

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 384**

51 Int. Cl.:

H01P 5/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.06.2019** **PCT/AU2019/050634**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.12.2019** **WO19241843**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2019** **E 19822198 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2024** **EP 3811461**

54 Título: **Un agente de acoplamiento electromagnético**

30 Prioridad:

21.06.2018 AU 2018902223

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

05.11.2024

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS AUSTRALIA LIMITED (100.0%)
Taranaki Road Edinburgh Parks
Edinburgh, S.A. 5111, AU

72 Inventor/es:

ROSS, MICHEL A.

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 985 384 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

Un agente de acoplamiento electromagnético

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un agente de acoplamiento y, en particular, a un agente de acoplamiento electromagnético.

10 La invención se ha desarrollado principalmente para el muestreo de señales de radiofrecuencia (RF, por sus siglas en inglés) utilizando un agente de acoplamiento no uniforme de banda ancha y se describirá en la presente memoria con referencia a esa aplicación. Sin embargo, la invención no se limita a ese campo de uso particular y también es adecuada para muchos otros usos.

15 Antecedentes de la invención

Los agente de acoplamiento electromagnéticos direccionales son dispositivos electromagnéticos pasivos que se utilizan comúnmente para el muestreo de señales o la combinación de señales en circuitos de radiofrecuencia. Los agente de acoplamiento conocidos incluyen normalmente un par de líneas de transmisión o conductores sin blindaje colocados lo suficientemente cerca entre sí como para que una porción de la energía electromagnética que pasa a través de una de las líneas se acople a la otra. La potencia acoplada varía en función de las dimensiones físicas del agente de acoplamiento y el ancho de banda de un agente de acoplamiento uniforme de un cuarto de onda de una sola sección es de aproximadamente una octava. El ancho de banda y la planitud se pueden aumentar expandiendo el agente de acoplamiento de una sola sección a múltiples secciones. Sin embargo, a frecuencias más altas, las discontinuidades entre las secciones degradan el rendimiento del agente de acoplamiento. El uso de líneas no uniformes con un cambio suave en las dimensiones elimina este problema.

Las estructuras simétricas de líneas acopladas admiten dos modos de propagación, par e impar. La interacción entre estos dos modos induce el acoplamiento entre las dos líneas de transmisión. Las velocidades de propagación de los modos par e impar son iguales cuando las líneas están incrustadas en un medio dieléctrico homogéneo. Debido a que el medio dieléctrico de las líneas acopladas a microtiras no es homogéneo, las velocidades de los modos par e impar son desiguales, lo que resulta en una mala directividad. El modo impar se define cuando las dos líneas se desfasan desde fuentes iguales de impedancias y voltajes iguales. La velocidad en modo impar para un agente de acoplamiento de microtiras tiende a ser mayor que la velocidad en modo par. Para mejorar la directividad, se debe reducir la velocidad del modo impar. Esto puede lograrse mediante una superposición dieléctrica, una compensación de condensadores agrupados o perfilando los bordes interiores de las líneas de transmisión para crear bordes interiores "ondulados". El perfilado suele adoptar la forma de formaciones rectangulares, triangulares o de dientes de sierra, normalmente dispuestas en una estructura interdigitada. El diseño de estas formaciones, y las matemáticas subyacentes utilizadas, pretenden igualar las velocidades de fase en modo par e impar de las señales electromagnéticas que se están acoplando.

Si bien se han obtenido algunas ventajas mediante el uso de los agente de acoplamiento conocidos con bordes ondulados, también tienden a tener capacidades limitadas de manejo de la energía.

45 La patente US-5.373.266 A describe un agente de acoplamiento electromagnético que comprende bordes con formaciones semicirculares conectadas directamente.

La publicación por DE RONDE F C: "Wide-Band High Directivity in MIC Proximity Couplers by Planar Means", MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, 1980 IEEE MTT-S INTERNATIONAL, IEEE, PISCATAWAY, NJ, EE. UU., 28 de mayo de 1980, páginas 480-482, describe un agente de acoplamiento electromagnético que comprende bordes con formaciones de aproximadamente un cuarto de círculo conectadas directamente.

