

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 924 262**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/52 (2006.01)

H01Q 15/00 (2006.01)

H01Q 1/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.05.2018 PCT/GB2018/051398**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.11.2018 WO18215765**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2018 E 18728705 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2022 EP 3631896**

54 Título: **Blindaje de radiación**

30 Prioridad:

23.05.2017 GB 201708242

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

05.10.2022

73 Titular/es:

**SARGARD LIMITED (100.0%)
7 Hill Rise Avenue
Harrogate, Yorkshire HG2 0AF, GB**

72 Inventor/es:

**NORAS, JAMES;
ASIF, RAMEEZ;
LITTLEHALES, RICHARD y
ABD-ALHAMEED, RAED**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 924 262 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

Blindaje de radiación

5 CAMPO TÉCNICO

La invención se refiere a un blindaje para reducir la energía radiada desde un dispositivo tal como un teléfono móvil o un ordenador portátil.

10 ANTECEDENTES

15 Multitud de dispositivos modernos, por ejemplo, teléfonos móviles, ordenadores portátiles y tabletas electrónicas, pueden transmitir y recibir radiación electromagnética de radiofrecuencia. Estas transmisiones son fundamentales para proporcionar funcionalidad, tal como la conectividad a Internet, que los usuarios han llegado a considerar como estándar en este tipo de dispositivos.

20 Sin embargo, un efecto secundario desafortunado de estas transmisiones es que las corrientes eléctricas alternas de radiofrecuencia (RF) en la antena inducirán campos eléctricos de radiofrecuencia que penetrarán en el tejido cercano del usuario. La energía radiada por estos campos eléctricos puede ser absorbida por el tejido del usuario provocando un aumento de la temperatura del tejido y dañando de manera potencial dicho tejido.

25 Para reducir el grado de calentamiento causado por estos campos de radiofrecuencia, es una práctica estándar medir la potencia de radiación absorbida por masa unitaria de material (es decir, tejido), que se conoce como tasa de absorción específica 'SAR'.

30 Para proteger al público contra los posibles efectos nocivos de la radiación de radiofrecuencia, diversos organismos profesionales han definido límites de seguridad para la tasa de absorción específica en el tejido humano: por ejemplo, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos 'IEEE' sugiere un límite SAR de 1,6 vatios por kilogramo (kg) promediados sobre cualquier gramo (g) en la cabeza durante cualquier intervalo de 6 minutos.

35 Para reducir el valor de SAR, los dispositivos de radiofrecuencia requieren que se coloque un blindaje de radiofrecuencia entre el usuario y la antena emisora de RF. Muchos de estos dispositivos de blindaje ya están disponibles de manera comercial para su uso con dispositivos emisores tales como, por ejemplo, teléfonos móviles. Estos blindajes suelen implicar una masa sólida de material de protección 'EMF' de frecuencia electromagnética colocado adyacente al dispositivo móvil; por ejemplo, una "funda" o cubierta diseñada para ajustarse alrededor de un teléfono móvil, o un parche especial de material cosido en los bolsillos de la ropa.

40 El documento US 2014/043194 da a conocer un dispositivo terminal que incluye una carcasa, una antena de comunicación y una meta-estructura aglomerativa. La meta-estructura aglomerativa comprende una primera capa patrón conectada en serie entre un extremo de entrada y un extremo de salida de la meta-estructura aglomerativa, y una segunda capa patrón conectada en paralelo entre el extremo de entrada y el extremo de salida. C Sabah et al: "Metamaterial de terehertzios de banda ancha de refracción negativa para refracción negativa" da a conocer metamateriales de refracción negativa que se pueden realizar con estructuras que contienen elementos con parámetros de materiales negativos, permitividad eléctrica y permeabilidad magnética. Una estructura resonante bien conocida que se puede utilizar para obtener permeabilidad negativa es el resonador circular de anillo dividido que crea un comportamiento magnético no lineal debido a la interacción resonante entre la inductancia de los anillos y la capacitancia a través de los espacios. Jordi Naqui et al: "Nuevos sensores basados en las propiedades de simetría de los resonadores de anillo dividido (SRRs)" utiliza las propiedades de simetría de los resonadores de anillo dividido (SRRs) para su puesta en práctica en dispositivos de detección. La estructura propuesta consta de una guía de ondas coplanar cargada con SRRs móviles en el lado posterior del sustrato. Vojislav Milosevic et al: "Transparencia clásica inducida electromagnéticamente en metamateriales" da a conocer una revisión de metamateriales que emplean acoplamiento de resonadores con el fin de lograr bajas pérdidas, alta dispersión y valores extremos de retardo de grupo. Y.J. YOO et al: "Absorbedores de metamaterial perfectos flexibles para ondas electromagnéticas" describe metamateriales flexibles fabricados sobre sustratos flexibles y elásticos. SHI HUI et al: "Investigación sobre ropa de blindaje electromagnética" resume las influencias como tipos de telas de protección, estructura y artesanía en el diseño de prendas de blindaje electromagnético.

60 Sin embargo, un problema común con los dispositivos actualmente disponibles es que, además, de proteger al usuario de la radiación dañina, también bloquean las transmisiones de la antena y, al hacerlo, reducen la eficacia de la antena. La reducción de la eficiencia de la antena obviamente tiene implicaciones para la usabilidad del dispositivo al hacer que las conexiones inalámbricas que dependen de las transmisiones de radio sean menos fiables. Los blindajes actuales también tienden a ser indebidamente grandes, lo que afecta gravemente el factor de forma y la facilidad de uso del dispositivo móvil.

65 Por lo tanto, existe la necesidad de un dispositivo de blindaje de radiofrecuencia que tampoco interfiera con la eficiencia de la antena o que, en general, afecte la capacidad de uso del dispositivo.

También se apreciará que el blindaje contra la radiación presentado en este documento no solamente será un beneficio para los dispositivos móviles, sino también para una gama de aplicaciones de protección contra la radiación: por ejemplo, ropa protectora para aquellos que trabajan o viven en la proximidad de estaciones base de radiofrecuencia o de protección construidas en paredes contra la radiación.

DESCRIPCIÓN

Según la presente invención, se proporciona un dispositivo tal como se establece en las reivindicaciones adjuntas. Otras características de la invención serán evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes y de la descripción dada a continuación.

Según una primera forma de realización, se proporciona un dispositivo de blindaje para atenuar de manera pasiva la radiación electromagnética que comprende una pluralidad de células, comprendiendo cada célula una pluralidad de resonadores que están separados entre sí; en donde la pluralidad de células tiene una estructura asimétrica.

La pluralidad de células está dispuesta en una pluralidad de células unitarias, comprendiendo cada célula unitaria un bucle común que rodea al menos dos células adyacentes de entre la pluralidad de células. Cada una de entre la pluralidad de células unitarias tiene una estructura asimétrica que tiene un índice de refracción negativo para al menos una frecuencia seleccionada por lo que se atenúa la radiación electromagnética en al menos una frecuencia seleccionada. La atenuación es preferiblemente pasiva, es decir, causada por la estructura de las células unitarias, en lugar de una atenuación activa que requeriría una entrada electrónica o de otro tipo.

Una estructura asimétrica es aquella que no es completamente simétrica. La asimetría se puede lograr ajustando diversos parámetros de la estructura, p. ej., el espaciado alrededor o entre resonadores o las dimensiones de los resonadores. La asimetría de la estructura se puede variar para atrapar y reflejar ondas electromagnéticas en frecuencias seleccionadas. Por lo tanto, la estructura puede denominarse estructura de banda prohibida electromagnética porque la estructura resuena y, por lo tanto, reduce la radiación de las frecuencias seleccionadas (es decir, en la banda electromagnética seleccionada).

La disposición de las células en cada dispositivo de blindaje está diseñada de modo que el blindaje tenga un índice de refracción negativo para al menos una frecuencia seleccionada. El índice de refracción negativo ayuda a suprimir las ondas superficiales y a irradiar las ondas electromagnéticas excesivas emitidas desde el dispositivo del usuario lejos del usuario. Por lo tanto, el dispositivo de blindaje puede denominarse un metamaterial, es decir, una estructura compuesta realizada por el hombre que presenta propiedades que normalmente no se encuentran en los materiales naturales, especialmente un índice de refracción negativo.

Los metamateriales se han estudiado previamente, pero no en el contexto de los dispositivos de blindaje en los que existe atenuación pasiva. Por ejemplo, el documento US2007/0188385 de Hyde et al describe un metamaterial que es ajustable de conformidad con la retroalimentación interactiva de interacción con ondas electromagnéticas. En Hyde, el metamaterial se ajusta para proporcionar enfoque, p. ej., de un haz óptico. Además, el enfoque se logra mediante el uso de un campo eléctrico para cambiar las propiedades físicas del metamaterial, es decir, existe un control activo del metamaterial. De manera similar, el documento US7525711 de Rule et al describe un material electromagnético sintonizable de manera activa. El material electromagnético se puede utilizar en una amplia variedad de aplicaciones, p. ej., antenas, guías de ondas compactas y formas de haz y se puede sintonizar mediante el uso de un material que cambia su capacitancia cuando se expone a la radiación electromagnética de control. En GB2495365 se analiza un aislamiento de antena que utiliza metamaterial.

El bucle común puede comprender los resonadores más exteriores de cada célula dispuestos de manera que los resonadores se solapen al menos parcialmente. Cada par (o grupo) de células puede ser así, efectivamente, una estructura superpuesta.

Cada una de entre la pluralidad de células unitarias comprende una primera célula que tiene un primer conjunto de resonadores y una segunda célula que tiene un segundo conjunto de resonadores, en donde el espacio entre el primer conjunto de resonadores adyacentes es diferente del espacio entre el segundo conjunto de resonadores, en donde cada una de entre la pluralidad de células unitarias tiene una estructura asimétrica. De manera alternativa, la separación entre al menos un par de resonadores adyacentes puede no ser uniforme, es decir, la separación puede ser mayor a lo largo de un lado que a lo largo de otros lados. El espaciado diferente puede utilizarse en toda la pluralidad de células o células unitarias.

Cada uno de entre la pluralidad de resonadores en al menos una de entre la pluralidad de células (y por lo tanto en al menos una de entre la pluralidad de células unitarias) puede tener una anchura que sea diferente de su longitud por lo que al menos una de entre la pluralidad de células es asimétrica y, por lo tanto, la al menos una de entre la pluralidad de células unitarias tiene una estructura asimétrica. Por ejemplo, los resonadores pueden ser rectangulares u ovalados con una anchura que puede ser mayor que la longitud. La relación entre la anchura y la longitud de cada resonador dentro de una célula puede ser la misma para cada resonador. Toda la pluralidad de células puede tener resonadores

de la misma forma y tamaño. Así, toda la pluralidad de células puede ser asimétrica para asegurar que la pluralidad de células unitarias tenga cada una diversas estructuras asimétricas.

5 La asimetría de la estructura se puede lograr combinando la asimetría de la anchura y la longitud con la separación no uniforme o diferente o ajustando los parámetros individuales para lograr la asimetría. La asimetría puede ser la misma para cada célula dentro de la pluralidad de células. De manera alternativa, algunas o todas las células de la pluralidad pueden ser diferentes para proporcionar más asimetría.

10 Cada uno de entre la pluralidad de resonadores en al menos una de entre la pluralidad de células puede ser un resonador de anillo dividido formado a partir de un bucle de material conductor con un espacio en el bucle. Los materiales conductores adecuados incluyen cobre o níquel. Cada espacio puede tener la misma anchura. De manera alternativa, se puede introducir más asimetría utilizando espacios de diferentes tamaños, p. ej., teniendo espacios de diferente tamaño dentro de una célula o teniendo los mismos espacios dentro de una célula, pero diferentes espacios entre células adyacentes.

