

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 962 234**

51 Int. Cl.:

H01Q 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2011 PCT/CN2011/081385**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.10.2012 WO12139367**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2011 E 11863605 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2023 EP 2698872**

54 Título: **Material dieléctrico artificial**

30 Prioridad:

12.04.2011 CN 201110091136

17.06.2011 CN 201110163799

29.06.2011 CN 201110179773

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

18.03.2024

73 Titular/es:

KUANG-CHI INNOVATIVE TECHNOLOGY LTD.

(50.0%)

18B Block A, No.1061 Xiangmei Road, Futian

District

Shenzhen, Guangdong 518034, CN y

KUANG-CHI INSTITUTE OF ADVANCED

TECHNOLOGY (50.0%)

72 Inventor/es:

LIU, RUOPENG;

LUAN, LIN;

KOU, CHAOFENG;

HE, FANGLONG;

ZHAO, ZHIYA y

YE, JINCAI

74 Agente/Representante:

LÓPEZ CAMBA, María Emilia

ES 2 962 234 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

Material dieléctrico artificial

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un material, y en particular se refiere a un material electromagnético artificial.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La permitividad es un parámetro de un material para la respuesta al campo eléctrico; cuando se aplica externamente un campo eléctrico al material, se pueden generar cargas inducidas, y el campo eléctrico se debilita. La relación entre el campo eléctrico aplicado externamente en el vacío original y un campo eléctrico en el material final es la permitividad, también llamada inductividad.

15 En el mundo natural, cualquier material tiene un valor específico de permitividad o una curva de permitividad en condiciones específicas. El rango de la permitividad convencional es de 1 a 30, y un material con una permitividad superior a 30 pertenece a los materiales de alta permitividad. Cuando el material con mayor permitividad se coloca en el campo eléctrico, la intensidad del campo puede reducirse considerablemente dentro de un material dieléctrico. Por lo tanto, un material con alta permitividad generalmente se utiliza para la fabricación de condensadores.

20 Junto con el rápido desarrollo de las tecnologías, se imponen mayores requisitos a la aplicación del material. En algunos escenarios, se desea un valor de permitividad muy superior a la permitividad del material existente en el mundo natural. Sin embargo, los aislantes existentes con mayor permitividad siguen sin satisfacer dichos requisitos. Esto plantea grandes retos para el desarrollo de tecnologías y productos. En la práctica, es difícil que todos los materiales existentes en la naturaleza satisfagan dichos requisitos. En consecuencia, se desean metamateriales fabricados artificialmente para lograr el objetivo técnico.

25 El metamaterial, es decir, un material electromagnético artificial, es un novedoso material sintético artificial capaz de responder al electromagnetismo, y consta de sustratos y microestructuras artificiales fijadas sobre los sustratos. Las microestructuras artificiales suelen ser estructuras con determinados patrones geométricos que se disponen mediante hilos metálicos. Por lo tanto, las microestructuras artificiales son capaces de responder al electromagnetismo, de manera que el metamaterial representa integralmente propiedades electromagnéticas diferentes del sustrato, por ejemplo, diferentes permitividades y permeabilidades. Sin embargo, el metamaterial existente se ve afectado por las características estructurales del metamaterial, por lo que no se puede obtener una alta permitividad, por ejemplo, un valor de permitividad superior a 30 o incluso 50.

30 El documento EP 2 148 386 A1 desvela un material electromagnético artificial que comprende al menos una capa de lámina de material, cada capa de lámina de material que está provista de un primer sustrato y un segundo sustrato que están dispuestos de forma opuesta, y una pluralidad de microestructuras artificiales que están unidas en una superficie del primer sustrato, en donde la superficie del primer sustrato se enfrenta con el segundo sustrato.

El documento CN 101 826 657 A desvela un material electromagnético artificial correspondiente.

45 RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención proporciona un material electromagnético artificial capaz de obtener una alta permitividad.

50 Para resolver el problema técnico anterior, la presente invención proporciona un material electromagnético artificial según la reivindicación 1.

El espacio entre el primer sustrato y el segundo sustrato es igual al espesor de las microestructuras artificiales.

55 El espacio entre el primer sustrato y el segundo sustrato puede ser inferior a 0,2 mm.

El espesor de las microestructuras artificiales puede ser de 0,005 a 0,05 mm.

El espesor de las microestructuras artificiales puede ser de 0,018 mm.

60 El espesor de la capa de lámina de material puede ser inferior o igual a 1/10 de la longitud de onda de la onda electromagnética a la que debe responder el material electromagnético artificial.

65 El primer sustrato y el segundo sustrato pueden dividirse virtualmente en una pluralidad de pares de unidades de sustrato rectangulares en disposición matricial, y puede fijarse una estructura artificial en el centro de cada par de unidades de sustrato.

La longitud, la anchura y el espesor de las unidades de sustrato de cada par de unidades de sustrato pueden ser respectivamente inferiores o iguales a 1/10 de la longitud de onda de la onda electromagnética a la que debe responder el material electromagnético artificial.

5 La longitud total y la anchura total de las microestructuras artificiales pueden ser respectivamente no inferiores a 1/2 de la longitud y la anchura de las unidades de sustrato en cada par de unidades de sustrato.

10 Las microestructuras artificiales pueden corresponder a la longitud de onda de la onda electromagnética a la que debe responder el material electromagnético artificial, y la impedancia de onda Z del material electromagnético artificial puede cumplir la condición: $0,8 \leq Z \leq 1,2$.

Los dos hilos metálicos en forma de I pueden estar dispuestos uno al lado del otro, y las direcciones de las líneas verticales centrales en las formas de I pueden estar en la misma línea.

15 El primer sustrato y el segundo sustrato pueden dividirse virtualmente en una pluralidad de pares de unidades de sustrato rectangulares en disposición matricial, puede fijarse una estructura artificial en el centro de cada par de unidades de sustrato, la frecuencia de la onda electromagnética a la que debe responder el material electromagnético artificial es de 7,5 GHz, y la dimensión de cada unidad de sustrato en los pares de unidades de sustrato rectangulares puede ser de 4 mm × 4 mm × 4 mm.

