavidad 5 de forma equifase. Este modo de resonancia es el que se observa cuando el primer tabique vertical 6 no está presente en la cavidad 5 (caso donde $l_1 = 0$). A causa de la naturaleza de este modo de resonancia, la variación de la distancia l_1 no afecta en nada a la frecuencia de resonancia f_1 . A la inversa, el campo magnético en el dispositivo 1 a la frecuencia de resonancia f_2 tiene una cartografía diferente. El tabique vertical 6 interactúa, en efecto, con el campo electromagnético y, por lo tanto, el campo se anula sobre una línea vertical en la cercanía del tabique vertical 6 y produce un modo de orden superior al observado a la frecuencia de resonancia f_1 . La distancia l_1 condiciona, por lo tanto, este modo de resonancia y afecta al valor de la frecuencia de resonancia f_2 .

Para todos los ejemplos de la segunda familia, el dispositivo 1 comprende al menos dos cavidades 5_j disjuntas que forman (o que definen) cada una uno de los compartimentos 2_j . El número de frecuencias (o longitudes de onda) de resonancia está definido, por lo tanto, en este documento, por el número de cavidades 5_j .

En los ejemplos ilustrados de manera no limitativa en las figuras 5 y 6, cada cavidad 5_j está asociada a su propia estructura periódica de motivos conductores eléctricos 4 que está definida sobre su propia tarjeta de circuitos impresos 18. Pero en una variante de realización no ilustrada, cada cavidad 5_j está asociada a su propia estructura periódica de motivos conductores eléctricos 4, pero las diferentes estructuras periódicas están definidas sobre una misma tarjeta de circuitos impresos 18.

Las cavidades 5_j y, por lo tanto, los resonadores electromagnéticos, comparten un mismo plano de masa 16 y, como se ha indicado más arriba, están espaciado(a)s lo(a)s uno(a)s de lo(a)s otro(a)s en una distancia que es inferior a la longitud de onda de resonancia más escasa.

Esta familia de ejemplos de realización tiene la particularidad de producir unos efectos de alta impedancia sucesivos para unas frecuencias de resonancia distintas. Cada resonador electromagnético está caracterizado por su propia frecuencia de resonancia. El efecto de alta impedancia se produce sobre una superficie ficticia que se sitúa por encima de la o cada tarjeta de circuitos impresos 18 y muy próxima a y paralela a, la o cada tarjeta de circuitos impresos 18.

Para cada resonador electromagnético, la frecuencia de resonancia depende principalmente de la altura h_m (en este documento, $m = j$) de la cavidad 5_j asociada, del material dieléctrico que llena esta cavidad 5_j y de las características de transmisión y de reflexión de la tarjeta de circuitos impresos 18. En efecto, en una representación de tipo "circuito LC", la altura h_m de una cavidad 5_j y el tipo de material dieléctrico en la cavidad 5_j tienen impacto de manera directa sobre el valor de inductancia, mientras que la tarjeta de circuitos impresos 18 tiene tendencia a tener impacto sobre el valor de la capacidad.

El carácter multirresonante obtenido, igualmente, con esta familia de ejemplos de realización se muestra inesperado, en la medida en que era lógico pensar que las frecuencias superiores a la frecuencia de resonancia de la primera cavidad 5_1 no podían atravesar esta última cavidad 5_1 y alcanzar las cavidades cercanas 5_j (con $j \neq 1$).

Se señalará, como se ha ilustrado de manera no limitativa en la figura 6, que el dispositivo 1 puede comprender al menos dos tabiques horizontales 9_j conductores eléctricamente, montados cada uno móvil de manera vertical en el interior de una de las cavidades 5_j , y que forman cada uno una pared de fondo de uno de los compartimentos 2_j . El carácter conductor eléctrico puede provenir del material con el que está realizado cada tabique horizontal 9_j o por el hecho de que cada tabique horizontal 9_j está revestido, sobre sus superficies, de una capa de un material conductor eléctrico.

Esta opción requiere que el dispositivo 1 comprenda unos medios de regulación dispuestos para regular la posición (en este documento, vertical) de cada tabique horizontal 9_j dentro de su cavidad 5_j , y, por lo tanto, de su compartimento 2_j .