15 Cada espacio dentro de una célula se puede alinear con los otros espacios en la célula. Por ejemplo, cada célula puede tener un eje, p. ej., uno que pasa por su centro, y los espacios pueden estar alineados en el eje. El espacio en un primer resonador dentro de una célula puede estar en una posición opuesta a la posición del espacio en un segundo resonador dentro de la célula, es decir, los espacios están efectivamente dispuestos 180 grados separados entre sí. Este patrón de posiciones opuestas puede repetirse para cada par de resonadores adyacentes. El patrón de posiciones opuestas se puede utilizar en algunas o en todas las células de la pluralidad.

20 Cada uno de entre la pluralidad de resonadores en al menos una de entre la pluralidad de células puede ser concéntrico entre sí. Cada una de entre la pluralidad de células puede tener resonadores concéntricos.

25 La pluralidad de células comprende una pluralidad de células unitarias, cada una de las cuales tiene al menos un par de células adyacentes rodeadas por un bucle común. Cada célula unitaria puede ser una célula unitaria de doble banda por lo que se atenúa la radiación a dos frecuencias electromagnéticas. Estas frecuencias pueden ser las definidas por las normas, p. ej., 900 MHz o 1800 MHz, pero se apreciará que también se pueden cubrir otras frecuencias, tales como LTE 1, 2 y 3.

30 La pluralidad de células unitarias tiene una estructura asimétrica. Por ejemplo, el espaciado entre el bucle común y un resonador adyacente de cada célula dentro de la célula unitaria puede no ser uniforme, p. ej., mayor a lo largo de un lado que a lo largo de los otros lados, por lo que la célula unitaria tiene una estructura asimétrica. Por lo tanto, parece como si una de las células del par de células hubiera girado en un ángulo de 180 grados con respecto a un eje y común para ambas células. Toda la pluralidad de células unitarias puede tener la misma estructura asimétrica.

35 Cada célula unitaria comprende al menos dos resonadores adicionales que rodean el bucle común. Los resonadores adicionales son resonadores de anillo dividido. Un espacio en el primer resonador adicional se coloca en un extremo opuesto de la célula unitaria a un espacio en el segundo resonador adicional. Puede haber más resonadores adicionales.

40 La pluralidad de células puede estar en una capa protectora montada sobre un sustrato. El sustrato puede estar formado a partir de un material dieléctrico, por ejemplo, con una constante dieléctrica entre 2,2 y 4,4. El sustrato puede ser flexible. El sustrato puede ser delgado, por ejemplo, con un espesor entre 0,13 mm y 1,6 mm. La pluralidad de células y, por lo tanto, la propia capa protectora puede imprimirse sobre el sustrato.

45 El dispositivo de blindaje descrito con anterioridad se puede utilizar con varios dispositivos de usuario diferentes que emiten radiación electromagnética, p. ej., teléfonos móviles, ordenadores portátiles. De manera alternativa, una prenda de ropa puede incorporar el dispositivo de blindaje, por ejemplo, en ropa de protección para mujeres embarazadas que viven en la proximidad de transmisores o de estaciones base. El dispositivo de blindaje puede ser lo suficientemente grande, es decir, tener suficientes células, para proteger una casa en las inmediaciones de transmisores o de estaciones base o para proteger un lugar seguro para evitar escuchas.

50 Según una segunda forma de realización, se proporciona un dispositivo de usuario que incorpora el dispositivo de blindaje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el dispositivo de usuario un emisor que emite radiación electromagnética; en donde el dispositivo de blindaje está situado junto al emisor de manera que, en uso, el dispositivo de blindaje está entre el usuario y el emisor.

55 El número de células en la pluralidad de células se puede seleccionar de modo que un área superficial del dispositivo de blindaje coincida con un área superficial del dispositivo de usuario o del emisor de RF.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

65 Para una mejor comprensión de la invención, y para mostrar cómo se pueden llevar a cabo las formas de realización de la misma, ahora se hará referencia, solamente a modo de ejemplo, a los dibujos esquemáticos adjuntos en los que:

la Figura 1a es una vista en planta de un blindaje según la presente invención;

la Figura 1b es una vista lateral del blindaje de la Figura 1a;

la Figura 1c es una ilustración esquemática de un blindaje según la presente invención montado en un dispositivo radiante;

las Figuras 2a y 2b son vistas en planta de una unidad celular dentro del blindaje de la Figura 1a;

la Figura 2c es una vista esquemática de parte de la unidad celular de la Figura 2a;

la Figura 3a es una vista en planta de una célula unitaria de doble banda que incorpora dos unidades celulares de la Figura 2a;

las Figuras 3b y 3c son ilustraciones esquemáticas de la asimetría de la célula unitaria de doble banda de la Figura 3a;

la Figura 4a es una vista en perspectiva de un dispositivo móvil que incorpora un blindaje según la presente invención adyacente a la cabeza de un usuario;

la Figura 4b es una vista en perspectiva del dispositivo móvil de la Figura 3a en la mano de un usuario;

las Figuras 5a a 5h muestran los resultados de SAR a 900 MHz y a 1800 MHz sobre 1 g y 10 g de masa tisular sin y con protección, respectivamente;

las Figuras 6a y 6b muestran los resultados medidos para SAR para un dispositivo de usuario sin y con protector;

la Figura 6c muestra la pérdida de retorno medida en dB frente a la frecuencia de la antena en un dispositivo con y sin blindaje;

la Figura 7 es una sección transversal esquemática de un ordenador portátil que incorpora un protector según la presente invención que descansa sobre el regazo de un usuario;

la Figura 8a es una vista en planta de una célula unitaria alternativa que incorpora tres unidades celulares de la Figura 2a; y

la Figura 8b es una vista esquemática de un diseño alternativo para una unidad celular.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

Las Figuras 1a y 1b muestran un blindaje 14 (o dispositivo de blindaje - los términos se utilizan indistintamente) según una primera forma de realización de la presente invención. El blindaje 14 comprende una capa de blindaje 10 soportada sobre un sustrato 12. La capa de blindaje 10 comprende un circuito que tiene una pluralidad de células individuales 16 que están emparejadas para formar células unitarias de doble banda y encapsuladas dentro de dos estructuras de anillo separadas 18 tal como se describe con más detalle a continuación. La Figura 1c es una ilustración esquemática de un blindaje 44 en un dispositivo de usuario 40 que tiene una antena 42 que emite radiación electromagnética. El blindaje se coloca en el dispositivo del usuario con la capa protectora mirando hacia el dispositivo del usuario. El blindaje está separado de la antena por la profundidad del dispositivo de usuario que, para un teléfono móvil típico, es de aproximadamente 5 mm.

Un problema conocido con los dispositivos de usuario radiantes es que la energía de la radiación electromagnética puede ser absorbida por los tejidos internos (por ejemplo, tejido cerebral) de un usuario que utiliza el dispositivo de usuario 40. El blindaje de la presente invención está diseñado para proporcionar un efecto de blindaje que reduce la tasa de absorción específica (SAR) de energía por parte del usuario mientras mantiene la eficiencia de radiación de la antena.

La pantalla 14 de la Figura 1a tiene seis células unitarias de doble banda y la pantalla 44 de la Figura 1c tiene cuatro células unitarias de doble banda. En la Figura 1c, se conoce la ubicación de la antena y el blindaje se puede ubicar junto a la antena, por lo que un blindaje más corto es suficiente para proporcionar el efecto de blindaje deseado. El tamaño del blindaje en la Figura 1a es tal que coincide con el tamaño de muchos teléfonos móviles actuales. Al cubrir toda la superficie del teléfono móvil, el blindaje tendrá el efecto de blindaje deseado con independencia de la ubicación de la antena. En consecuencia, dicho blindaje se puede utilizar cuando no se conoce la ubicación de la antena.

[La disposición de las células en cada blindaje está diseñada de tal manera que el blindaje tiene un índice de refracción negativo en la banda de frecuencia en donde el dispositivo de usuario 40 está emitiendo radiación. Por ejemplo, si el

dispositivo de usuario 40 es un teléfono móvil, es probable que se emita radiación a una frecuencia específica tal como 900 MHz o 1800 MHz según lo definido por las normas. El índice de refracción negativo ayuda a suprimir las ondas superficiales e irradiar las ondas electromagnéticas excesivas emitidas desde el dispositivo de usuario hacia el dispositivo de usuario o lejos del mismo. El blindaje puede denominarse metamaterial. Un metamaterial se define como una estructura compuesta sintética o realizada por el hombre que presenta propiedades que normalmente no se encuentran en los materiales naturales, especialmente un índice de refracción negativo.

Las células se forman a partir de un material conductor, p. ej., cobre o níquel, que pueden imprimirse directamente sobre el sustrato. De esta forma, las dos capas separadas que se muestran en la Figura 1b son efectivamente una sola capa.

El sustrato es preferiblemente delgado, por ejemplo, con un espesor entre 0,13 mm y 1,6 mm, preferiblemente liviano y de manera opcional flexible pero lo suficientemente elástico y resistente para soportar la capa de blindaje. El sustrato es preferiblemente un material dieléctrico, por ejemplo, con una constante dieléctrica entre 2,2 y 4,4. El sustrato no debe tener ninguna degradación del rendimiento en el efecto protector de las capas de blindaje. Los materiales adecuados incluyen laminados tales como laminados de epoxi reforzados con vidrio (p. ej., designación de grado FR4), compuestos de PTFE reforzados con vidrio (p. ej., RT-duroid 5880 o CuCad217) o laminados de cerámica/hidrocarburos reforzados con vidrio. Las propiedades de los ejemplos de sustratos adecuados se establecen a continuación, pero se apreciará que también se pueden utilizar otros sustratos adecuados:

Tipo	Constante dieléctrica	Espesor /mm
FR4	4,4	1,6
FR4	4,4	0,8
RT Duroid 5880	2,2	0,13
RO4350B	3,48	0,17
CuClad 217	2,17	0,25

Las Figuras 2a y 2b muestran una sola célula 16 de la capa protectora de la Figura 1a. En esta disposición, la célula única 16 tiene cinco resonadores de anillo dividido concéntricos. La Figura 2b está girada 90 grados con respecto a la Figura 2a para indicar las dimensiones relativas de los resonadores de anillo dividido concéntricos. Se apreciará que el número de cinco es meramente ilustrativo y pueden utilizarse otros números de resonadores.

Cada resonador de anillo dividido está formado por una pista delgada (por ejemplo, 1,5 mm) de material conductor que define un bucle prácticamente cuadrado que tiene un espacio en un lado del bucle. El bucle más interno (o primero) 20 tiene una anchura interna de W1 y una longitud de L1. El primer bucle tiene un único espacio 21 que está situado en la mitad de un lado que tiene una longitud igual a la anchura interior W1 y a la anchura de la pista. El siguiente bucle 22 más interior (o segundo) tiene una anchura interna W2, una longitud L2 y su espacio 23 también está situado a la mitad de un lado. El espacio 23 en el segundo bucle 22 está en el lado opuesto al lado del primer bucle 20 que tiene un espacio 21. El patrón alternativo de posicionamiento de los espacios en lados opuestos se repite para los siguientes tres bucles. En consecuencia, el tercer bucle 24 de anchura W3 y longitud L3 y el quinto bucle de anchura W5 y longitud L5 tienen espacios 25, 29 en el mismo lado que el espacio 21 en el primer bucle 20. De manera similar, el cuarto bucle de anchura W4 y la longitud L4 tiene un espacio 27 en el mismo lado que el espacio 23 en el segundo bucle 22. Cada espacio tiene la misma anchura G y los espacios también están alineados entre sí para que el punto central de cada espacio esté en el mismo eje. La anchura W1 es un poco más larga, p. ej., aproximadamente un 5% más larga que la longitud L1 y, por lo tanto, el bucle más interno es rectangular y casi cuadrado. Cada uno de los otros bucles también es ligeramente más ancho que largo y en esta estructura, la diferencia entre la anchura W y la longitud L de cada bucle es la misma para cada bucle.