Resumen de la invención

55 Un objetivo de las realizaciones preferidas de la presente invención es superar o mejorar al menos una de las desventajas de la técnica anterior, o proporcionar una alternativa útil.

Según un aspecto de la invención, se proporciona un agente de acoplamiento electromagnético, como se define en la reivindicación 1, incluyendo un sustrato. y un primer conductor montado en el sustrato para recibir una primera señal electromagnética, teniendo el primer conductor un primer borde que incluye una primera pluralidad de formaciones arqueadas conectadas; un segundo conductor montado en el sustrato, estando el segundo conductor separado del primer conductor y teniendo un segundo borde opuesto al primer borde e incluyendo una segunda pluralidad de formaciones arqueadas conectadas, en donde: el primer conductor y el segundo conductor están configurados de modo que se genera una segunda señal electromagnética en el segundo conductor; y la segunda señal electromagnética se deriva de la primera señal electromagnética.

Preferiblemente, el primer borde y el segundo borde están configurados para igualar sustancialmente las velocidades de modo par e impar de la señal electromagnética.

Las formaciones arqueadas son preferiblemente arcos sustancialmente circulares.

Preferiblemente, el primer conductor sigue un primer trayecto y el segundo conductor sigue un segundo trayecto que es sustancialmente coextensivo con el primer trayecto.

El primer y el segundo trayecto son preferentemente lineales.

Preferiblemente, el primer y el segundo trayecto son curvos.

La primera pluralidad de formaciones arqueadas y la segunda pluralidad de formaciones arqueadas tienen preferiblemente una periodicidad predeterminada sustancialmente común.

Preferiblemente, la periodicidad predeterminada varía a lo largo del trayecto.

El primer borde y el segundo borde están preferiblemente opuestos entre sí de modo sustancialmente complementario.

Preferiblemente, los bordes primero y segundo están interdigitados entre sí.

Al menos un par de formaciones arqueadas están separadas por una porción lineal.

Preferiblemente, las formaciones arqueadas alternativas de cada borde tienen sustancialmente el mismo radio de curvatura.

El primer borde y el segundo borde están preferiblemente contorneados suavemente con un gradiente continuo.

Preferiblemente, los bordes interiores ondulados y lisos están contorneados suavemente con un gradiente continuo.

Breve descripción de los dibujos

Una realización preferida de la invención se describirá ahora, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la Figura 1 es una vista en planta de un segmento de un agente de acoplamiento de línea direccional según una realización que no entra dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas;

la Figura 2 es una vista en planta de un segmento de un agente de acoplamiento de línea direccional según una realización de la invención;

la Figura 3 es una vista en planta de un segmento de un agente de acoplamiento de línea direccional según una realización adicional de la invención;

la Figura 4 es una vista en planta de un segmento de un agente de acoplamiento de línea direccional según una realización adicional que describe solo parcialmente las características de las reivindicaciones adjuntas;

la Figura 5 es una vista en planta de un agente de acoplamiento de línea direccional según una realización adicional que describe solo parcialmente las características de las reivindicaciones adjuntas; y

la Figura 6 es una vista en planta de un agente de acoplamiento de línea direccional según una realización adicional que solo describe parcialmente las características de las reivindicaciones adjuntas.

Realización preferida de la invención

Aunque la invención se ha descrito con referencia a ejemplos específicos, los expertos en la técnica apreciarán que la invención puede realizarse de muchas otras formas.

Haciendo referencia a la Figura 1, se ilustra un segmento de un agente de acoplamiento 1 de línea direccional para operar en el rango de frecuencias electromagnéticas de RF. El agente 1 de acoplamiento incluye un sustrato en forma de una superficie superior 2 sustancialmente plana de una PCB 3 plana de una sola capa. Un primer conductor, en forma de una primera tira conductora de cobre 5 generalmente lineal, está montado en la superficie 2 para recibir una primera señal electromagnética en forma de una primera señal de RF. La tira 5 tiene un primer borde arqueado múltiple 6. Un segundo conductor, en forma de una segunda tira conductora metálica 7 generalmente lineal, también está montado en la superficie 2 y es generalmente paralelo y coextensivo con la tira 5. La tira 7 está separada del primer conductor y tiene un segundo borde arqueado múltiple 8 que está separado y opuesto al borde 6 para generar en la

tira 7 una segunda señal electromagnética en forma de una segunda señal de RF que se deriva de la primera señal de RF.