Se señalará, igualmente, que el dispositivo 1 puede comprender eventualmente unos segundos medios de regulación dispuestos para regular la permeabilidad magnética del material que llena cada compartimento 2_j . Los segundos medios de regulación pueden estar realizados en forma de un material magnético de permeabilidad magnética ajustable, tal como, por ejemplo, un material ferromagnético o un metamaterial. A título de ejemplo no limitativo, los segundos medios de regulación pueden estar realizados en forma de una ferrita cuya permeabilidad magnética cambia por la influencia de un campo magnético. La banda de reflexión aumenta, en efecto, con el aumento de la permeabilidad magnética del material. Una permeabilidad magnética ajustable permite ajustar la inductancia.

Gracias a la invención, se dispone de un dispositivo de superficie de alta impedancia compacto, ya que comprende un número de cavidades reducido. Se dispone, además, de un dispositivo de superficie de alta impedancia multibandas, eventualmente reconfigurable y adaptado para unas bandas de reflexión espectralmente más anchas que en el estado de la técnica.

5

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de superficie de alta impedancia (1) que comprende un conjunto de al menos dos compartimentos (2_i) separados, sustancialmente cilíndricos, que tienen unas superficies interiores con un material conductor eléctrico y que presentan cada uno, en un extremo, una única abertura (3), estando dichas aberturas (3) de los compartimentos (2_i) orientadas de un mismo lado y recubiertas por al menos una estructura periódica de motivos conductores eléctricos (4), estando cada compartimento (2_i) lleno de un material dieléctrico, formando cada compartimento (2) cubierto de este modo al menos un resonador electromagnético y presentando cada resonador electromagnético una longitud de onda de resonancia, estando dicho dispositivo (1) caracterizado por que:
- dichos al menos dos compartimentos (2_i) están separados el uno del otro en una distancia inferior a la longitud de onda de resonancia más escasa presentada por dichos resonadores que forman,
 - al menos dos longitudes de onda de resonancia respectivas de dichos resonadores electromagnéticos formados por dichos al menos dos compartimentos (2_i) cubiertos son diferentes y
 - dicha estructura periódica presenta un periodo espacial inferior a la mitad de dicha longitud de onda de resonancia más escasa.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende una cavidad (5) dentro de la que está dispuesto cada compartimento (2_i), al menos un tabique vertical (6) dispuesto en dicha cavidad (5), siendo dicho tabique vertical (6) conductor eléctricamente, estando en contacto con una pared de fondo (7) de dicha cavidad (5) conductora eléctricamente y delimitando dichos al menos dos compartimentos (2_i) y una única estructura periódica de motivos conductores eléctricos (4) que cubren todas dichas aberturas (3) de dichos compartimentos (2_i).
3. Dispositivo según la reivindicación 2, caracterizado por que cada tabique vertical (6) es móvil según una dirección sustancialmente paralela a un plano definido por dicha pared de fondo (7) de dicha cavidad (5).
4. Dispositivo según la reivindicación 2 o 3, caracterizado por que cada compartimento (2_i) está provisto de una pared de fondo auxiliar (8) conductora eléctricamente, distinta de dicha pared de fondo (7) de la cavidad (5) y montada móvil de manera vertical en dicha cavidad (5).
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado por que comprende unos medios de regulación dispuestos para regular la altura de cada tabique vertical (6).
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado por que uno de los extremos de cada tabique vertical (6) se extiende frente a uno de los motivos conductores eléctricos (4) y presenta una sección abocardada.
7. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende al menos dos cavidades (5_j) disjuntas, formando cada cavidad (5_j) uno de dichos compartimentos (2_i).
8. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado por que comprende al menos dos tabiques horizontales (9), siendo cada tabique horizontal (9) conductor eléctricamente y estando montado móvil de manera vertical en el interior de una de dichas cavidades (5_j) y formando una pared de fondo de uno de dichos compartimentos (2_i).
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada compartimento (2_i) está cubierto por un solo motivo conductor eléctrico (4).
10. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada estructura periódica de motivos conductores eléctricos (4) está solidarizada con unos medios de soporte (18).
11. Dispositivo según la reivindicación 10, caracterizado por que comprende unos primeros medios de regulación dispuestos para regular la permitividad dieléctrica de dichos medios de soporte.
12. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende unos segundos medios de regulación dispuestos para regular la permeabilidad magnética de dicho material dieléctrico.
13. Receptor (15) de señales de posicionamiento satélite, que comprende un plano de masa eléctrico (16) y al menos dos elementos radiantes (17_k) dispuestos sobre dicho plano de masa (16), caracterizado por que comprende, además, al menos un dispositivo de superficie de alta impedancia (1) según una de las reivindicaciones anteriores, dispuesto sobre dicho plano de masa (16) entre dichos elementos radiantes (17_k).
14. Procedimiento de modificación de la impedancia sobre varias bandas de frecuencias de un dispositivo de superficie de alta impedancia, caracterizado por que comprende al menos una etapa de modificación de propiedades electromagnéticas de al menos un compartimento (2_i) de un dispositivo de superficie de alta impedancia (1) según una de las reivindicaciones 1 a 12.