Tal como se muestra en la Figura 2a, existe un espaciado entre cada uno de los bucles adyacentes. El espaciado alrededor de cada uno de los primeros tres bucles es de una anchura uniforme T1 alrededor de cada bucle. La anchura T1 puede ser de la misma magnitud que el espacio G, p. ej., 0,5 mm. El espacio entre el cuarto y el quinto bucle no es uniforme. El espaciado tiene una anchura T1 a lo largo de tres lados y una anchura menor T2 a lo largo del cuarto lado. La Figura 2c es un dibujo esquemático de solamente los bucles cuarto y quinto 26, 28 para ilustrar esta separación desigual más claramente. El espaciado más pequeño de anchura T2 es entre dos lados sin espacios.

Al tener una separación no uniforme entre los bucles cuarto y quinto y una diferencia entre la anchura y la longitud de cada bucle, la estructura global de la célula unitaria de la Figura 2a es asimétrica o no periódica. Una estructura que tenga bucles cuadrados concéntricos con la misma anchura y longitud, espacios del mismo tamaño y alineados y el mismo espaciado entre los bucles sería una estructura simétrica o periódica. Se apreciará que ajustar la anchura y la longitud de cada bucle y el espaciado a lo largo de un lado entre el cuarto y el quinto bucle son solamente ejemplos de cómo lograr la asimetría y se pueden variar otras variables para lograr la asimetría, p. ej., el espaciado y el tamaño

del o cada espacio, o el espaciado entre otros bucles o entre otros lados de los bucles. La asimetría de la estructura se puede variar para absorber y reflejar ondas electromagnéticas en frecuencias seleccionadas. Por lo tanto, la estructura puede denominarse estructura de banda prohibida electromagnética porque la estructura resuena y, por lo tanto, reduce la radiación de las frecuencias seleccionadas (es decir, en la banda electromagnética seleccionada).

5 Tal como se estableció con anterioridad, la disposición de las células en cada blindaje está diseñada de tal manera que el blindaje tiene un índice de refracción negativo en la zona de la frecuencia a la que el dispositivo de usuario 40 está emitiendo radiación. Cada célula está diseñada para resonar a la frecuencia emitida. Se puede lograr un índice de refracción negativo y resonancia a una frecuencia particular ajustando los parámetros de una célula unitaria. Los parámetros pueden incluir parte o la totalidad de la anchura y de la longitud de cada bucle, el espaciado entre los bucles, la posición y el tamaño del espacio.

15 Un método para calcular el índice de refracción (n) es utilizar un procedimiento de recuperación estándar. Se apreciará que también pueden utilizarse otras técnicas. Como ejemplo, el índice de refracción (n) y la impedancia relativa (Z) utilizando parámetros de dispersión (también conocidos como parámetros S).

La impedancia relativa (Z) y el índice de refracción (n) se pueden expresar como

$$Z = \pm \sqrt{\frac{(1 + S_{11})^2 - S_{21}^2}{(1 - S_{11})^2 - S_{21}^2}}$$

20 y

$$n = -j \cdot \ln \left[\frac{S_{21}}{1 - S_{11} \left(\frac{Z-1}{Z+1} \right)} \right] \frac{1}{k_0 d}$$

25 En donde k_0 es el número de onda en el espacio libre y (d) es el espesor de la célula unitaria. S_{11} y S_{21} son entradas en la matriz de dispersión que representan varios parámetros de dispersión.

Los parámetros, la permitividad efectiva ϵ_{eff} y la permeabilidad efectiva μ_{eff} para el blindaje se derivaron luego utilizando

$$\begin{aligned} \epsilon_{\text{eff}} &= n/Z \\ \mu_{\text{eff}} &= nZ \end{aligned}$$

35 Las ecuaciones anteriores permiten determinar los parámetros y diseñar modificaciones para una sola célula. Por ejemplo, la disminución del espaciado en los espacios entre los anillos divididos da como resultado un mayor blindaje electromagnético en la banda de 1800 MHz y una mejor eficiencia de la antena. Sin embargo, la modificación de una sola célula no resuelve el problema de la protección de doble banda, que requiere dos células tal como se indica a continuación.

40 La Figura 3a muestra una célula unitaria 30 de doble banda que comprende dos células individuales 16 adyacentes entre sí. Los parámetros de la célula unitaria de doble banda también se pueden seleccionar utilizando las ecuaciones anteriores. Una célula unitaria de doble banda está diseñada para resonar en dos frecuencias diferentes, p. ej., 900 MHz y 1800 MHz que son dos de las bandas utilizadas actualmente por los operadores de telefonía móvil. La célula unitaria de doble banda puede diseñarse para resonar en dos frecuencias cualquiera, no solamente aquellas que son múltiplos entre sí. Por ejemplo, otras dos bandas comúnmente utilizadas por los operadores de telefonía móvil son 850 MHz y 1900 MHz. Para frecuencias más bajas, se requiere un tamaño de unidad celular más grande para proporcionar la resonancia deseada.

50 Tal como se muestra en la Figura 3a, los bucles primero a cuarto 20, 22, 24, 26 de cada célula individual son idénticos a los de la célula que se muestra en las Figuras 2a y 2b. Un bucle común 32 forma el quinto bucle para cada célula. El bucle común 32 tiene una pista que forma un bucle alrededor de las dos células adyacentes. La pista tiene dos espacios 36, cada uno de los cuales es equivalente al espacio 29 en el quinto bucle de una sola célula. Cada uno de los espacios 36 en el bucle común 32 está alineado con, y es igual en magnitud, a los espacios en el primer y tercer bucle de las células individuales respectivas. El bucle común 32 también tiene un divisor 34 que se extiende entre el lado que tiene dos espacios y el lado opuesto del bucle común. El divisor 34 forma un solo lado del quinto bucle para ambas células y, por lo tanto, se extiende entre y está separado de un lado del cuarto bucle para ambas células. El divisor 34 corta así el bucle común 32.

60 Efectivamente, la unidad celular de doble banda es una estructura superpuesta que tiene 10 bucles en total con 8 bucles (uno a cuatro para cada célula unitaria) encerrados dentro de los dos bucles superpuestos (quinto bucle de cada célula). Un estudio experimental ha demostrado que una disposición superpuesta de este tipo es más eficaz para

desviar la radiación electromagnética que otros pares de células individuales, p. ej., un emparejamiento con dos células alineadas y adyacentes entre sí o un emparejamiento en donde una célula se ha girado con respecto a la otra, por ejemplo, de modo que los espacios en los bucles exteriores de cada célula estén uno frente al otro. Los resultados muestran que la estructura superpuesta es eficaz para desviar las ondas electromagnéticas tanto a 900 MHz como a 1800 MHz. Sin embargo, debido a la mayor longitud de onda de 900 MHz, solamente se desvía el 35 % de las ondas electromagnéticas. En consecuencia, tal como se muestra en la Figura 1a, la célula unitaria de doble banda se puede encerrar dentro de dos o más bucles para mejorar el rendimiento general del blindaje sin degradar la eficiencia de la antena. Los bucles adicionales tampoco afectan a las bandas de frecuencia del sistema en general y el blindaje todavía está dentro de las limitaciones de espacio que una antena eléctricamente pequeña (ESA) para baja frecuencia tal como 900 MHz puede cubrir fácilmente. Los bucles adicionales pueden ser resonadores de bucle abierto en contraste con los resonadores de anillo dividido de los bucles internos más pequeños.

Para reflejar la asimetría de la célula única, la célula unitaria de doble banda 30 empareja las células individuales juntas de forma asimétrica. Lo que antecede se ilustra mediante las inclusiones de dimensiones de ejemplo en la Figura 3a que muestran que cada espacio 36, en el bucle común 32, está a 8,11 mm del divisor 34 pero solamente a 7,73 mm de un lado respectivo del bucle común 32. Se apreciará que estas dimensiones son meramente ilustrativas y la asimetría se muestra de manera más general en los diagramas esquemáticos de las Figuras 3b y 3c. Como en el caso de la célula individual, el espaciado entre los tres lados del cuarto bucle 26 y los tres lados de la parte respectiva del quinto bucle común 32 tiene una anchura T1 y el espaciado entre los cuartos lados es menor con la anchura T2.

La Figura 3b ilustra un ejemplo de una disposición asimétrica en donde la menor separación de anchura T2 está en el mismo lado para ambas células individuales. La Figura 3c ilustra una disposición asimétrica alternativa en donde la menor separación de anchura T2 es adyacente a los lados cortos opuestos del bucle común 32. Dicho de otro modo, una célula se refleja en el eje y con respecto a la otra célula. El estudio experimental ha demostrado que las disposiciones de las Figuras 3b y 3c son capaces de resonar en bandas de frecuencia duales. Sin embargo, la disposición de la Figura 3b degrada el rendimiento de la antena más que el de la Figura 3c. El estudio muestra que la disposición de la Figura 3b afecta de manera negativa al parámetro S de la antena y produce un desplazamiento de frecuencia en la frecuencia central de la antena GSM. Estos efectos se evitan en la disposición de la Figura 3c.

El blindaje descrito con anterioridad se puede utilizar con varios dispositivos de usuario diferentes. La Figura 4a muestra un dispositivo móvil 32 que incorpora un blindaje 34 tal como se describió con anterioridad. El dispositivo móvil 32 se coloca junto a la cabeza de un usuario 30. La Figura 4b muestra el dispositivo móvil 32 con un blindaje en la mano de un usuario.

El rendimiento del dispositivo blindado se ha comparado utilizando simulaciones y mediciones con el rendimiento de un dispositivo sin blindaje. En las simulaciones, se utilizó una antena plana multibanda que tiene un monopolo de dos tiras y una línea de tira serpenteante. La antena cubría un área de 15 mm por 42 mm en un extremo del dispositivo. Se utilizó un modelo esférico simple y homogéneo para la cabeza del usuario basado en la enseñanza proporcionada en O Fujiwara et al., "Propiedades eléctricas de la piel y el cálculo de SAR en un modelo humano realista para la exposición a microondas", Ingeniería Eléctrica en Japón, vol. 120, págs. 66-73, 1997 y Meier et al., "La dependencia de la absorción de energía electromagnética sobre el modelado de la cabeza humana a 1800 MHz", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-45, págs. 2058-2062, 1997.

La cabeza está modelada con 2 capas. Una capa exterior es una cubierta y una capa interior es un líquido. Las propiedades para cada capa se establecen a continuación. La mano se modela utilizando una sola capa líquida.

Material	Permitividad relativa (ε)	Conductividad (S/m)
Cubierta	5	0.05
Líquido	42	0.99

Las pruebas de cumplimiento para equipos de telecomunicaciones móviles se definen en términos de valores promedio de SAR sobre una masa tisular de 1 g (ANSI-IEEE C95.1-1992, FCC) o 10 g (ICNIRP (abril de 1998), GENELEC 50166-2). A continuación, se muestran los resultados de la simulación para un dispositivo utilizado por la cabeza de un usuario para diferentes sustratos dentro del blindaje.