Las tiras 5 y 7 están separadas y se coextienden generalmente longitudinalmente a lo largo de un trayecto lineal 9 en la superficie 2 que divide las dos tiras 5 y 7. En otras realizaciones, el trayecto es curvo. Por ejemplo, en una de estas realizaciones, el trayecto 9 se extiende a lo largo de una curva compuesta. En otras realizaciones, el trayecto 9 se extiende a lo largo de las porciones curvas y lineales y esto se describirá más adelante con referencia a las Figuras 4 a 6.

Se apreciará que los bordes 6 y 8 están separados entre sí, donde esa separación determina una relación de acoplamiento que puede lograr el agente 1 de acoplamiento con una separación más pequeña que proporciona una relación de acoplamiento más alta. En otras realizaciones de la invención, se usan diferentes separaciones para proporcionar una relación de acoplamiento diferente a la lograda por el agente 1 de acoplamiento.

En esta realización, el agente 1 de acoplamiento está diseñado para acoplar la primera y la segunda señal en el rango de 800 MHz a 18 GHz. En otras realizaciones, el agente 1 de acoplamiento está configurado para usarse con otras bandas de frecuencia. En general, el tamaño de las formaciones determinará la frecuencia operativa máxima, correspondiendo las formaciones más pequeñas a una frecuencia máxima más alta.

El borde 6 comprende un primer conjunto de formaciones arqueadas conectadas. En particular, el primer conjunto incluye un primer subconjunto de formaciones arqueadas cóncavas 16 generalmente semicirculares (solo dos de las cuales están numeradas explícitamente). El primer conjunto también incluye un segundo subconjunto de formaciones arqueadas convexas 17 generalmente semicirculares (solo dos de las cuales están numeradas explícitamente) que se alternan con las formaciones 16 y se unen en puntos de inflexión interconectados de modo que el borde 6 es continuo. Las formaciones 16 tienen un radio de curvatura común que, en esta realización, es de aproximadamente 0,5 mm, y centros que están alineados longitudinalmente con un desfase uniforme con respecto a la línea discontinua que ilustra el trayecto 9. Las formaciones 17 tienen un radio de curvatura común que, en esta realización, es de aproximadamente 0,1 mm, y centros que están alineados longitudinalmente con un desfase uniforme diferente con respecto a la línea discontinua que ilustra el trayecto 9, de modo que la separación mínima entre líneas es de 0,2 mm. Estas dimensiones proporcionan el acoplamiento más estrecho, ya que la velocidad de propagación en modo impar se reduce hasta aproximadamente igualar la velocidad en modo par para mejorar la directividad. Se apreciará que el radio de curvatura de las formaciones 16 es generalmente mayor que el radio de curvatura de las formaciones 17 y el desfase de los centros de las formaciones 16 con respecto a la línea que ilustra el trayecto 9 es sustancialmente el mismo que el desfase de las formaciones 17 y es uniforme a lo largo del trayecto 9. En algunas realizaciones, el desfase de los centros con respecto al trayecto 9 varía con la posición a lo largo del trayecto.