20 Las dimensiones de los dos hilos metálicos en forma de I pueden ser 1,5 mm × 1,5 mm y 2 mm × 2 mm respectivamente, y la anchura del hilo puede ser de 0,1 mm.

25 El material electromagnético artificial que implementa la presente invención consigue los efectos beneficiosos de que el primer sustrato y el segundo sustrato a ambos lados de la microestructura artificial están en contacto tan estrecho con ella que se incrementa el número de líneas de campo eléctrico que pasan a través de los sustratos y se mejora eficazmente la permitividad equivalente del metamaterial.

30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para ilustrar las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención o en el estado de la técnica con mayor claridad, a continuación se presentan brevemente los dibujos adjuntos necesarios para describir las realizaciones o el estado de la técnica. Aparentemente, los dibujos que acompañan la siguiente descripción muestran meramente algunas realizaciones de la presente invención, y una persona con conocimientos ordinarios en la técnica puede elaborar otros dibujos a partir de estos dibujos acompañantes sin esfuerzos creativos.

35 La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un material electromagnético artificial según un primer ejemplo que no forma parte de la invención;

40 La FIG. 2 es un diagrama esquemático de la capa de lámina de material de un material electromagnético artificial ilustrado en la FIG. 1.

La FIG. 3 es un diagrama esquemático de despiece de una capa de lámina de material ilustrada en la FIG. 2;

La FIG. 4 es un diagrama esquemático de la unidad de material de una capa de lámina ilustrada en la FIG. 2;

La FIG. 5 es un diagrama esquemático de despiece de una unidad de material ilustrada en la FIG. 4;

45 FIG. 6 es un diagrama esquemático de una unidad de material de la técnica anterior;

La FIG. 7 es un diagrama esquemático de una unidad de material según un segundo ejemplo que no forma parte de la presente invención;

La FIG. 8 es un diagrama esquemático de una microestructura artificial ilustrada en la FIG. 7;

La FIG. 9 es un diagrama de simulación de una onda magnética al adoptar el material electromagnético artificial de la unidad material ilustrada en la FIG. 7; y

50 La Figura 10 es un diagrama esquemático de una unidad de material según una realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

55 Las FIG. 1 y FIG. 2 se refieren a un material electromagnético artificial 100, que comprende al menos una capa de lámina de material 1, como se ilustra en la FIG. 1. Cuando se emplea una pluralidad de capas de lámina de material 1, las capas de lámina de material se superponen a lo largo de una dirección vertical a las capas de lámina y se ensamblan integralmente por conexión mecánica, soldadura o alguna forma de adhesión. Las superficies de las dos capas de láminas de material adyacentes del material electromagnético artificial ensamblado integralmente pueden estar dispuestas de manera que estén en contacto, y también pueden estar dispuestas con ciertos espacios. El espacio puede ser menor que el espesor de una capa de lámina de material, y también puede ser varias veces o varias decenas de veces mayor que el espesor de una capa de lámina de material.

65 En referencia a las FIG. 2 y FIG. 3, cada capa de lámina de material 1 comprende dos sustratos idénticos en forma de lámina con un espesor uniforme e igual, que son respectivamente el primer sustrato 2 y el segundo sustrato 3. El sustrato puede estar hecho de materiales cerámicos con alta permitividad como FR-4, F4b, CEM1, CEM3 o TP-1. El

sustrato también puede ser de politetrafluoroetileno, materiales ferroeléctricos, materiales de ferrita o materiales ferromagnéticos.

5 Los dos sustratos se superponen de forma opuesta, y una pluralidad de microestructuras artificiales 4 en disposición matricial se fijan sobre la superficie, orientada hacia el segundo sustrato 3, del primer sustrato 2. En la presente invención, las superficies de los sustratos se refieren particularmente a dos planos con el área máxima paralelos entre sí en los contornos externos de los sustratos, y la dirección vertical a los planos se definen como las direcciones de espesor de los sustratos y del conjunto del material electromagnético artificial 100. En este caso, la longitud del sustrato en la dirección del espesor es el espesor del sustrato, y un círculo de planos conectados en secuencia paralelos a la dirección del espesor son los bordes laterales de los sustratos.

15 Una sustancia capaz de conectar los sustratos, como el material de sustrato líquido, se rellena entre los dos sustratos de cada capa de lámina de material, y los dos sustratos existentes se adhieren por la sustancia después de ser curados, formando un cuerpo independiente e integral, o los dos sustratos se presionan juntos de tal manera que se moldean por prensado en caliente. Por lo tanto, el espacio entre los dos sustratos no debe ser mayor que el espesor de las microestructuras artificiales, o sustancialmente igual al espesor de las microestructuras artificiales.

20 Los dos sustratos virtualmente se dividen, respectivamente, en una pluralidad de rejillas cúbicas que son completamente iguales utilizando un grupo de una pluralidad de primeros planos con espacios iguales que son paralelos entre sí y otro grupo de una pluralidad de segundos planos con espacios iguales que son paralelos entre sí, en los que los primeros planos y los segundos planos son al mismo tiempo verticales entre sí y verticales a las superficies de los sustratos.

25 Cada rejilla del primer sustrato 2 es una primera unidad de sustrato 20, y cada rejilla del segundo sustrato 3 es una segunda unidad de sustrato 30, y una microestructura artificial 4 está fijada en una superficie de cada primera unidad de sustrato 20. De esta manera, cada primera unidad de sustrato 20 y cada segunda unidad de sustrato 30 que son opuestas, así como la microestructura artificial 4 en la primera unidad de sustrato 20, forman juntas una unidad material como se ilustra en la FIG. 4. Toda la capa de lámina de material 1 puede considerarse como una matriz formada por una pluralidad de unidades de material 5 con respecto a una dirección como una fila y a la otra dirección vertical a la dirección como una línea.

35 El material electromagnético artificial se aplica en un entorno de campo electromagnético específico, y la longitud de onda de la onda electromagnética en el entorno de campo electromagnético es conocida o está predeterminada. En la presente invención, preferentemente, la longitud, anchura y espesor de cada unidad cúbica de material 5 es no superior a 1/10 de la longitud de onda de la onda electromagnética. Indudablemente, la longitud, la anchura y el espesor de cada unidad cúbica de material no superan, respectivamente, 1/2 de la longitud de onda de la onda electromagnética.