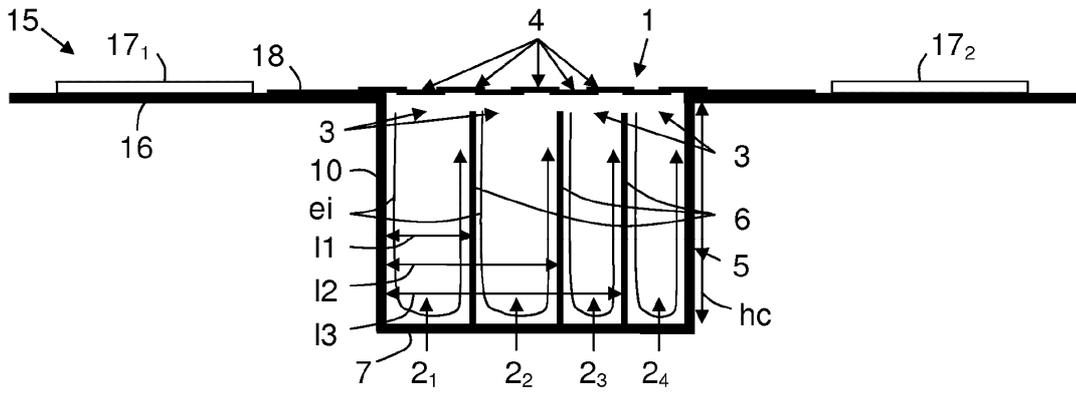


FIG.1

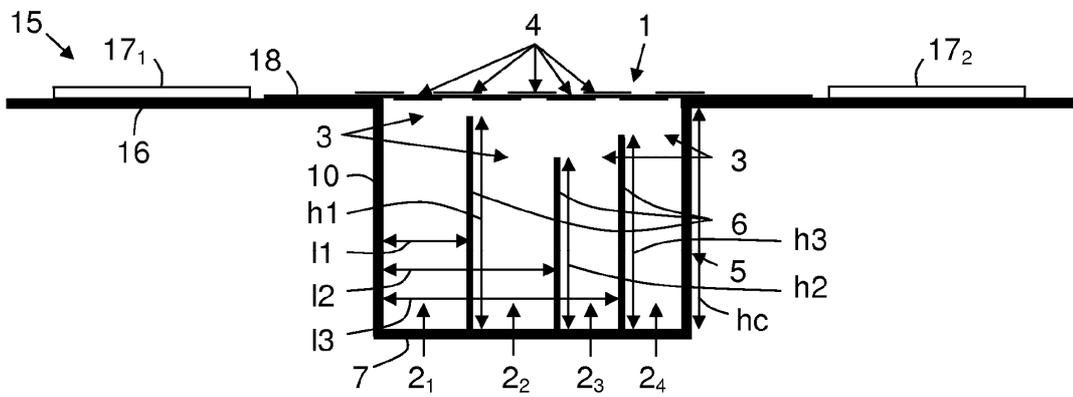


FIG.2

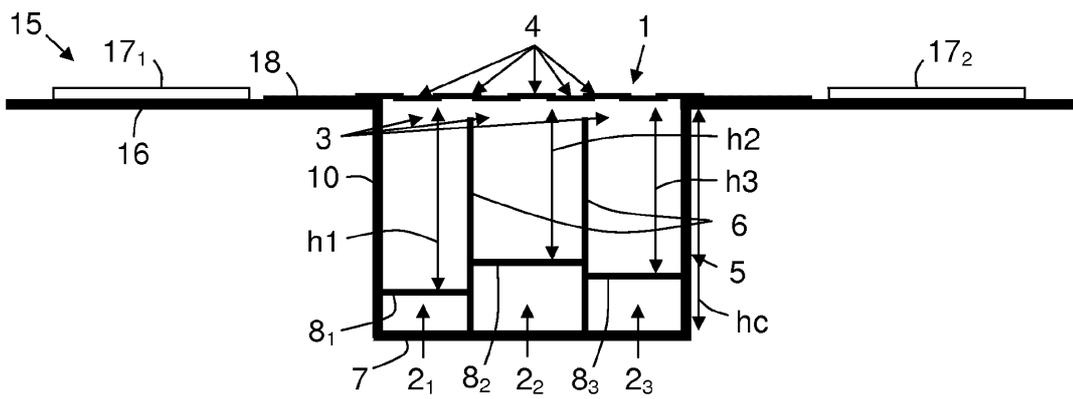


FIG.3