El borde 8 tiene generalmente un diseño similar al borde 6 e incluye un segundo conjunto, que también tiene un primer y un segundo subconjuntos, de formaciones arqueadas conectadas que son similares a los subconjuntos primero y segundo del primer conjunto. En particular, el borde 8 incluye las formaciones arqueadas 23 y 24 conectadas (solo dos de cada una de las cuales están numeradas explícitamente) que son sustancialmente las mismas que las respectivas formaciones arqueadas 16 y 17 del borde 6. Las formaciones 23 del borde 8 están desplazadas longitudinalmente a lo largo del trayecto 9 en comparación con las formaciones 16 del borde 6, de modo que las formaciones 23 se oponen transversalmente a las formaciones 17. En esta realización, las formaciones 24 están interdigitadas con las formaciones 17, ya que esas formaciones se extienden transversalmente a través del trayecto 9. En algunas realizaciones, las formaciones 16, 17, 23 y 24 están ubicadas de tal modo que la distancia 27 entre los bordes 6 y 8, medida en una dirección perpendicular al borde, es sustancialmente constante.

Como se ha mencionado anteriormente, las formaciones 17 y 24 se extienden transversalmente hacia los respectivos bordes opuestos 8 y 6 y terminan en el lado distal del trayecto 9. En otras realizaciones, como la que se muestra en la Figura 2, las formaciones 17 y 24 no se extienden hasta el trayecto 9 y, por lo tanto, no están interdigitadas. En otras realizaciones, al menos algunas de las formaciones 17 y 24 están interdigitadas, mientras que otras no.

Se apreciará que, en la realización anterior, las tiras 5 y 7 siguen un trayecto longitudinal 9 generalmente lineal y las formaciones 16 y 17, que definen el borde 6, y las formaciones 23 y 24, que definen el borde 8, se alternan de modo uniforme y consistente a lo largo de la longitud longitudinal de esos bordes. Estos mismos principios de diseño se incluyen en otro agente 21 de acoplamiento, que se ilustra en la Figura 2, y en donde los números de referencia correspondientes designan las características correspondientes. El agente 21 de acoplamiento incluye un tercer conjunto de formaciones, que son formaciones 22 en línea recta (solo dos de las cuales están numeradas explícitamente) que conectan las formaciones arqueadas convexas 17 con las formaciones arqueadas cóncavas adyacentes 16. Las formaciones 22 se unen a cada una de las porciones 16 y 17 generalmente semicirculares de modo tangencial, tal que el borde 6 define un contorno suave. Las formaciones 22 actúan para aumentar la relación de aspecto de las formaciones 16 y 23. El agente 21 de acoplamiento también incluye una mayor separación entre los bordes 6 y 8 de modo que las formaciones 17 y 24 no se extiendan transversalmente hasta el trayecto 9 a pesar del aumento de la relación de aspecto. Se apreciará que la separación entre los bordes 6 y 8 no depende totalmente de la relación de aspecto de las formaciones 16, 17, 23 y 24 y, en general, los dos parámetros se pueden variar de forma independiente. En esta realización, el desplazamiento de los centros de las formaciones 16 con respecto a la línea

que ilustra el trayecto 9 es mayor que el desplazamiento de las formaciones 17 y los respectivos desplazamientos son consistentes a lo largo del trayecto 9. La mayor separación 29 da como resultado una relación de acoplamiento reducida en comparación con el agente 1 de acoplamiento y un aumento correspondiente en la velocidad de fase en modo impar. Para igualar las velocidades de fase de los modos par e impar, se aumenta la relación de aspecto de las formaciones. En otras realizaciones, tales como la ilustrada en la Figura 4, las desviaciones de los centros con respecto al trayecto 9 varían con la posición a lo largo del trayecto.

El primer borde 6 y el segundo borde 8 están configurados para igualar sustancialmente las velocidades de modo par e impar de la señal electromagnética. El efecto se logra mediante el aumento de la longitud de los bordes 6 y 8 con respecto al trayecto 9, en donde la longitud de los bordes 6 y 8 se define como el perímetro total de las formaciones 16, 17, 23, 24 y 22 (si están presentes) combinadas. Se apreciará que la longitud de los bordes 6 y 8 se puede controlar alterando la relación de aspecto de las formaciones 15 y 23, proporcionando así un parámetro de diseño para igualar las velocidades en modo par e impar de la señal electromagnética.

En algunas realizaciones, los radios de las formaciones semicirculares 16, 17, 23 y 24 varían a lo largo de los bordes respectivos 6 y 8.