40 La estructura específica de la unidad de material 5 se ilustra en la FIG. 5, y comprende la primera unidad de sustrato 20, la microestructura artificial 4 en la primera unidad de sustrato 20 y la segunda unidad de sustrato 30. La microestructura artificial 4 es un filamento metálico dispuesto en determinadas formas geométricas o topológicas, y el material del filamento metálico suele seleccionarse entre metales no ferrosos con buena conductividad eléctrica, como la plata y el cobre. La microestructura artificial 4 según el ejemplo es un filamento metálico en forma de I, y comprende un primer filamento metálico lineal y dos segundos filamentos metálicos conectados verticalmente a ambos extremos del primer filamento metálico respectivamente.

45 La microestructura artificial 4 también puede tener otras formas, como por ejemplo forma de copo de nieve bidimensional planar, y comprende dos primeros filamentos metálicos en forma de cruz que se cruzan verticalmente entre sí y cuatro segundos filamentos metálicos que están conectados respectivamente a ambos extremos de cada primer filamento metálico. La microestructura artificial 4 también puede ser una estructura derivada plana en forma de copo de nieve; a saber, además de que la microestructura artificial comprende dos primeros filamentos metálicos y cuatro segundos filamentos metálicos en forma de copo de nieve plano, la microestructura artificial también comprende terceros filamentos metálicos conectados verticalmente a ambos extremos de cada segundo filamento metálico respectivamente, cuartos filamentos metálicos conectados verticalmente a ambos extremos de cada tercer filamento metálico respectivamente, y así sucesivamente.

50 Indudablemente, la microestructura artificial 4 de la presente invención también se puede materializar de diversas formas. Cualquier estructura compuesta de filamentos metálicos o hilos metálicos, provista de ciertas figuras geométricas y capaz de responder al campo electromagnético, puede servir como microestructura artificial 4 en la presente invención. La microestructura artificial 4 se fija sobre la superficie del primer sustrato, y los filamentos metálicos que forman las microestructuras artificiales 4 tienen cierto espesor. Por lo tanto, el espesor de la unidad de material 5 (es decir, el espesor de la capa de lámina de material 1) es igual a la suma del espesor del primer sustrato 2, el espesor del segundo sustrato 3 y un espacio entre el primer sustrato 2 y el segundo sustrato 3, y el espacio entre el primer sustrato 2 y el segundo sustrato 3 es igual a la suma del espesor de la microestructura artificial 4 y el espacio desde la superficie externa de la microestructura artificial 4 hasta la superficie del segundo sustrato 3 opuesta a la superficie externa de la microestructura artificial.

Preferentemente, el primer sustrato y el segundo sustrato 3 de la presente invención están sujetos, de modo que la microestructura artificial 4 está directamente unida a la superficie del segundo sustrato 3, y el espacio entre el primer sustrato y el segundo sustrato es igual al espesor de la microestructura artificial 4.

Sin embargo, la microestructura artificial 4 es delgada, y existen ciertos errores durante los procesos de fabricación, procesamiento y ensamblaje; la microestructura artificial 4 no puede fijarse sobre el segundo sustrato 3 directamente para formar un hueco, y el hueco está permitido dentro de un cierto rango.

Por lo tanto, en la presente invención, la superficie externa de la microestructura artificial 4 está básicamente unida al segundo sustrato 3, es decir, el espacio entre el primer sustrato y el segundo sustrato es básicamente igual al espesor de la microestructura artificial 4. El término "sustancialmente igual" en este caso se refiere a que el espacio d es sustancialmente igual al espesor s de la microestructura artificial, y el término "equivalente" en sentido amplio se refiere a que el espacio y el espesor se encuentran dentro del mismo orden de magnitud, es decir, $s \leq d \leq 10s$, que se define además como $s \leq d \leq 2s$, y preferiblemente se define como $d = s$ en la presente invención.

Normalmente, el espesor s de la microestructura artificial 4 del material electromagnético artificial es de 0,005 mm a 0,05 mm, y preferentemente en la presente invención es de 0,018 mm; y el espacio entre el primer sustrato y el segundo sustrato está dentro del rango de 0,005-0,5 mm, y es inferior a 0,2 mm preferentemente.

El material electromagnético artificial conocido es un material sintético artificial novedoso capaz de responder especialmente al electromagnetismo; el material electromagnético artificial existente se forma superponiendo una pluralidad de sustratos iguales, y cada sustrato está provisto de una microestructura artificial 4, y el hueco entre el sustrato adyacente, en relación con el espesor de la microestructura artificial 4, es relativamente grueso (normalmente no se encuentra dentro del mismo orden de magnitud). Por lo tanto, el rango de acción de cada microestructura artificial 4 solo se limita al sustrato unido.

En la presente invención, el primer sustrato 2 y el segundo sustrato 3 están sujetos, de modo que tanto el primer sustrato como el segundo sustrato están en contacto o básicamente en contacto con la microestructura artificial 4, y la microestructura artificial 4 puede actuar simultáneamente sobre el primer sustrato 2 y el segundo sustrato 3 mientras que la microestructura artificial responde sobre la onda electromagnética.

Por ejemplo, en el ejemplo ilustrado en la FIG. 5, la microestructura artificial 4 tiene forma de I, que puede ser equivalente a una conexión en serie con un condensador y un inductor, y el condensador tiene un efecto de borde para formar un campo eléctrico; ambos lados de la microestructura artificial 4 están provistos de sustratos; una parte de las líneas de campo eléctrico puede penetrar a través de los sustratos, y las líneas de campo eléctrico que pasan a través de los sustratos pueden responder a los electrones dentro de los sustratos, de modo que los sustratos resuenan, y la permitividad equivalente de toda la unidad de material 5 cambia. La permitividad equivalente de la unidad de material 5 es directamente proporcional al producto de las líneas de campo que atraviesan los sustratos y la permitividad de los sustratos, es decir, cuantas más líneas de campo eléctrico atraviesen los sustratos, mayor será la permitividad de los sustratos y mayor será la permitividad equivalente.