Sustrato	Max SAR sin blindaje				Max SAR con blindaje			
	1 g (W/kg)		10 g (W/kg)		1 g (W/kg)		10 g (W/kg)	
	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz
RT5870	9,298	2,939	6,286	1,806	3,697	0,7118	2,579	0,4605
R04350B	9,298	2,939	6,286	1,806	3,895	2,123	2,712	1,425
RT5880	9,298	2,939	6,286	1,806	3,4	1,3	2,33	0,731
CuClad217	9,298	2,939	6,286	1,806	3,4	1,3	2,39	0,741

5 A partir de la tabla anterior, para el protector que utiliza un sustrato RT5870 en 1 g de tejido, los valores de SAR se reducen en un 60 % a 900 MHz y para el mismo volumen a 1800 MHz es clara una reducción del 75 %. Se observa el mismo porcentaje de reducción en los valores de SAR para 10 g de tejido tanto para 900 MHz como para 1800 MHz, es decir, 58 % y 74 %. Para los otros sustratos, todos los parámetros se mantuvieron igual que para el dispositivo que
 10 tiene un sustrato RT5870. Con el sustrato R04350B, a 900 MHz existe una reducción del 58 % en los valores de SAR para 1 g de tejido. A 1800 MHz para 1 g y 10 g existe una disminución del 27,7 % y 21 % en los valores SAR, respectivamente. Además, a 900 MHz para 10 g de tejido existe una disminución del 57 % en el valor de SAR. Para el sustrato flexible realizado a partir de RT5880, existe una disminución del 63,4 % en SAR a 900 MHz para 1 g y del 55,6 % para el mismo volumen a 1800 MHz. Para 10 g de tejido, se observa la misma cantidad de reducción en ambas frecuencias, que es del 64 % y del 59,5 % para 900 MHz y 1800 MHz, respectivamente. Utilizando el sustrato Cu-clad217, los resultados son nuevamente impresionantes y muestran una disminución del 63,4 % en el valor SAR a
 15 900 MHz para 1 g y, de manera similar, para 1800 MHz existe una disminución del 55,7 %. Mirando los resultados de 10 g, se puede observar una reducción del 62 % a 900 MHz y del 59 % a 1800 MHz. Por lo tanto, un blindaje que tenga cualquiera de los sustratos seleccionados funciona bien en ambas frecuencias en un dispositivo de usuario cerca de la cabeza del usuario.

20 Los resultados de la simulación para un dispositivo que se sostiene en la mano de un usuario tal como se muestra en la Figura 4b se indican a continuación:

Sustrato	SAR máx. sin EBG				SAR máx. con EBG			
	1g (W/kg)		10g (W/kg)		1g (W/kg)		10g (W/kg)	
	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz
RT5870	3.442	0.529	2.853	0.4105	1.684	0.2129	1.289	0.2125
R04350B	3.442	0.529	2.853	0.4105	2.188	1.028	1.672	0.6949

25 Para el primer sustrato, se han reducido los valores de SAR en ambas frecuencias para 1 g y 10 g. Para 1 g a 900 MHz existe una reducción del 51% y del 59,7% a 1800 MHz. Para 10 g, se observa una reducción del 54 % en SAR a 900 MHz y una reducción del 48 % a 1800 MHz. Esta configuración muestra que el diseño reduce los valores de SAR a la mitad y, por lo tanto, el blindaje funciona para ambas bandas.

30 Para el sustrato flexible, R04350B, a 900 MHz para 1 g, el valor SAR se reduce en un 36,3 %. A 900 MHz para 10 g, la reducción es del 41.3 %, lo que demuestra que el blindaje funciona a 900 MHz. Sin embargo, los resultados de 1800 MHz no son los esperados. Existe un aumento en los valores de SAR tanto con 1 g como con 10 g, que es del 94 % en 1 g y del 70 % en 10 g, pero siguen estando por debajo del estándar europeo de 2 W/kg. Por ello, para esta configuración, podemos concluir que el blindaje diseñado funciona solamente en la banda de 900 MHz.

35 Las Figuras 5a a 5h son resultados de simulación para un dispositivo de usuario con y sin el protector que se muestra en la Figura 1a. Las Figuras 5a y 5b muestran los resultados de SAR a 900 MHz sobre 1 g de masa tisular con y sin protección. Las Figuras 5c y 5d muestran los resultados de SAR a 900 MHz sobre 10 g de masa tisular con y sin protección. Las Figuras 5e y 5f muestran los resultados de SAR a 1800 MHz sobre 1 g de masa tisular sin y con protección. Las Figuras 5g y 5h muestran los resultados de SAR a 1800 MHz sobre 10 g de masa tisular sin y con
 40 protección. En cada caso, existe una reducción en la tasa de absorción específica (SAR) para el dispositivo blindado.

La Figura 6 muestra la pérdida de retorno medida en dB frente a la frecuencia para la antena en un dispositivo con y sin blindaje. La Figura 6 muestra que la eficiencia de radiación de la antena se puede mantener de manera satisfactoria.

45

El blindaje se puede utilizar con una diversidad de dispositivos. Por ejemplo, la Figura 7 es una vista esquemática de un protector 72 tal como se describió con anterioridad incorporado en un ordenador portátil. Una capa base 70 del ordenador portátil que incorpora la antena está adyacente al blindaje 72 con la capa protectora adyacente a la capa base 70. Una capa protectora opcional 74, p. ej., plásticos, está en la superficie opuesta del blindaje 72 a la capa base 70. El ordenador portátil descansa sobre la pierna 76 de un usuario que se modelan como dos capas de tejido (líquido) de 3 mm alrededor de una capa ósea de 15 mm.

SAR máx. sin EBG				SAR máx. con EBG			
1 g (W/kg)		10 g (W/kg)		1 g (W/kg)		10 g (W/kg)	
900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz
1,342	5,528	1,857	4,452	0,993	6,038	0,8081	3,566

También se obtiene un resultado similar para los valores de SAR en esta configuración. Anteriormente se puede observar una reducción del 26 % en SAR a 900 MHz para 1 g de tejido. Para 10 g de tejido a 900 MHz, es clara una reducción del 56,4 % en el valor de SAR. Sin embargo, a 1800 MHz los resultados varían un poco. Para 1 g de tejido a 1800 MHz, los valores de SAR aumentaron en un 9 %, mientras que, para 10 g de tejido a 1800 MHz, el EBG nuevamente reduce los valores de SAR en un 19,9 %. Una posible razón de este extraño comportamiento a 1800 MHz para 1 g podría deberse a la aproximación de volumen constante utilizada para calcular el valor SAR.

Los resultados obtenidos de las simulaciones anteriores se compararon con los resultados obtenidos por medición. Por ejemplo, las Figuras 6a y 6b muestran los resultados medidos de SAR para un dispositivo de usuario sin protector (lado izquierdo) y con protector (derecho). Cuando está en uso, el blindaje se coloca a 2,4 mm de la antena y tiene 12 células, tal como se muestra en la Figura 1a. Tanto la simulación como los resultados medidos muestran que el diseño de blindaje que se muestra en la Figura 1a es capaz de reducir el valor SAR en un grado muy alto para las bandas de 900 MHz y 1800 MHz. Las reducciones oscilan entre el 60 % y el 98 % según las configuraciones de simulación y los materiales del sustrato. Además, también es evidente, a partir de los resultados, que el tamaño de la estructura total se puede modificar según sea necesario para la aplicación sin comprometer el rendimiento.

La Figura 8a muestra una unidad celular alternativa 80 que también es una estructura superpuesta basada en tres células unitarias 82 dispuestas una al lado de la otra. La unidad celular 80 tiene 15 bucles en total con 12 bucles (de uno a cuatro para cada célula unitaria) encerrados dentro de un bucle común 84 formado efectivamente por tres bucles superpuestos (quinto bucle de cada célula) y dos bucles exteriores adicionales 86. El primero en los cuartos bucles de cada célula individual son idénticos a los de la célula que se muestra en las Figuras 2a y 2b. El bucle común 84 tiene una pista que forma un bucle alrededor de todas las células adyacentes. La pista tiene tres espacios 88, cada uno de los cuales es equivalente al espacio 29 en el quinto bucle de una sola célula. Cada uno de los espacios 88, en el bucle común 84, está alineado con los espacios del primer y tercer bucle de las células individuales respectivas y tiene el mismo tamaño que los espacios. El bucle común 84 también tiene dos divisores 90, cada uno de los cuales forma un lado del quinto bucle para dos células adyacentes. La célula unitaria alternativa está encerrada dentro de otros dos bucles exteriores 86 con el objetivo de mejorar el rendimiento general del blindaje sin degradar la eficiencia de la antena.

Al igual que la unidad celular de doble banda de la Figura 3a, la unidad celular alternativa 80 también es una unidad celular de doble banda que está diseñada para resonar a diferentes frecuencias. Además, de manera similar a la que se muestra en la Figura 3a, para reflejar la asimetría de la célula individual, la célula unitaria alternativa 80 agrupa las células individuales juntas de forma asimétrica. Es decir, las tres células unitarias forman tres pares de células que están dispuestas asimétricamente dentro de cada par individual, tal como se ha descrito con anterioridad, y en relación con cada uno de los otros dos pares.

La Figura 8b muestra un diseño alternativo para una célula unitaria. Esta célula unitaria comprende dos resonadores de anillo dividido, por lo general circulares concéntricos 92, 94. Se apreciará que puede utilizarse un número diferente de resonadores de anillo dividido. Como anteriormente, un espacio 96 en el bucle exterior 92 está en la posición opuesta a la posición del primer bucle 94 que tiene un espacio 98. Asimismo, como anteriormente, la asimetría se puede incorporar en el diseño, p. ej., ajustando la forma para que sea más ovalada que circular o variando la alineación de los espacios 96, 98.

En el presente documento se han descrito diversas combinaciones de características opcionales, y se apreciará que las características descritas pueden combinarse en cualquier combinación adecuada. En particular, las características de cualquier forma de realización a modo de ejemplo pueden combinarse con características de cualquier otra forma de realización, según corresponda, excepto cuando dichas combinaciones se excluyan mutuamente. A lo largo de esta especificación, el término "que comprende" o "comprende" significa incluir el (los) componente(s) especificado(s) pero sin excluir la presencia de otros.

Todas las características se dan a conocer en esta especificación (incluyendo las reivindicaciones, el resumen y los dibujos adjuntos), y/o todas las etapas de cualquier método o proceso así dado a conocer, pueden combinarse en

cualquier combinación, excepto combinaciones en las que al menos algunas de dichas características y/o etapas son mutuamente excluyentes.