En la Figura 3 se ilustra un agente de acoplamiento según una realización adicional. En particular, un agente de acoplamiento 26 es similar al agente de acoplamiento 21 pero con porciones de línea recta reducidas 22 y una separación reducida entre los bordes 5 y 8. Las formaciones 17 y 24 del borde 6 y 8 se extienden transversalmente desde las franjas 5 y 7, respectivamente, y terminan justo cerca del trayecto 9. En consecuencia, las formaciones 17 y 24 no están interdiguadas. Las porciones 22 en línea recta reducidas dan como resultado las formaciones 17 y 24 de una relación de aspecto reducida en comparación con las formaciones correspondientes del agente 21 de acoplamiento.

Los inventores han descubierto que el uso de formaciones arqueadas, como se ilustra en las realizaciones descritas, aumenta el potencial de rotura entre la primera y la segunda tiras 5 y 7 en comparación con las formaciones convencionales en forma de diente de sierra, rectangulares y triangulares. Esto permite un mayor manejo de la potencia del agente de acoplamiento para un grosor dado de las tiras conductoras 5 y 7, lo que permite usar tiras más delgadas para un requisito dado del manejo de energía y una separación 27 o 29. El uso de tiras conductoras 5 y 7 más delgadas facilita la fabricación del agente 26 de acoplamiento al reducir el tiempo de fabricación y la separación mínima entre las tiras 5 y 7 que se puede lograr de modo confiable usando técnicas de fabricación de PCB estándar. También se ha descubierto que la configuración de las formaciones 16, 17, 23 y 24 utilizadas en las realizaciones descritas también aumenta la longitud del borde con respecto a las formaciones convencionales. Esto da como resultado una reducción correspondiente en la relación de aspecto de la formación requerida para igualar las velocidades de fase en modo par e impar.

Se apreciará que las formaciones arqueadas no están restringidas a semicírculos. Aunque se prefieren los semicírculos, el efecto anterior se puede lograr con otros perfiles de borde arqueado. Preferiblemente, el borde incluye un contorno suave y un gradiente que es continuo. Por ejemplo, las formaciones arqueadas 16, 17, 23 y 24 son, en otras realizaciones, uno o una combinación de segmentos circulares, sinusoides, parábolas, etc.

Como se mencionó anteriormente, en algunas realizaciones, el trayecto 9 incluye secciones curvas que dan como resultado un agente de acoplamiento curvo. Los ejemplos de agentes de acoplamiento curvos se ilustran en las Figuras 4, 5 y 6 como agentes 28 y 30 de acoplamiento, respectivamente. Volviendo inicialmente a la Figura 4, el agente 28 de acoplamiento incluye un trayecto 9 que sigue dos secciones 32 generalmente rectas y dos secciones 34 generalmente curvas. Se apreciará que al incluir las secciones curvas 34 en el trayecto 9, las tiras 5 y 7 pueden tener una longitud mayor para una longitud determinada de la PCB 3 con respecto a la cual se podría lograr solo con secciones rectas. Por lo tanto, la inclusión de secciones curvas 34 en el trayecto 9 permite fabricar el agente 28 de acoplamiento en una PCB 3 más pequeña de lo que sería posible si el trayecto 9 fuera lineal. Es decir, las secciones curvas 34 se pueden usar para reducir la huella del agente de acoplamiento. Los resultados experimentales muestran que la inclusión de secciones curvas en el trayecto 9 tiene un efecto mínimo sobre el acoplamiento, la ondulación/planitud y la directividad del agente 28 de acoplamiento en comparación con un agente de acoplamiento comparable con un trayecto lineal 9.