Cuando la microestructura artificial en el material electromagnético artificial existente responde a la onda electromagnética, las líneas de campo solo en un lado de la microestructura artificial penetran a través de los sustratos unidos, y el otro lado de la microestructura artificial está inactivo debido a que no está en contacto con el sustrato en el otro lado; en la presente invención, las líneas de campo de ambos lados de la microestructura artificial 4 penetran respectivamente a través del primer sustrato 2 y del segundo sustrato 3, de modo que se incrementa el número de líneas de campo eléctrico pasantes; y por lo tanto, se mejora la permitividad de la unidad de material 5, y en última instancia se mejora la permitividad de todo el material electromagnético artificial.

Por ejemplo, en un ejemplo de contraste, como se ilustra en las FIG. 5 y FIG. 6, los sustratos en la invención anterior y en la presente están todos hechos de material FR-4 con una permitividad de 4,8, la microestructura artificial 4 está hecha selectivamente de metales no ferrosos con buena conductividad eléctrica, tales como cobre o plata, el espesor a de la capa de lámina de material 1 es de 1 mm, y la longitud b y la anchura c de cada unidad de material 5 es de 1 mm; y la microestructura artificial 4 tiene forma de I, el espesor s es de 0,018 mm, la anchura w de los hilos metálicos es de 0,1 mm, la longitud H del primer filamento metálico vertical es igual a 0,8 mm, y la longitud de los dos segundos filamentos metálicos paralelos es igual a 0,8 mm. El punto de frecuencia de medición de la onda electromagnética seleccionada está comprendido entre 2,4 GHz y 2,6 GHz.

En la presente invención, tal como se ilustra en la FIG. 5, el espesor del primer sustrato y del segundo sustrato es de 0,49 mm, y el espacio d entre el primer sustrato y el segundo sustrato es de 0,02 mm. La permitividad medida de la unidad de material 5 es de 30 a 35.

En la técnica anterior, tal como se ilustra en la FIG. 6, el espesor de los sustratos es de 0,982 mm, y la permitividad medida de la unidad de material es de 4 a 10.

Por lo tanto, la permitividad de la unidad de material 5 provista de dos sustratos en la presente invención es extremadamente superior a la de una unidad de material de un solo sustrato en la técnica anterior; y en comparación con el material electromagnético artificial en la técnica anterior, se representan ventajas extremadamente grandes.

5 Por otra parte, si se adoptan sustratos con alta permitividad, por ejemplo, si se selecciona un material cerámico como sustrato, la permitividad puede incluso alcanzar alrededor de 80, que es un valor inalcanzable para los materiales en la naturaleza y el material electromagnético artificial existente, cumpliendo así algunos requisitos especiales en ocasiones especiales.

10 Haciendo referencia a la FIG. 7, la diferencia entre el material electromagnético artificial 200 según el segundo ejemplo y el material electromagnético artificial según el primer ejemplo es que la microestructura artificial según el ejemplo puede ser una estructura derivada en forma de copo de nieve, y naturalmente, la microestructura artificial también puede ser una estructura en forma de copo de nieve, es decir, una estructura que se compone de dos estructuras en forma de l verticalmente ortogonales y que se forma dividiendo verticalmente y en promedio la línea de conexión media de las dos estructuras en forma de l mutuamente. Cuando se emplean la estructura en forma de copo de nieve y una estructura derivada de la misma, la microestructura artificial tiene características isotrópicas y se adapta al requisito de característica isotrópica sobre la impedancia de onda del aire a la onda electromagnética.

20 Además, el diseño de dimensiones específicas permite que la impedancia de onda Z del material electromagnético artificial que tiene las microestructuras artificiales para la onda electromagnética con frecuencia o banda de frecuencia específicas sea 1 o se aproxime a 1, logrando así la adaptación de la impedancia. Con respecto al planteamiento 1, se ofrece la siguiente definición: $0,8 \leq Z \leq 1,2$. La impedancia de onda es igual a 1, que es la misma que la de la onda electromagnética del aire a la onda electromagnética, de modo que, cuando la onda electromagnética incide en el material electromagnético artificial, es decir, incide equivalentemente en el aire, la inflexión de la interfaz es pequeña, la onda electromagnética penetra completamente a través del material, consume poco y puede utilizarse en materiales transmisores de ondas.

30 La estructura derivada en forma de copo de nieve se ilustra en las FIG. 7 y FIG. 8. La microestructura artificial 202 comprende estructuras en forma de l 202a que son ortogonales entre sí, y una pluralidad de segmentos de línea simétricos con respecto a la línea de conexión media están conectados además en la línea de conexión media de las estructuras en forma de l .

35 La onda electromagnética se ilustra en la FIG. 9 a través del diagrama de simulación del material electromagnético artificial 200; a través de las líneas sólidas en la FIG. 9, la impedancia de onda, en relación con la onda electromagnética incidente con una frecuencia de 3,5 GHz a 4,3 GHz, del material electromagnético artificial 200, se aproxima a 1, por lo que se puede alcanzar de manera efectiva la adaptación de la impedancia del aire; y a través de las líneas de puntos en el diagrama, el consumo de la onda electromagnética incidente dentro de la banda de frecuencia es relativamente bajo. Por lo tanto, el material electromagnético artificial 200 según la realización puede reducir la reflexión de la onda electromagnética incidente, y se reduce el consumo de energía.

40 Cuando la adaptación del aire debe realizarse en otras bandas de frecuencia, pueden conseguirse la reducción de la dimensión y el desplazamiento hacia atrás de la banda de frecuencia adaptada, así como el aumento de la dimensión y el desplazamiento hacia delante de la banda de frecuencia adaptada, cambiando la dimensión de las unidades de material o las dimensiones de las microestructuras.