5 Aunque se han mostrado y descrito algunas formas de realización preferidas de la presente invención, los expertos en esta técnica apreciarán que se pueden realizar diversos cambios y modificaciones sin desviarse por ello del alcance de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de blindaje (14, 44) para atenuar de manera pasiva la radiación electromagnética, cuyo dispositivo comprende:
- 5 una pluralidad de células (16, 82) comprendiendo cada célula una pluralidad de resonadores que están separados entre sí;
- 10 en donde la pluralidad de células (16, 82) están dispuestas en una pluralidad de células unitarias (30, 80) comprendiendo cada célula unitaria (30) un bucle común (32, 84) que rodea al menos dos células adyacentes (16, 82) de la pluralidad de células (16, 82);
- 15 teniendo la pluralidad de células unitarias (30, 80) cada una, una estructura asimétrica de manera que el dispositivo de blindaje tenga un índice de refracción negativo para al menos una frecuencia seleccionada, de modo que la radiación electromagnética se atenúa en al menos una frecuencia seleccionada;
- caracterizado por:
- 20 la pluralidad de células unitarias (30, 80) comprende cada una atenúa primera célula que tiene un primer par de resonadores adyacentes (20, 22, 24, 26, 28, 32, 84) y una segunda célula que tiene un segundo par de resonadores adyacentes (20, 22, 24, 26, 28, 32, 84) en donde la separación entre el primer par de resonadores adyacentes es diferente de la separación entre el segundo par de resonadores adyacentes, de modo que cada una de entre la pluralidad de células unitarias tiene una estructura asimétrica; y
- 25 en donde cada célula unitaria (30, 80) comprende al menos dos resonadores adicionales (18) que rodean el bucle común (32, 84) y los resonadores adicionales son resonadores de anillo dividido que comprenden un bucle con dos extremos abiertos que forman un espacio, en donde el espacio, en un primer resonador adicional, se coloca en un extremo opuesto de la célula unitaria (30, 80) al espacio en un segundo resonador adicional.
- 30 2. El dispositivo de blindaje según la reivindicación 1, en donde el bucle común (32, 84) actúa como un resonador para cada célula (16, 82) dentro de la célula unitaria (30, 80).
3. El dispositivo de blindaje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cada uno de entre la pluralidad de resonadores en al menos una de entre la pluralidad de células unitarias (30, 80) tiene una anchura que es diferente de su longitud por lo que al menos una de entre la pluralidad de células unitarias (30, 80) tiene una estructura asimétrica.
- 35 4. El dispositivo de blindaje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cada uno de entre la pluralidad de resonadores en al menos una de entre la pluralidad de células es un resonador de anillo dividido formado a partir de un bucle de material conductor con un espacio (21, 23, 25, 27, 29) en el bucle (20, 22, 24, 26, 28).
- 40 5. El dispositivo de blindaje según la reivindicación 4, en donde el espacio en un primer resonador dentro de una célula está en una posición opuesta a una posición del espacio en un segundo resonador dentro de la célula.
- 45 6. El dispositivo de blindaje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cada uno de entre la pluralidad de resonadores en al menos una de entre la pluralidad de células son concéntricos entre sí.
7. El dispositivo de blindaje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos una de entre la pluralidad de células unitarias tiene un espacio entre el bucle común (32, 84) y un resonador adyacente de cada célula dentro de la célula unitaria en donde el espacio no es uniforme por lo que al menos una de entre la pluralidad de células unitarias tiene una estructura asimétrica.
- 50 8. El dispositivo de blindaje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cada célula unitaria (30, 80) tiene un índice de refracción negativo para dos frecuencias seleccionadas por lo que la radiación electromagnética en las dos frecuencias seleccionadas se atenúa de manera pasiva.
- 55 9. El dispositivo de blindaje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la pluralidad de células está en una capa de blindaje montada sobre un sustrato (12).
- 60 10. El dispositivo de blindaje según la reivindicación 9, en donde el sustrato (12) está formado a partir de un material dieléctrico.
11. El dispositivo de blindaje según la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en donde el sustrato (12) está formado a partir de un material flexible.
- 65

12. El dispositivo de blindaje según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde la pluralidad de células (16, 82) está impresa en el sustrato (12).
- 5 13. Un dispositivo de usuario que incorpora el dispositivo de blindaje (14, 44) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el dispositivo de usuario:
- un emisor que emite radiación electromagnética;
- 10 en donde el dispositivo de blindaje (14, 44) está situado adyacente al emisor de manera que, en uso, el dispositivo de blindaje (14, 44) se encuentra entre el usuario y el emisor.
14. El dispositivo de usuario según la reivindicación 13, en donde el número de células, en la pluralidad de células, es tal que un área superficial del dispositivo de blindaje coincide con un área superficial del dispositivo de usuario.
- 15 15. Una prenda de vestir que incorpora el dispositivo de blindaje según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