La separación de los bordes 6 y 8 del agente 28 de acoplamiento varía a lo largo del trayecto 9 junto con el desfase de los centros de las formaciones 16, 17, 23 y 24. En un extremo proximal 36 del agente 28 de acoplamiento, la separación es pequeña y las formaciones 17 y 24 están interdiguadas. La separación aumenta gradualmente a lo largo del trayecto 9 a medida que aumenta la distancia desde el extremo 36. Se observará que las formaciones en un extremo distal 38 del agente 28 de acoplamiento no están interdiguadas. Para mantener la relación de compensación y oposición entre las formaciones 16 y 24, de modo que las porciones convexas 24 permanezcan diametralmente opuestas a las porciones cóncavas 16, a través de las secciones curvas 34, los radios 23 y/o 24 de las formaciones en esas secciones se incrementan con respecto a las porciones arqueadas opuestas 16 y/o 17. Además, a través de las secciones curvas 34, las formaciones 16, 17, 23 y 24 se desvían de la forma semicircular más regular para mantener una orientación constante de las formaciones con respecto al trayecto 9.

En el diseño del agente 28 de acoplamiento, la impedancia de los modos par e impar varía o se estrecha a lo largo del agente de acoplamiento para lograr una relación de acoplamiento y una ondulación (planitud) deseadas en el ancho de banda o rango de frecuencia del diseño. A medida que el acoplamiento disminuye a lo largo de la estructura desde el extremo 36 hasta el extremo 38, la velocidad del modo impar aumenta. Para igualar la velocidad en modo par, la relación de aspecto de las formaciones se incrementa desde el extremo 36 hasta el extremo 38 para reducir la velocidad en modo impar. El agente 28 de acoplamiento puede considerarse una combinación lineal de los agentes 1, 26 y 21 de acoplamiento conectados en serie. Por ejemplo, el extremo 36 del agente 28 de acoplamiento sigue el diseño general del agente 1 de acoplamiento, el extremo 38 corresponde al diseño del agente de acoplamiento 21 y la sección intermedia corresponde al agente 26 de acoplamiento. Al combinar los agentes 1, 26 y 21 de acoplamiento, el agente 28 de acoplamiento puede actuar como un agente de acoplamiento de línea asimétrico no uniforme de ancho de banda amplio.

En una realización preferida, las formaciones arqueadas 16, 17, 23 y 24 de las secciones 34 son segmentos circulares.

La Figura 5 ilustra otra realización en forma de un agente 40 de acoplamiento curvo y donde las características correspondientes se indican con los números de referencia correspondientes. El agente de acoplamiento está diseñado para tener una longitud de un cuarto de longitud de onda en la frecuencia central de diseño, que viene dada por: $(f_{\text{máx}} + f_{\text{mín}})/2$, donde $F_{\text{máx}}$ es la frecuencia de diseño más alta y $F_{\text{mín}}$ es la frecuencia de diseño más baja.

La tira 5 incluye un terminal 11 de conexión para recibir la primera señal de RF desde un primer componente de transmisión (ahora mostrado), tal como un cable coaxial, una guía de ondas u otra alimentación similar. La tira 7 incluye un terminal 12 de conexión para permitir que la segunda señal electromagnética se dirija a un segundo componente de transmisión (tampoco mostrado).

La separación mínima entre los bordes 6 y 8 se modeló en un software de simulación electromagnética, con las formaciones arqueadas optimizadas para un aislamiento máximo correspondiente a velocidades de fase iguales, y el ancho del conductor optimizado para una pérdida de retorno máxima (la mejor adaptación de impedancia a 50 ohmios o el VSWR más bajo). Esto proporcionó el acoplamiento máximo alcanzable y determinó el acoplamiento máximo del agente de acoplamiento no uniforme de banda ancha. Se utilizaron más modelos informáticos para optimizar la geometría de los bordes y lograr las impedancias de modo par e impar deseadas mediante objetivos de diseño de acoplamiento, aislamiento y pérdida de retorno. A continuación, se verificó el rendimiento en la obtención de la coincidencia de velocidad de fase (observada como aislamiento). El rendimiento del agente de acoplamiento se comparó con el de un agente de acoplamiento convencional en un rango de prueba de 20 GHz.

Aunque las realizaciones descritas anteriormente utilizan bordes primero y segundo sustancialmente similares, se apreciará que en otras realizaciones al menos uno de los bordes es sustancialmente periódico, de modo que las formaciones arqueadas conectadas 16, 17, 23 y 23 definen una estructura periódica a lo largo del trayecto 9.