45 En referencia a la FIG. 10, la diferencia entre el material electromagnético artificial según la realización de la presente invención y el material electromagnético artificial según el primer ejemplo es que la microestructura artificial 320 comprende dos hilos metálicos en forma de l 320a y 320b que son diferentes en dimensiones y no se intersectan. Para permitir que los dos hilos metálicos en forma de l 320a y 320b tengan una respuesta idéntica o similar al campo electromagnético, los efectos de respuesta se superponen, pero no se contrarrestan. Por lo tanto, preferiblemente, los dos hilos metálicos en forma de l 320a y 320b de cada microestructura artificial 320 están dispuestos uno al lado del otro. En concreto, dos pares de líneas paralelas de los dos hilos metálicos en forma de l son paralelas entre sí, y dos líneas verticales centrales son paralelas entre sí.

55 En la presente invención, las direcciones de las líneas verticales medias de los dos hilos metálicos en forma de l 320a y 320b están preferiblemente en la misma línea, de tal manera que los dos hilos metálicos en forma de l están dispuestos arriba y abajo.

60 La refractividad de cada unidad de material 340 está relacionada con la superficie ocupada por la microestructura artificial 320 con respecto a la superficie de la primera unidad de sustrato 310. Por lo tanto, la longitud total y la anchura total de las microestructuras artificiales 320 deben ser tan grandes como sea posible, preferiblemente no menos de $1/2$ de la longitud y la anchura de la primera unidad de sustrato 310 respectivamente. La longitud total de las microestructuras artificiales 320 es el espacio entre una línea paralela superior y una línea paralela inferior; y la anchura total de las microestructuras artificiales es la longitud de la línea paralela más larga en cuatro líneas paralelas de los dos hilos metálicos en forma de l 320a y 320b.

5 Por ejemplo, cuando el material electromagnético artificial de acuerdo con la presente invención se va a aplicar en un entorno de trabajo de ondas electromagnéticas de 7,5 GHz, las dimensiones de cada unidad de sustrato cúbico están diseñadas a 4 mm × 4 mm × 4 mm, las dimensiones de los dos hilos metálicos en forma de I 320a y 320b están diseñadas a 1,5 mm × 1,5 mm y 2 mm × 2 mm, respectivamente, la anchura del hilo es de 0,1 mm, la longitud total de las microestructuras artificiales es de 3,8 mm y la anchura total de las microestructuras artificiales es de 2 mm.

10 Basándose en la estimulación de las microestructuras artificiales mediante el software de estimulación CST, dentro de un rango de 2-15 GHz, por ejemplo, dentro de un ancho de banda de 13 GHz, la pérdida de la refractividad es pequeña junto con el aumento de la frecuencia, proporcionando así condiciones favorables para conseguir el efecto de banda ultraancha. Sin embargo, es difícil de alcanzar el resultado anterior de la anchura de banda de la microestructura artificial existente con un solo hilo metálico en forma de I.

15 De acuerdo con la microestructura artificial según esta realización, la frecuencia de resonancia del material electromagnético artificial es alta, la banda de frecuencia de trabajo efectiva se ensancha, y el rango de aplicación se amplía.

20 Los detalles anteriores son solo realizaciones preferidas de la presente invención, pero no pretenden limitar el alcance de la presente invención. Las modificaciones o variaciones equivalentes realizadas sobre la base de las reivindicaciones de la presente invención entrarán en el ámbito de aplicación de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Material electromagnético artificial (100), que comprende al menos una capa de lámina de material (1), estando provista cada capa de lámina de material (1) de un primer sustrato (310) y un segundo sustrato dispuestos de forma opuesta, y estando fijada una pluralidad de microestructuras artificiales (320) sobre una superficie del primer sustrato (310), en donde la superficie del primer sustrato (310) está enfrentada al segundo sustrato; en donde la pluralidad de microestructuras artificiales (320) son filamentos metálicos dispuestos en patrones geométricos, y cada una de las microestructuras artificiales (320) comprende dos estructuras en forma de I (320a,320b) que son diferentes en sus dimensiones y no se intersectan, en donde cada estructura en forma de I comprende un primer filamento metálico lineal y dos segundos filamentos metálicos conectados verticalmente a ambos extremos del filamento respectivamente.
2. El material electromagnético artificial (100) según la reivindicación 1, donde el espacio entre el primer sustrato (310) y el segundo sustrato es inferior a 0,1 mm.
3. El material electromagnético artificial (100) según la reivindicación 2, donde el espesor de la microestructura artificial (320) es de 0,005 mm a 0,05 mm.
4. El material electromagnético artificial (100) según la reivindicación 3, donde el espesor de la microestructura artificial (320) es de 0,018 mm.
5. El material electromagnético artificial (100) según la reivindicación 1, donde el espesor de cada capa de lámina de material (1) es inferior o igual a 1/10 de la longitud de onda de una onda electromagnética a la que debe responder el material electromagnético artificial (100).
6. El material electromagnético artificial (100) según la reivindicación 1, donde el primer sustrato (310) y el segundo sustrato se dividen virtualmente en una pluralidad de pares de unidades de sustrato rectangulares en disposición matricial, y se fija una estructura artificial en el centro de cada par de unidades de sustrato rectangulares.
7. El material electromagnético artificial (100) según la reivindicación 6, donde la longitud, la anchura y el espesor de las unidades de sustrato en cada par de unidades de sustrato rectangulares son respectivamente inferiores o iguales a 1/10 de la longitud de onda de una onda electromagnética a la que debe responder el material electromagnético artificial (100).
8. El material electromagnético artificial (100) según la reivindicación 7, donde la longitud total y la anchura total de la pluralidad de microestructuras artificiales (320) son respectivamente no menos de 1/2 de la longitud y la anchura de las unidades de sustrato en cada par de unidades de sustrato rectangulares.
9. El material electromagnético artificial (100) según la reivindicación 1, donde los dos filamentos metálicos en forma de I están dispuestos uno al lado del otro, dos pares de líneas paralelas de los dos filamentos metálicos en forma de I son paralelas entre sí, y dos líneas verticales centrales de los dos filamentos metálicos en forma de I son paralelas entre sí.
10. El material electromagnético artificial (100) según la reivindicación 1, donde los dos filamentos metálicos en forma de I están dispuestos uno al lado del otro, dos pares de líneas paralelas de los dos filamentos metálicos en forma de I son paralelas entre sí, y las direcciones de las líneas verticales medias en los dos filamentos metálicos en forma de I se encuentran en la misma línea.
11. El material electromagnético artificial (100) según la reivindicación 10, donde el primer sustrato (310) y el segundo sustrato se dividen virtualmente en una pluralidad de pares de unidades de sustrato rectangulares en disposición matricial, se fija una estructura artificial en el centro de cada par de unidades de sustrato, la frecuencia de la onda electromagnética a la que debe responder el material electromagnético artificial es de 7,5 GHz, y la dimensión de cada unidad de sustrato en los pares de unidades de sustrato rectangulares es de 4 mm × 4 mm × 4 mm.
12. El material electromagnético artificial (100) según la reivindicación 11, donde las dimensiones de los dos filamentos metálicos en forma de I son 1,5 mm × 1,5 mm y 2 mm × 2 mm respectivamente, y la anchura del hilo es de 0,1 mm.