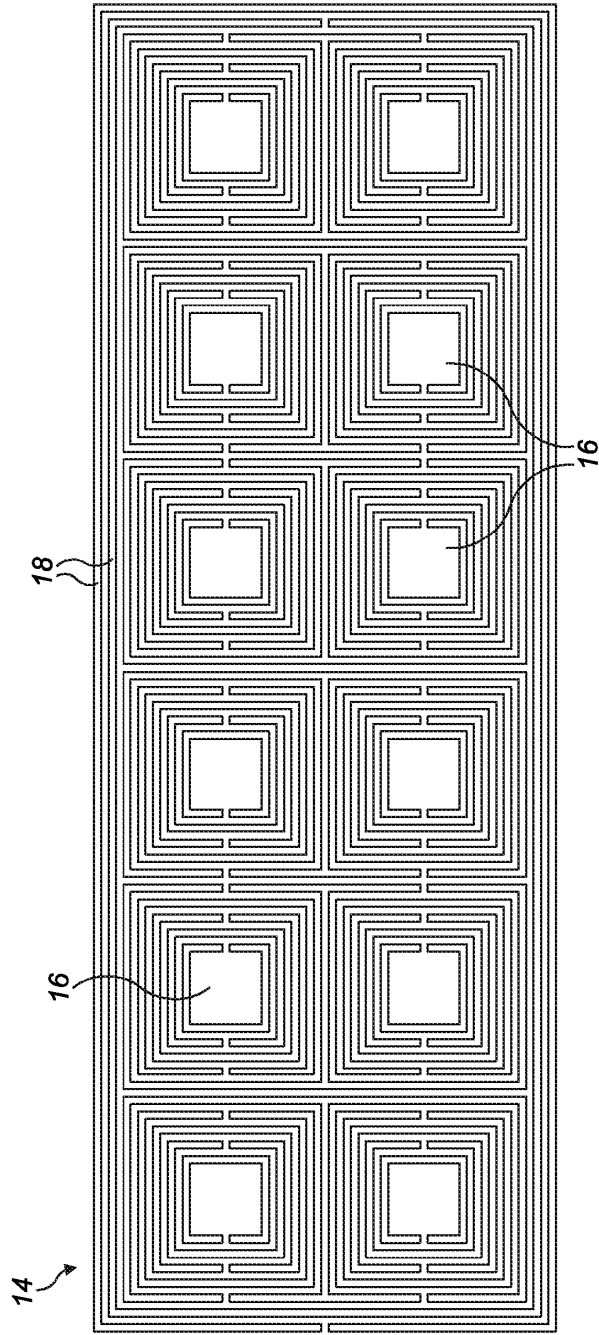


FIG. 1a

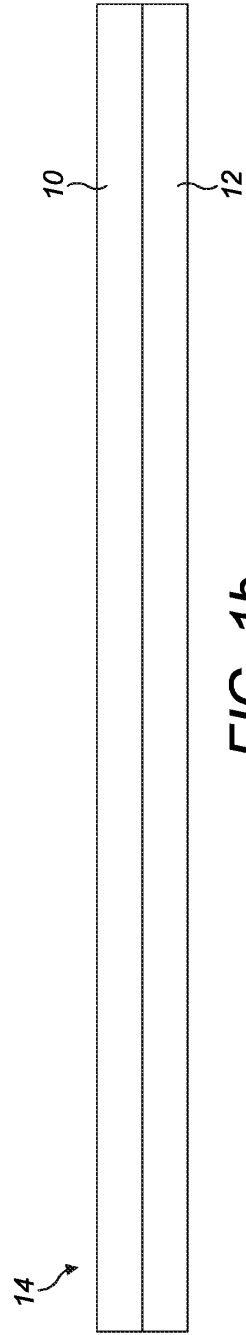


FIG. 1b

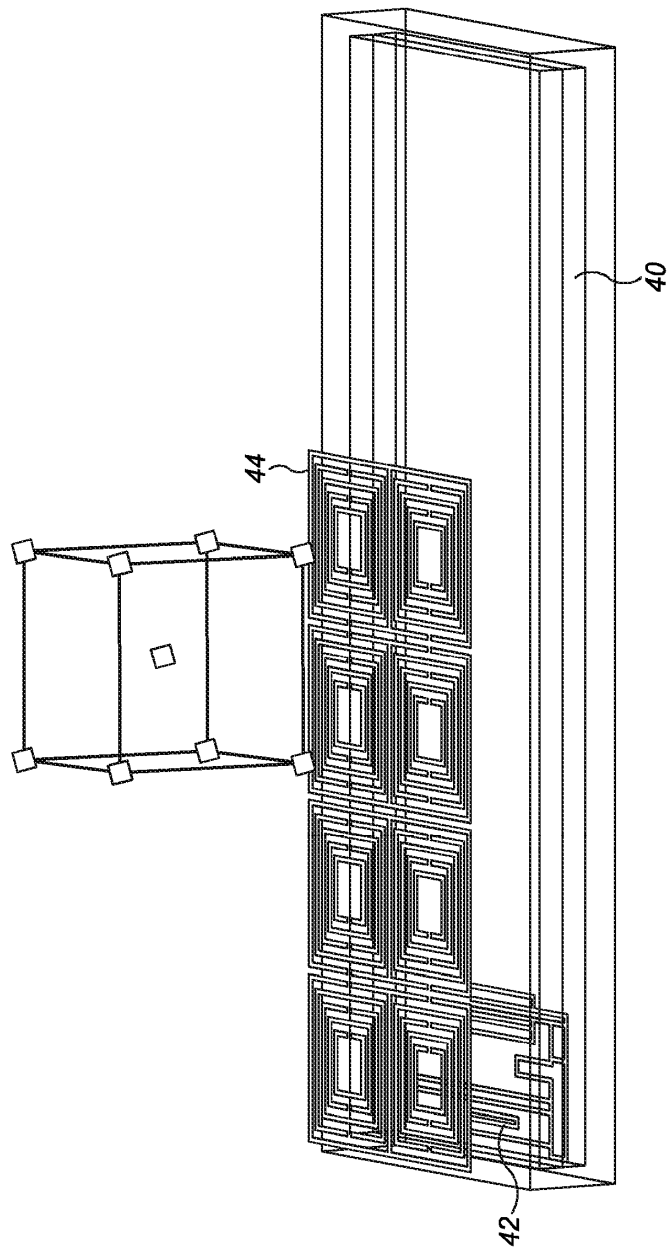


FIG. 1c

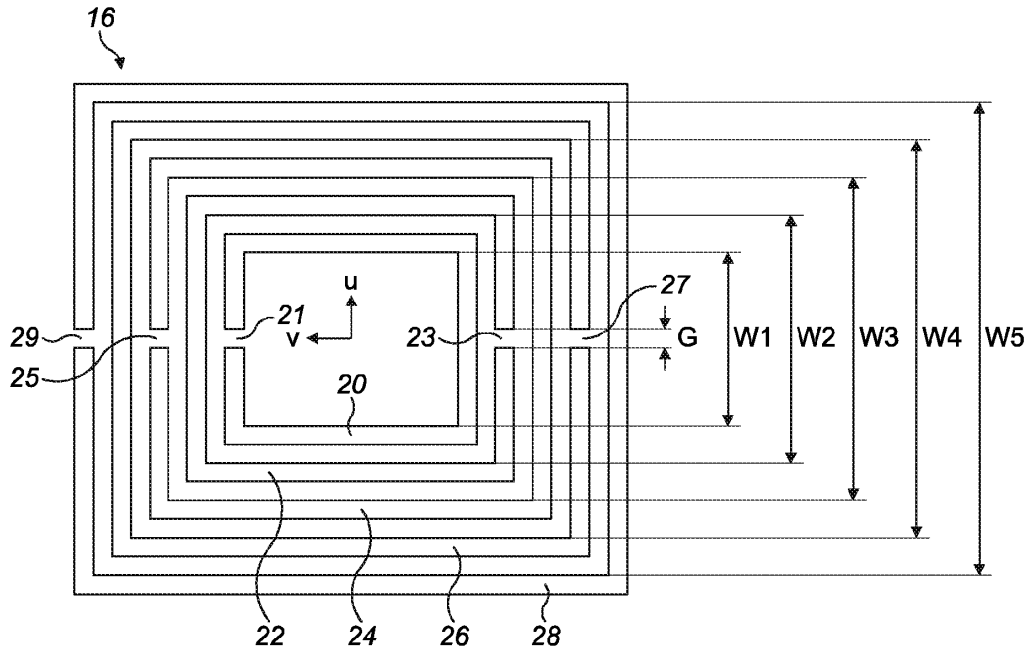


FIG. 2a

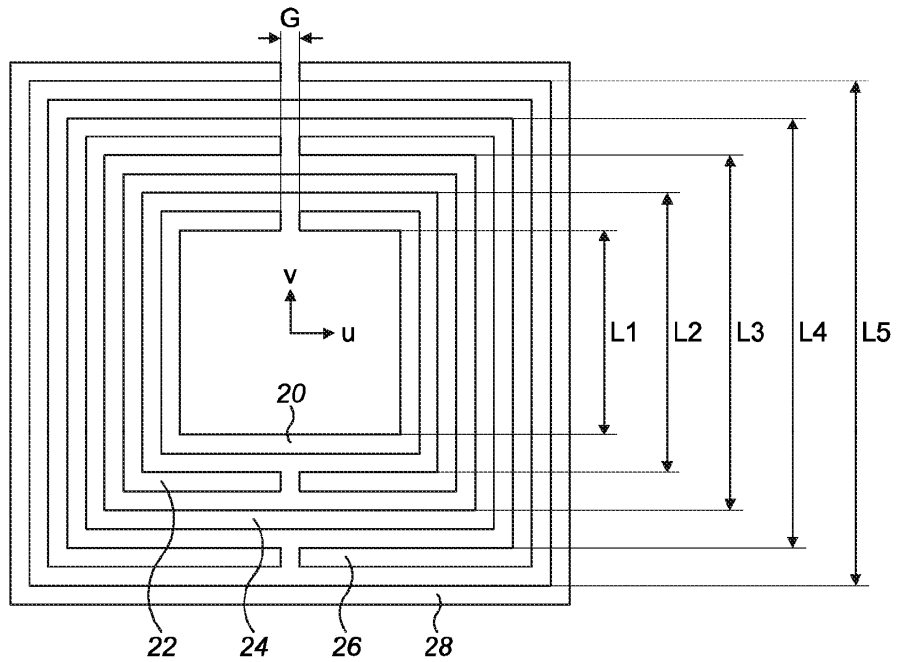


FIG. 2b

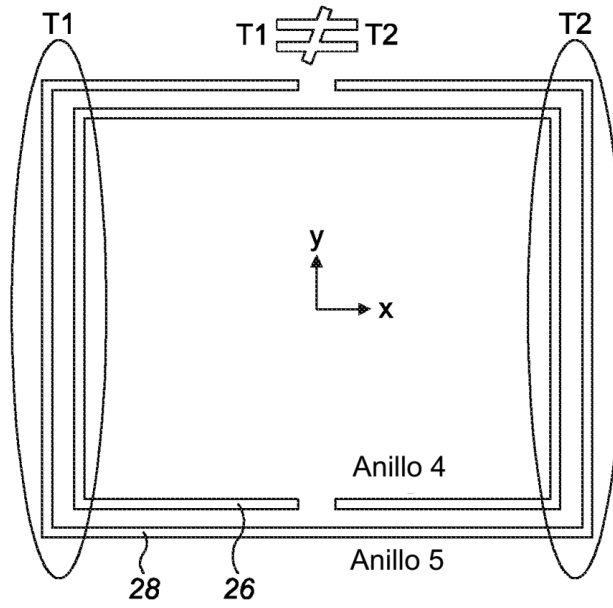


FIG. 2c

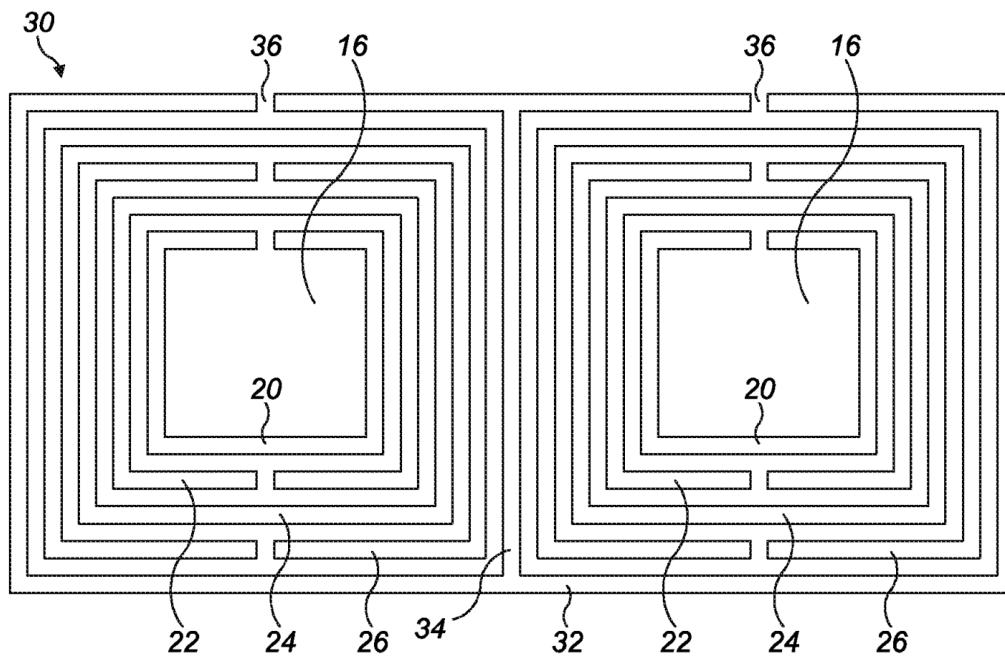


FIG. 3a

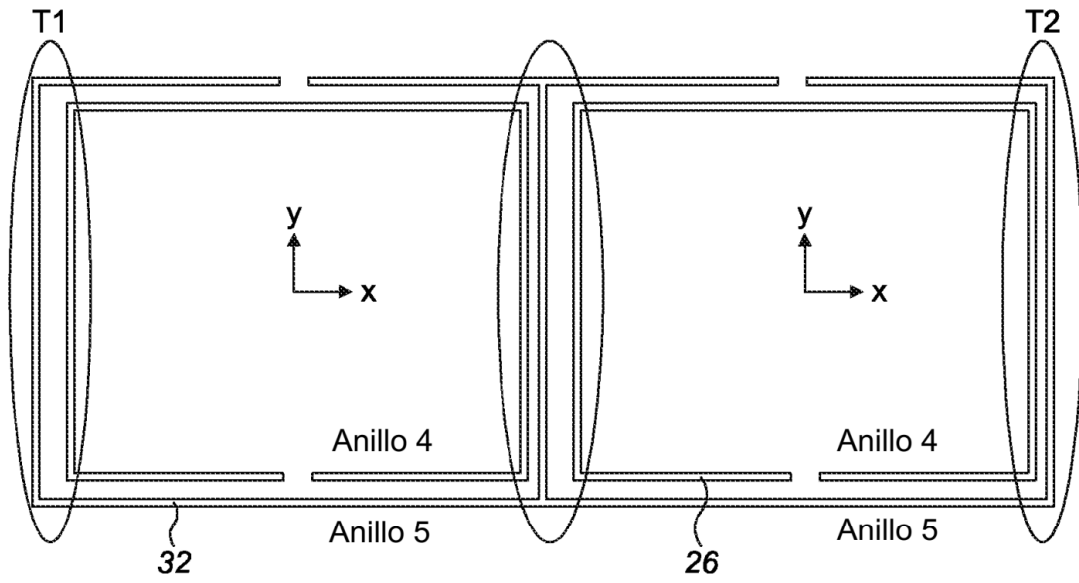


FIG. 3b