Además, se apreciará que las diversas realizaciones descritas anteriormente son ilustrativas y que varias combinaciones de estas realizaciones descritas entrarían dentro del alcance de la invención.

Aunque la invención se ha descrito con referencia a ejemplos específicos, los expertos en la técnica apreciarán que puede realizarse de muchas otras formas.

REIVINDICACIONES

1. Un agente (21) de acoplamiento electromagnético que incluye:

5 un sustrato; y
 un primer conductor (5) montado en el sustrato para recibir una primera señal electromagnética, teniendo el primer conductor un primer borde 6 que incluye una primera pluralidad de formaciones arqueadas conectadas (16, 17);
10 un segundo conductor (7) montado en el sustrato, estando el segundo conductor (7) separado del primer conductor (5) y teniendo un segundo borde (8) opuesto al primer borde (6) e incluyendo una segunda pluralidad de formaciones arqueadas conectadas (23, 24), en donde el primer conductor (5) y el segundo conductor (7) están configurados de modo que se genera una segunda señal electromagnética en el segundo conductor (7); y la segunda señal electromagnética se deriva de la primera señal electromagnética; caracterizado por que la primera pluralidad de formaciones arqueadas conectadas (16, 17) y la segunda pluralidad de formaciones arqueadas conectadas (23, 24) están formadas por una pluralidad de formaciones (22) en línea recta contiguas a dos porciones generalmente semicirculares de modo tangencial.
15
2. Un agente de acoplamiento según la reivindicación 1, en donde el primer borde y el segundo borde están configurados para igualar sustancialmente las velocidades en modo par e impar de la señal electromagnética.
20
3. Un agente de acoplamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde el primer conductor sigue un primer trayecto y el segundo conductor sigue un segundo trayecto que es sustancialmente coextensivo con el primer trayecto.
25
4. Un agente de acoplamiento según la reivindicación 3, en donde los trayectos primero y segundo son lineales.
5. Un agente de acoplamiento según la reivindicación 3, en donde los trayectos primero y segundo son curvos.
- 30 6. Un agente de acoplamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en donde la primera pluralidad de formaciones arqueadas y la segunda pluralidad de formaciones arqueadas tienen una periodicidad predeterminada sustancialmente común.
- 35 7. Un agente de acoplamiento según la reivindicación 6, en donde la periodicidad predeterminada varía a lo largo del trayecto.
8. Un agente de acoplamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde las porciones alternas generalmente semicirculares de cada borde tienen sustancialmente el mismo radio de curvatura.
- 40 9. Un agente de acoplamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el primer borde y el segundo borde están contorneados suavemente con un gradiente continuo.