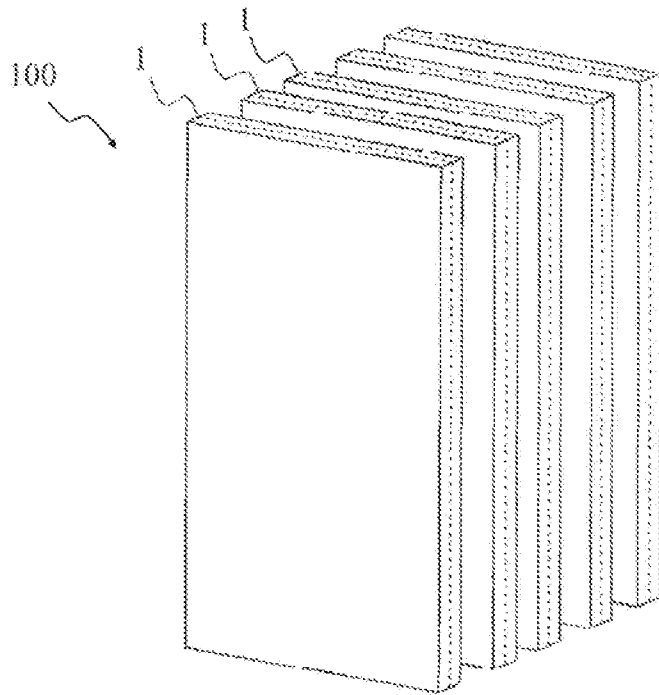


FIG. 1



FIG. 2

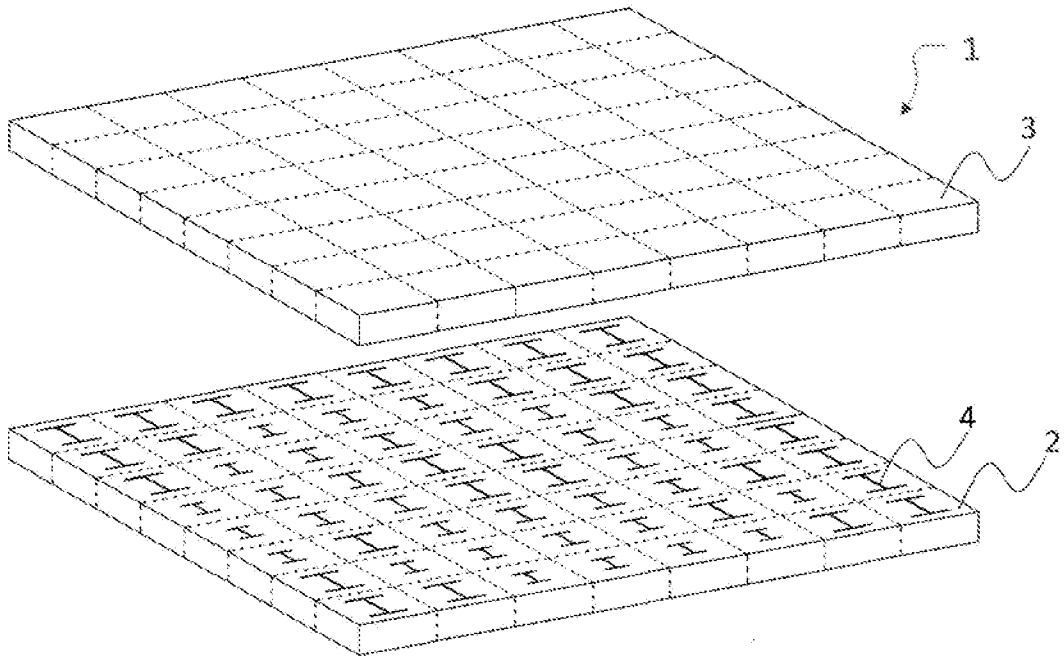


FIG. 3

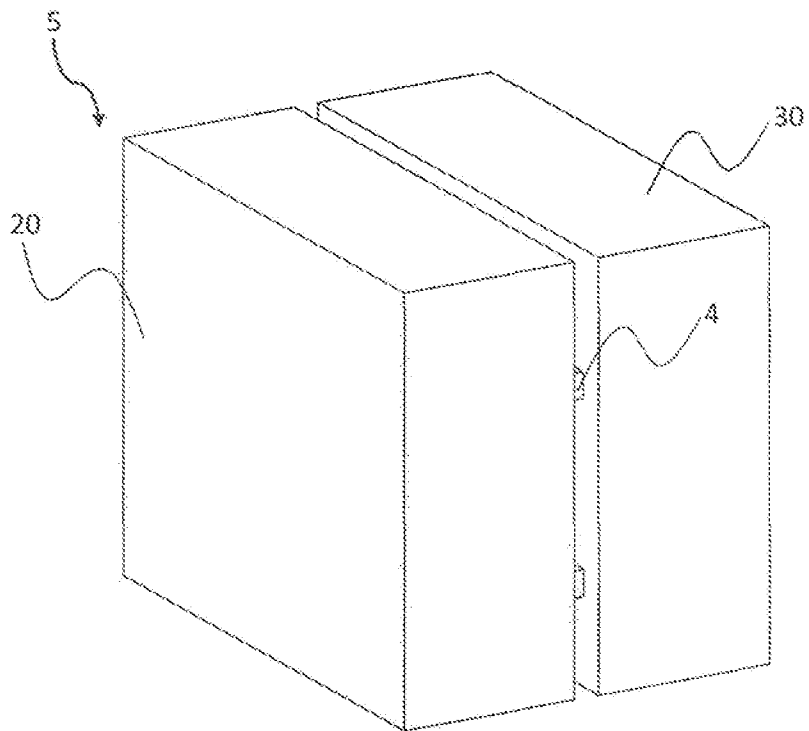