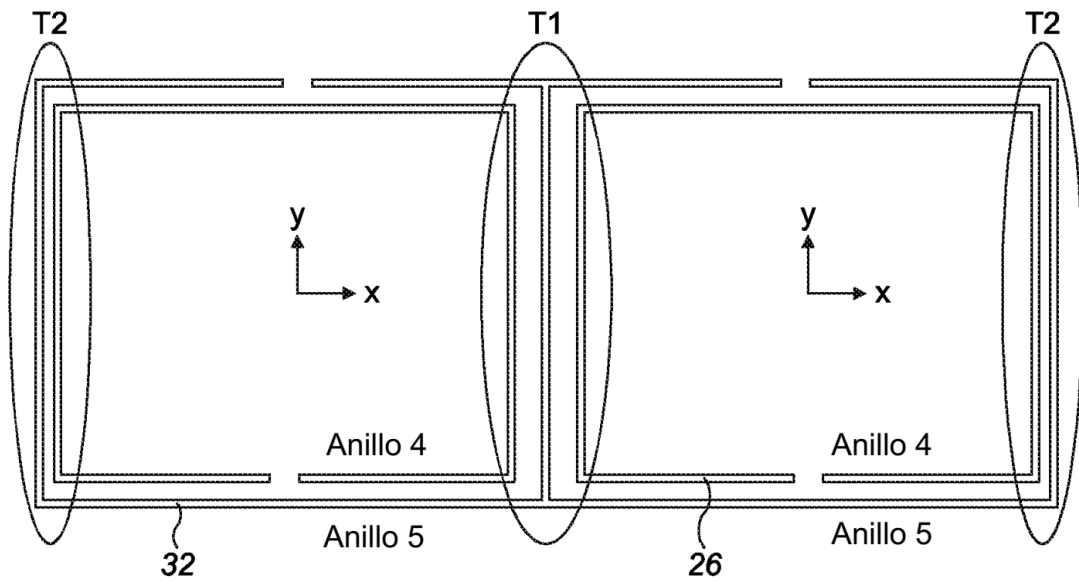


FIG. 3c

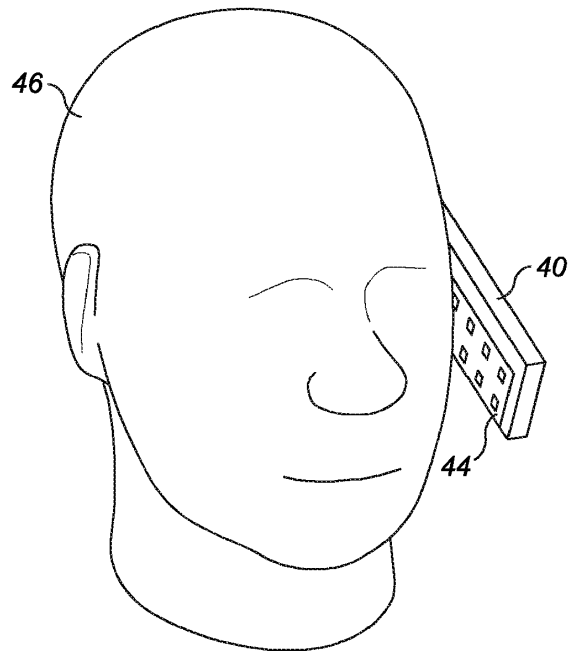


FIG. 4a

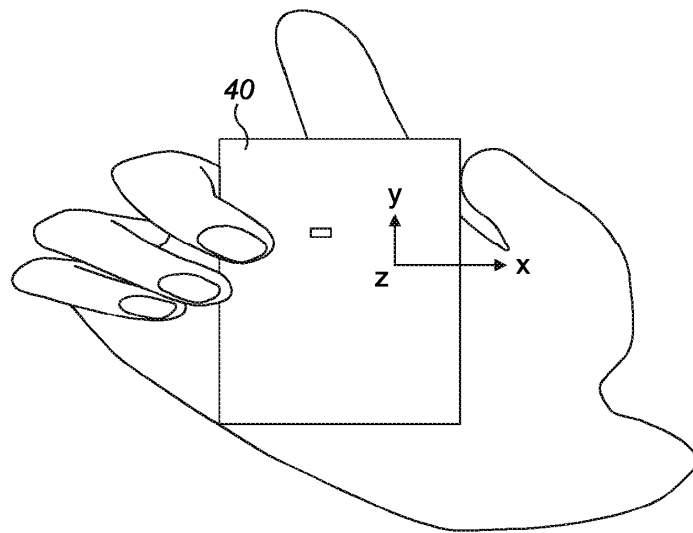


FIG. 4b

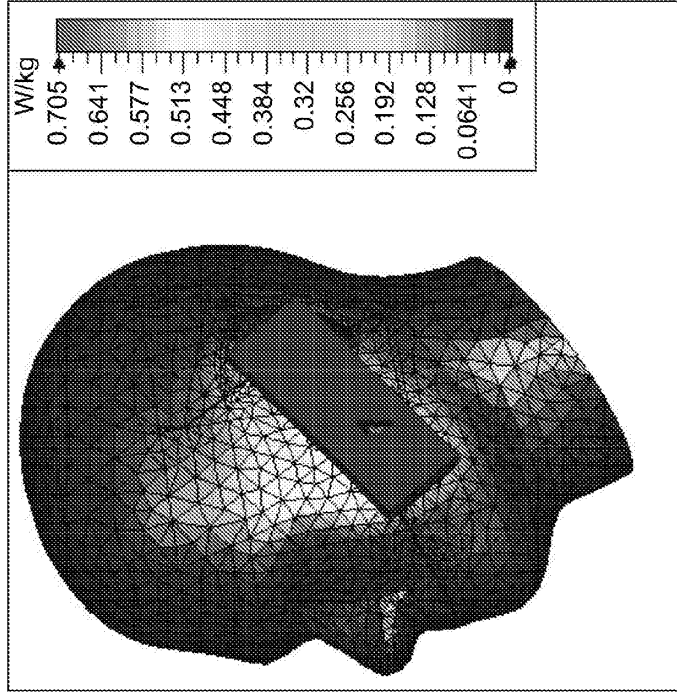


FIG. 5b

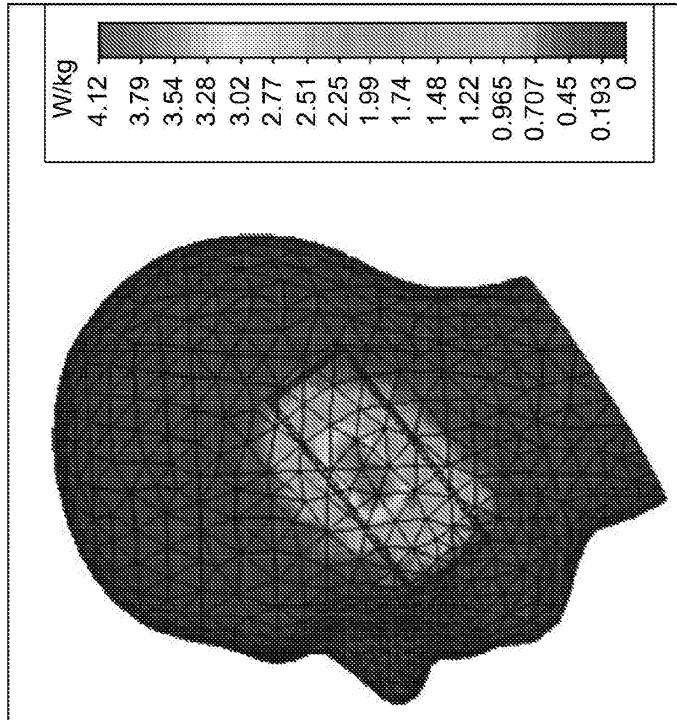


FIG. 5a

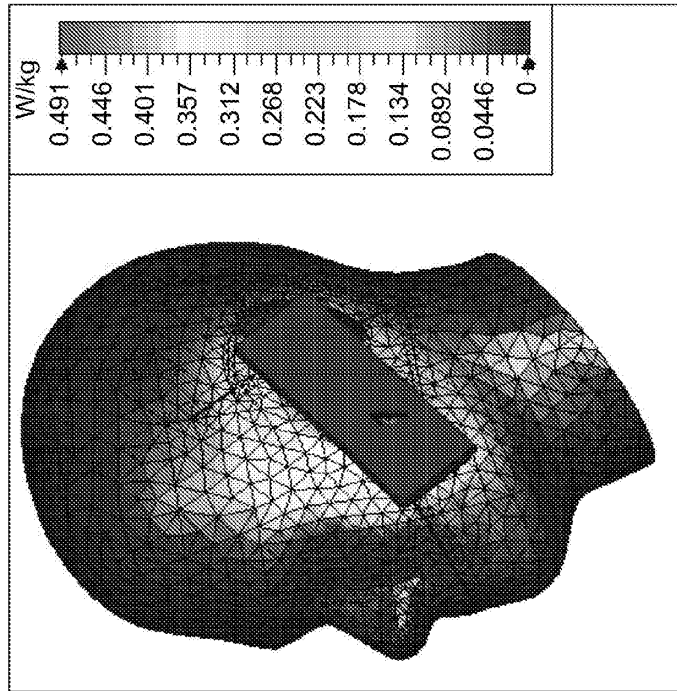


FIG. 5d

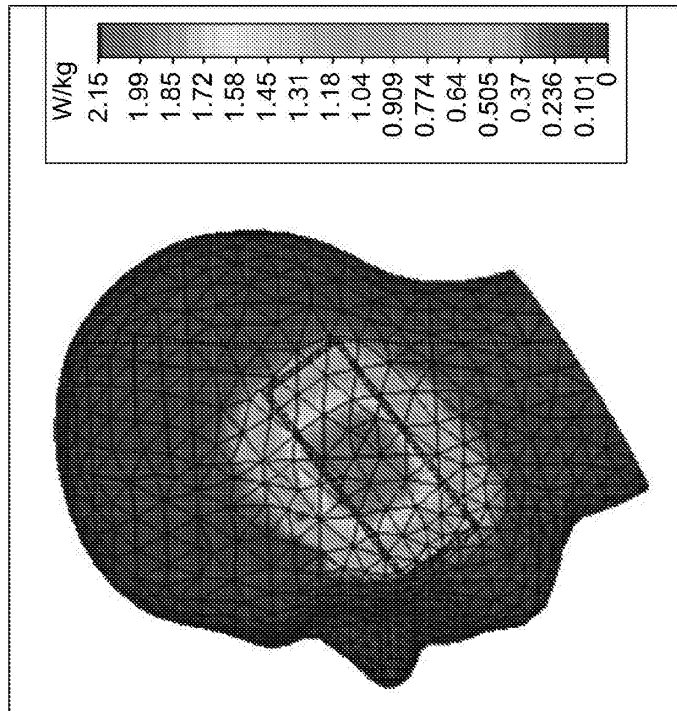


FIG. 5c

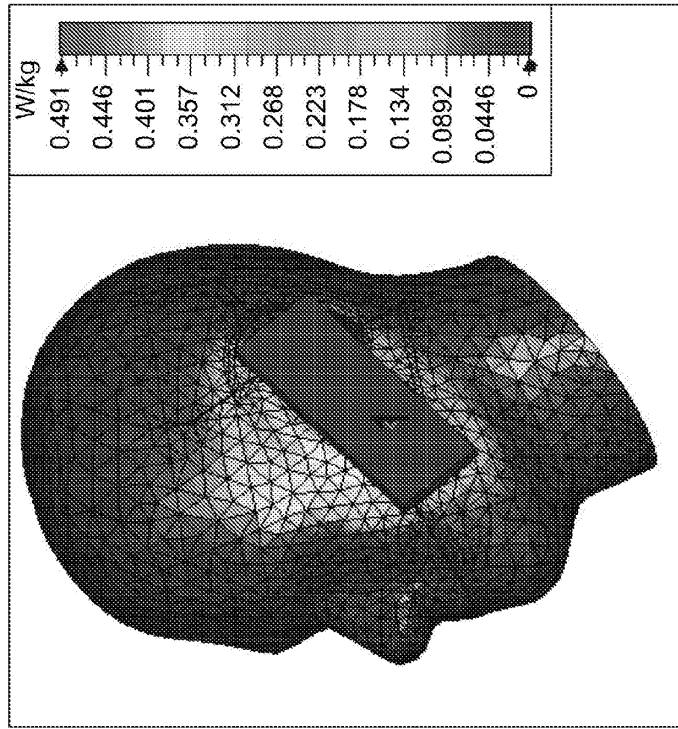


FIG. 5f

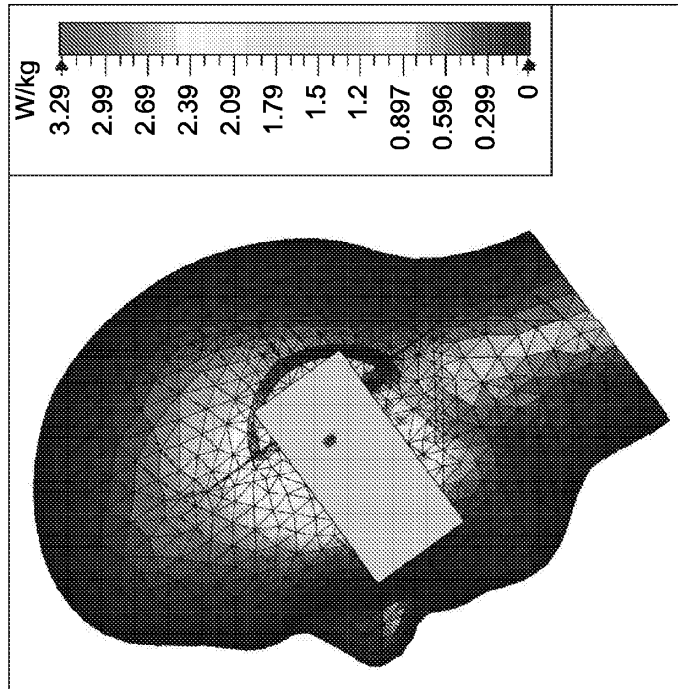