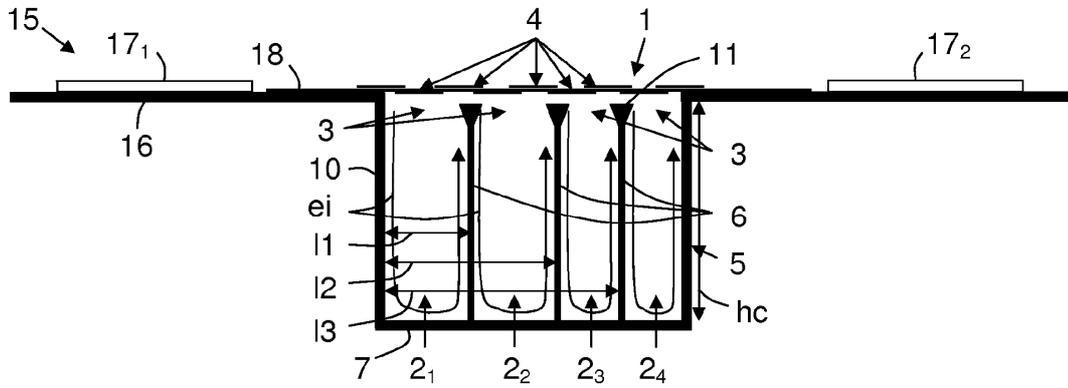


FIG. 4

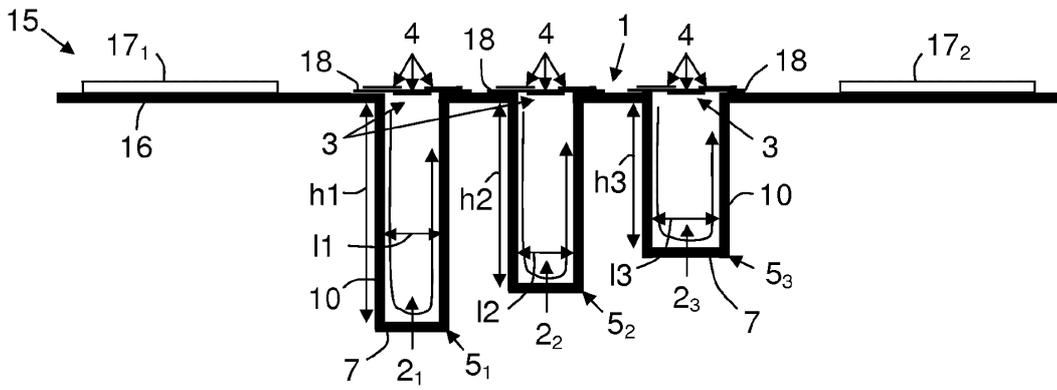


FIG. 5

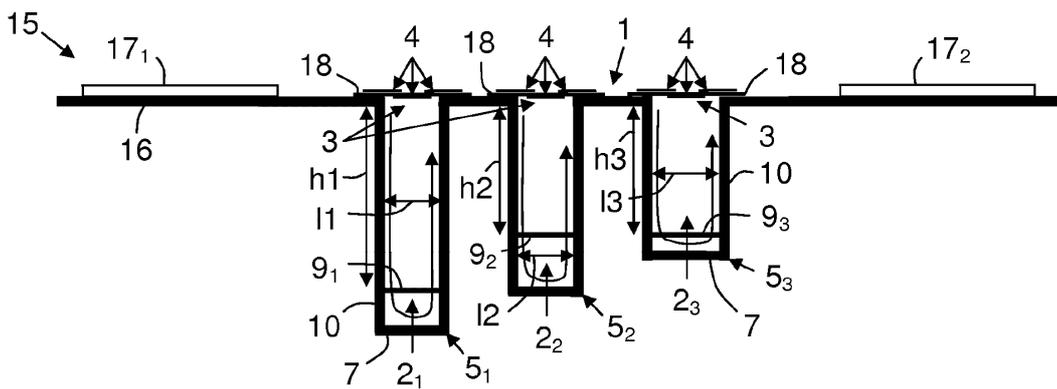


FIG. 6