FIG. 4

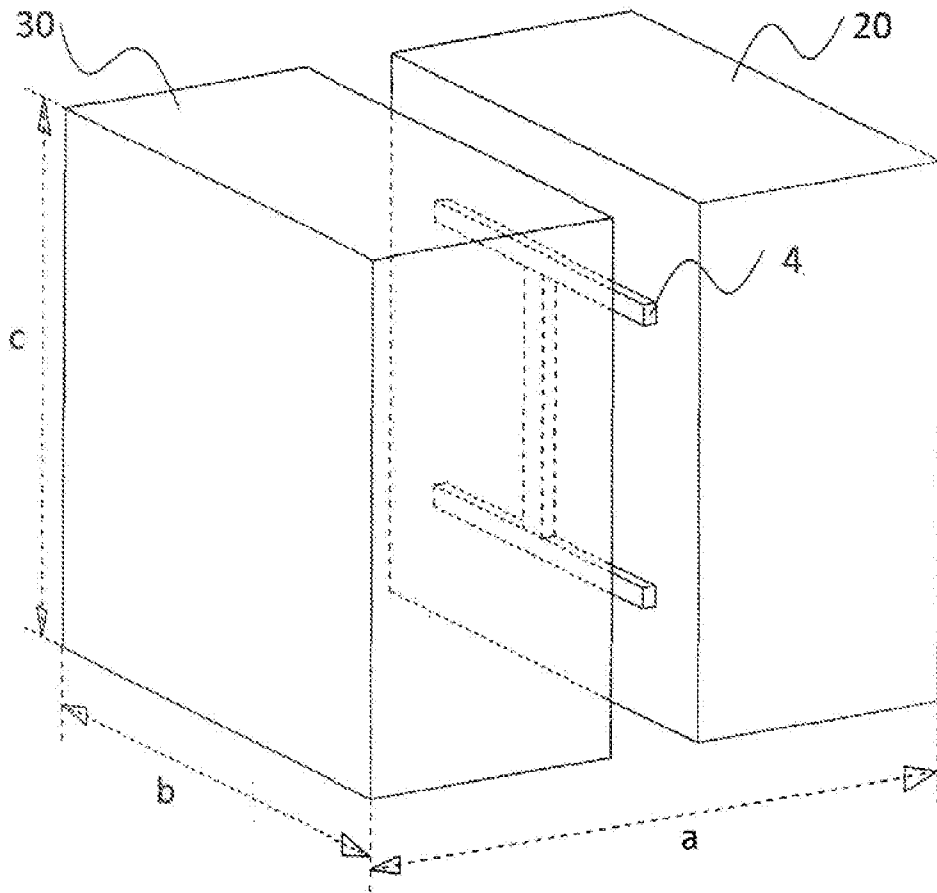


FIG. 5

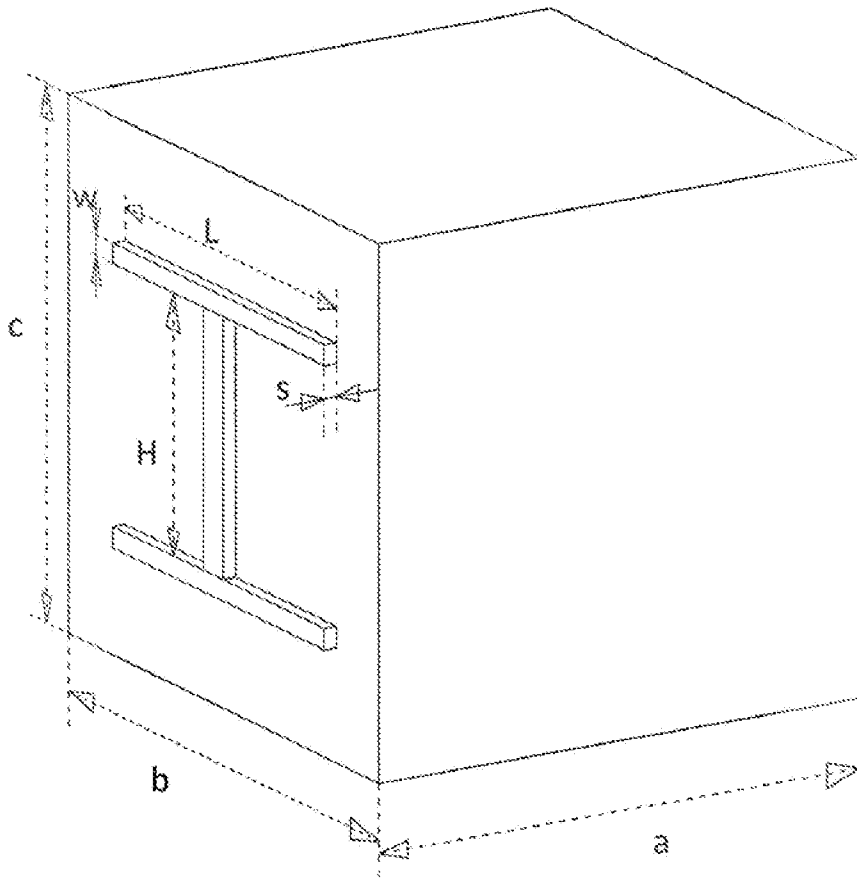


FIG. 6

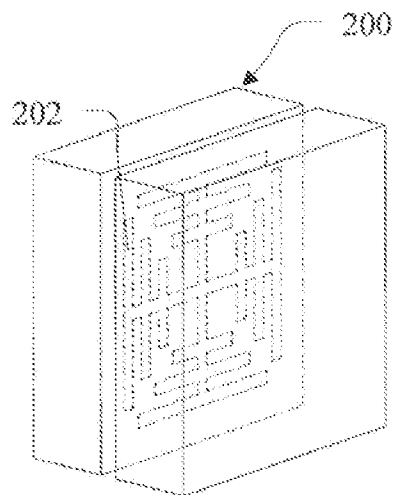