FIG. 5e

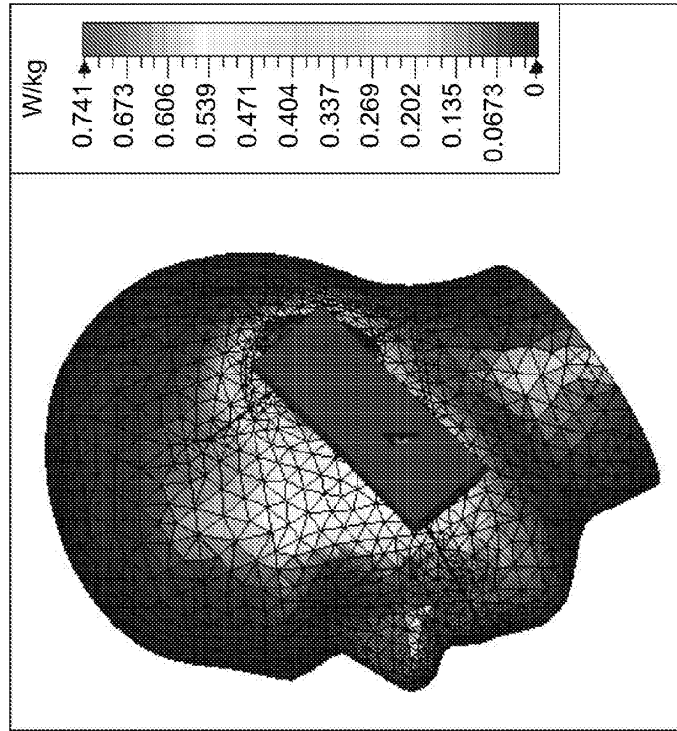


FIG. 5h

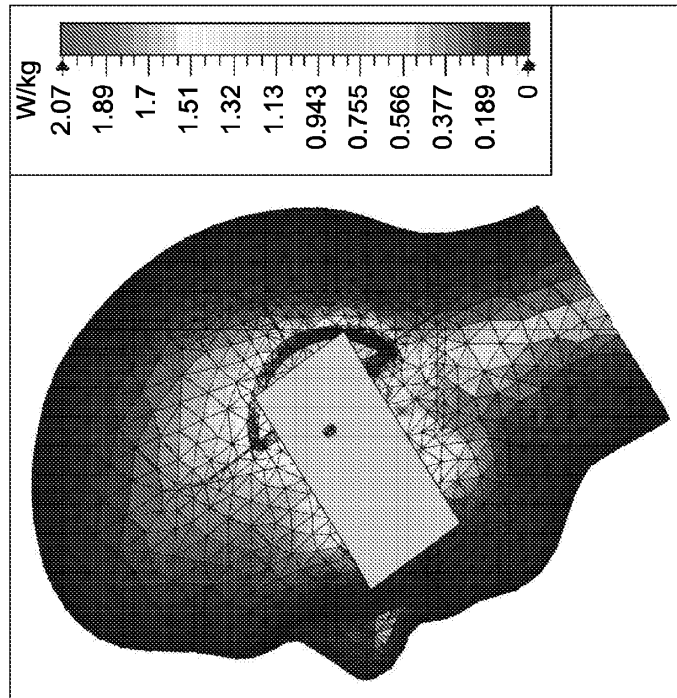


FIG. 5g

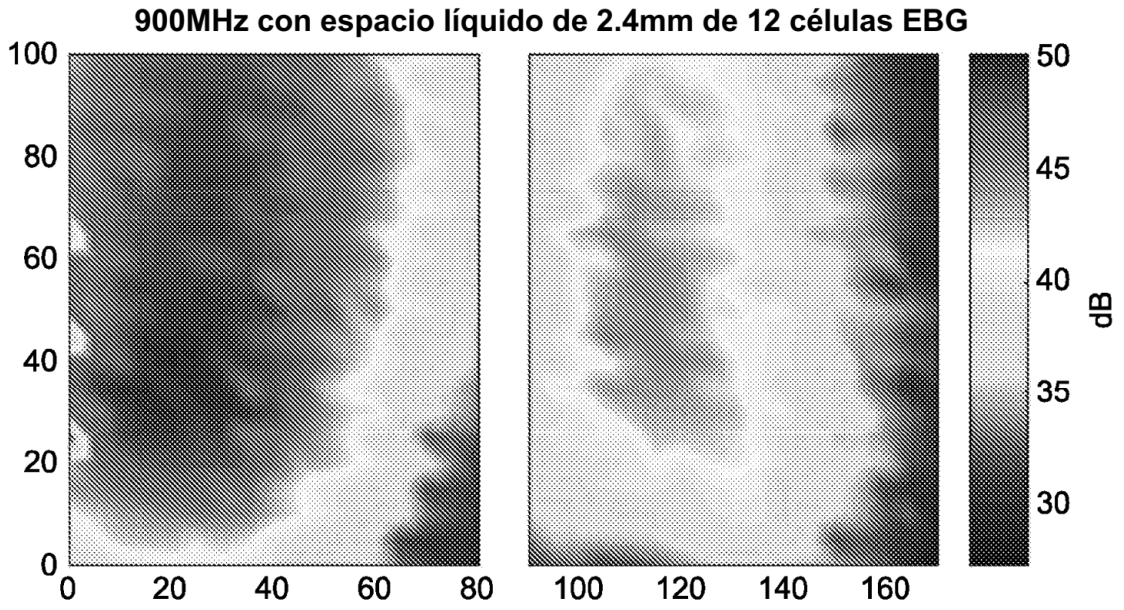


FIG. 6a

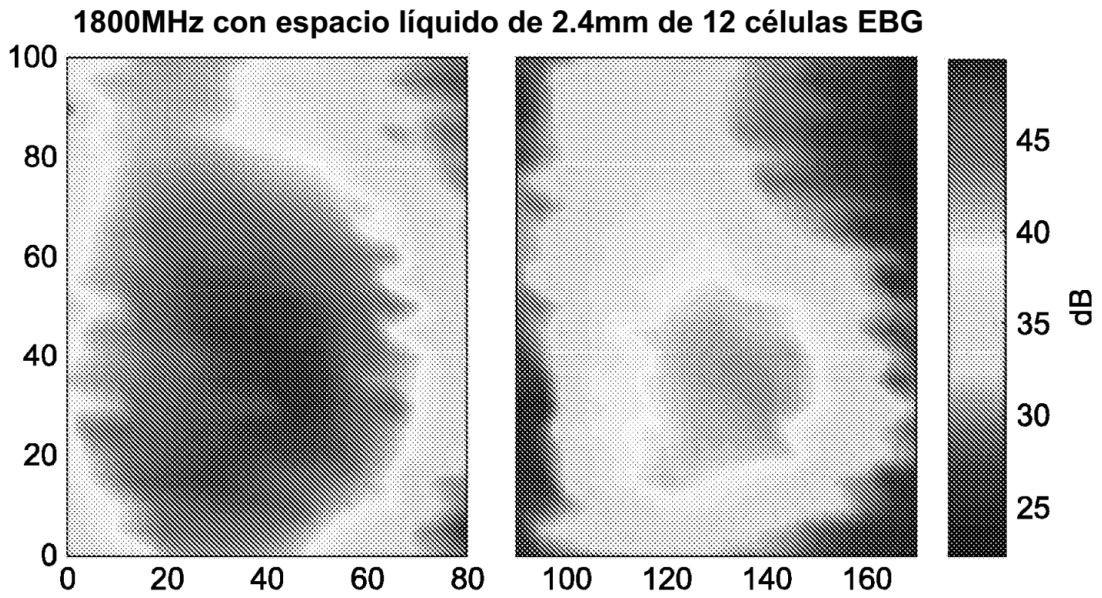


FIG. 6b

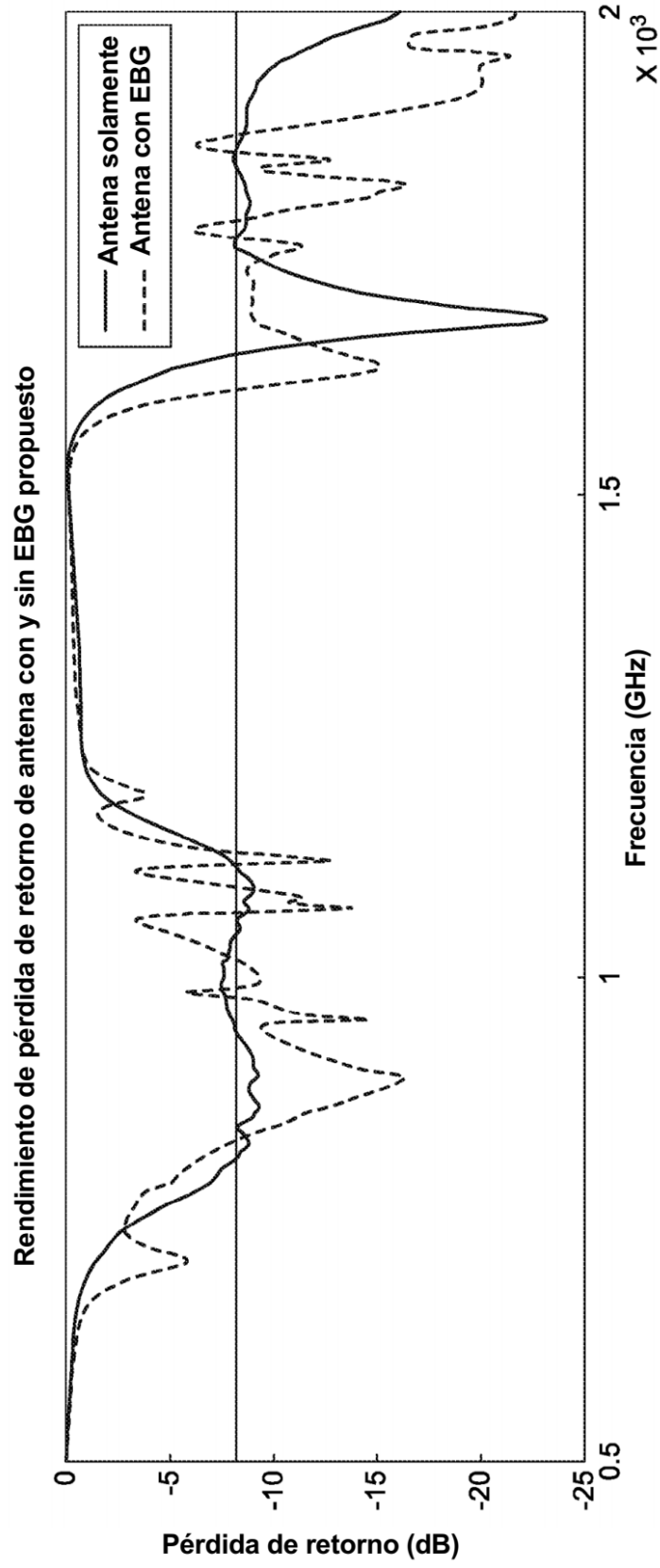


FIG. 6C

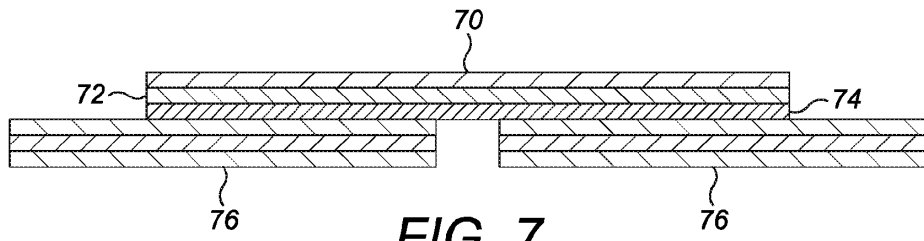


FIG. 7

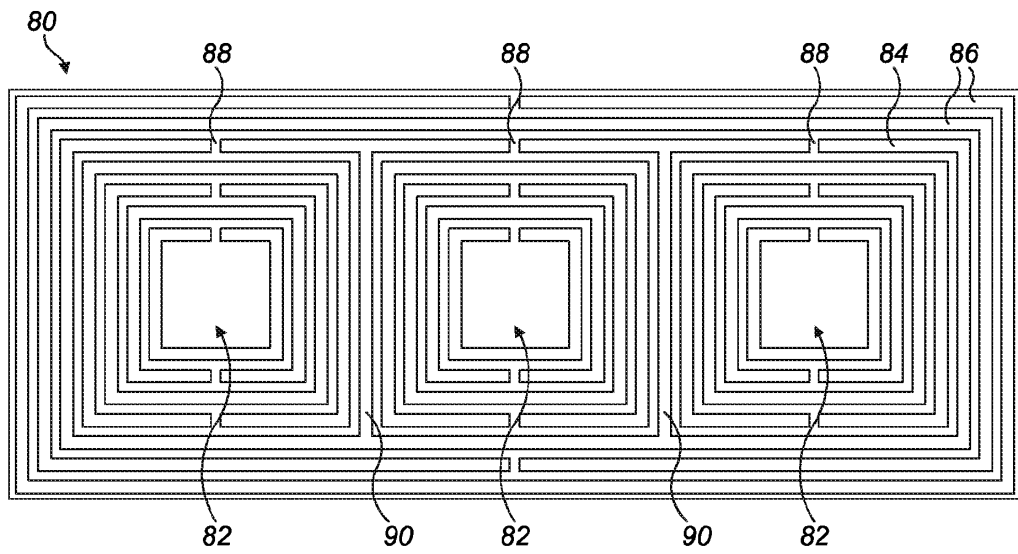


FIG. 8a

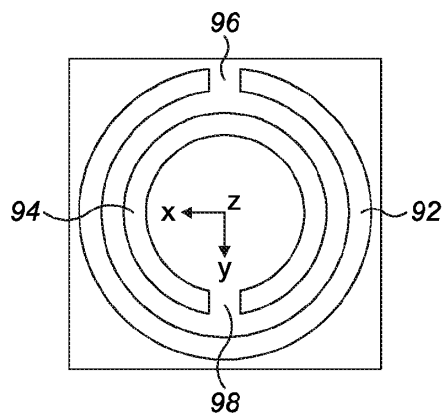


FIG. 8b