FIG. 7

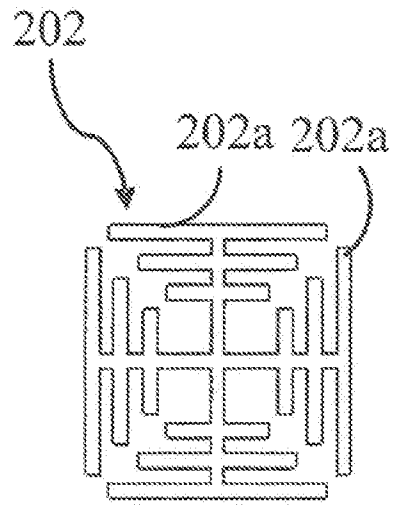


FIG. 8

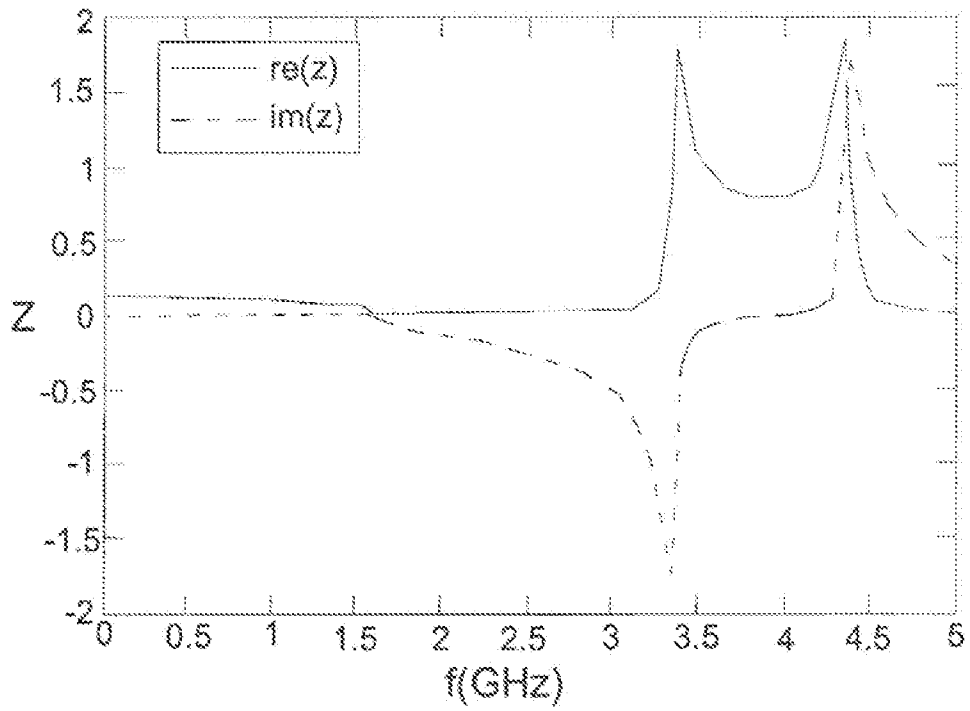


FIG. 9

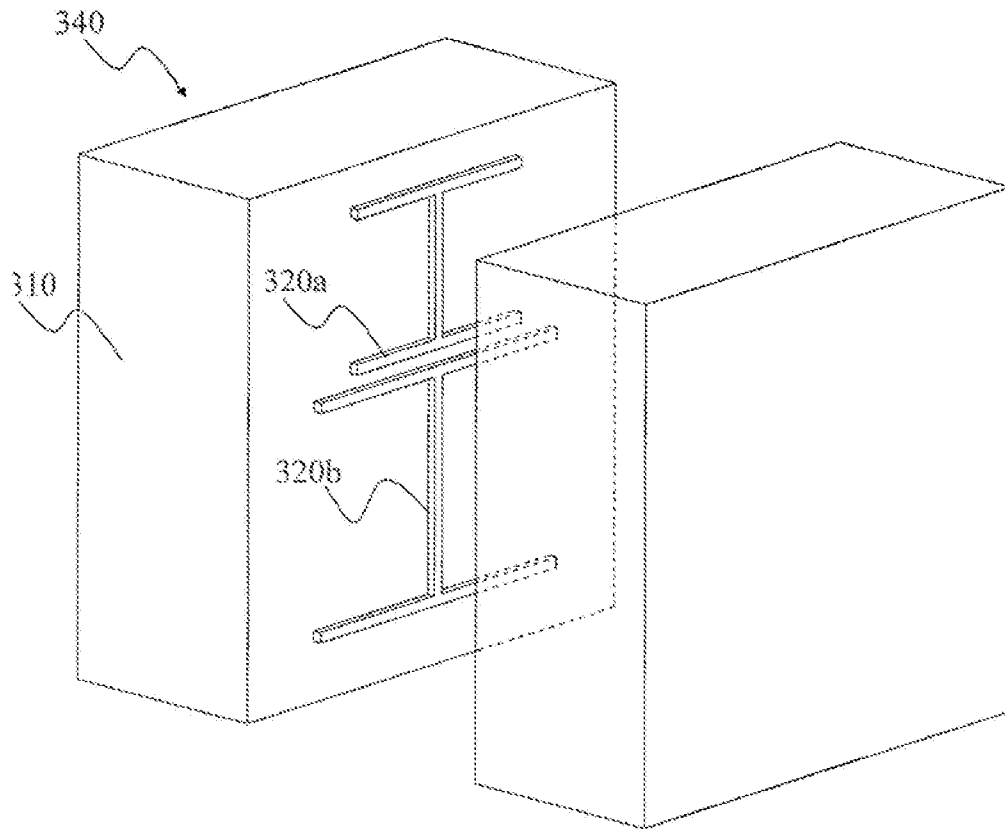


FIG. 10