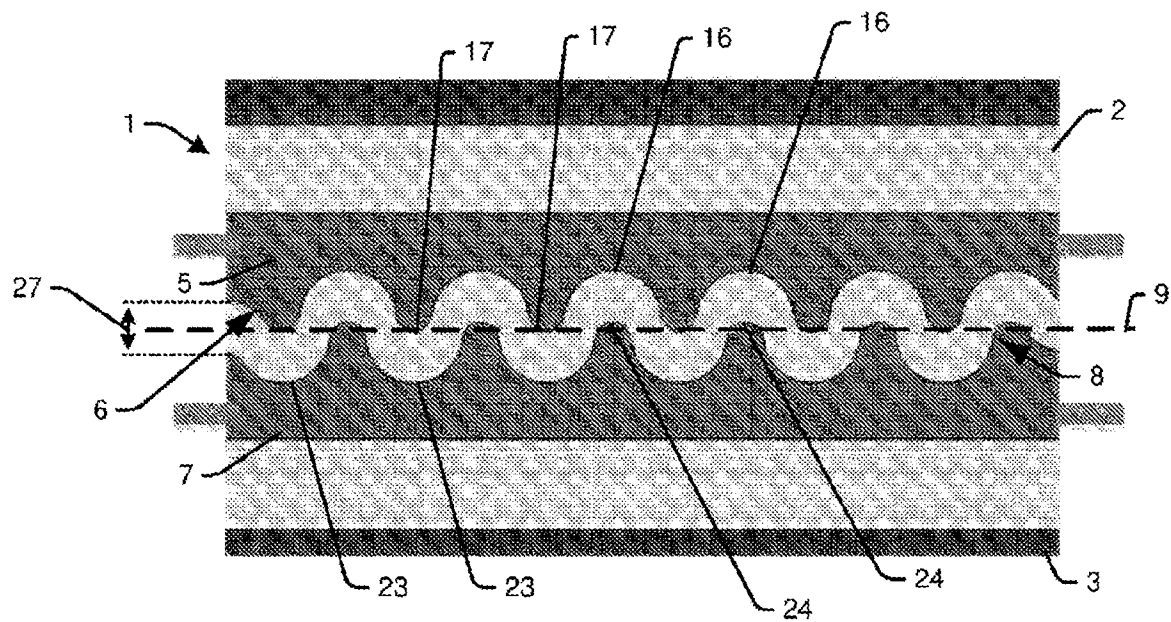


Fig. 1

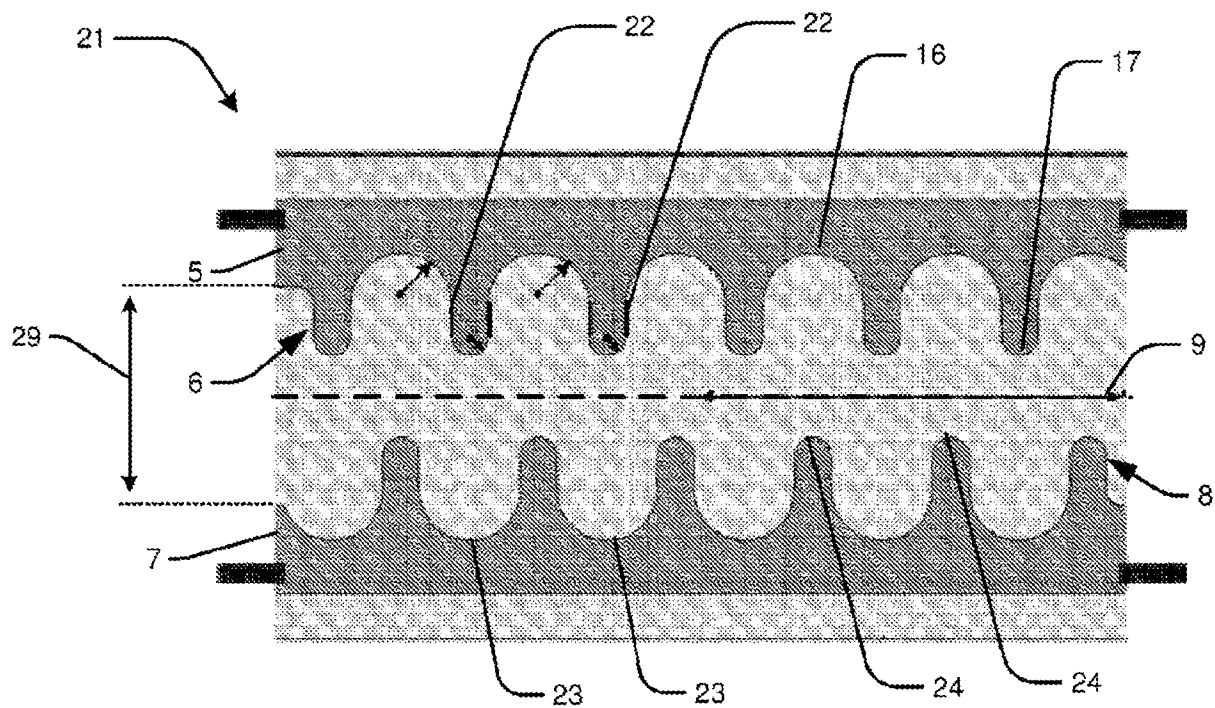


Fig. 2

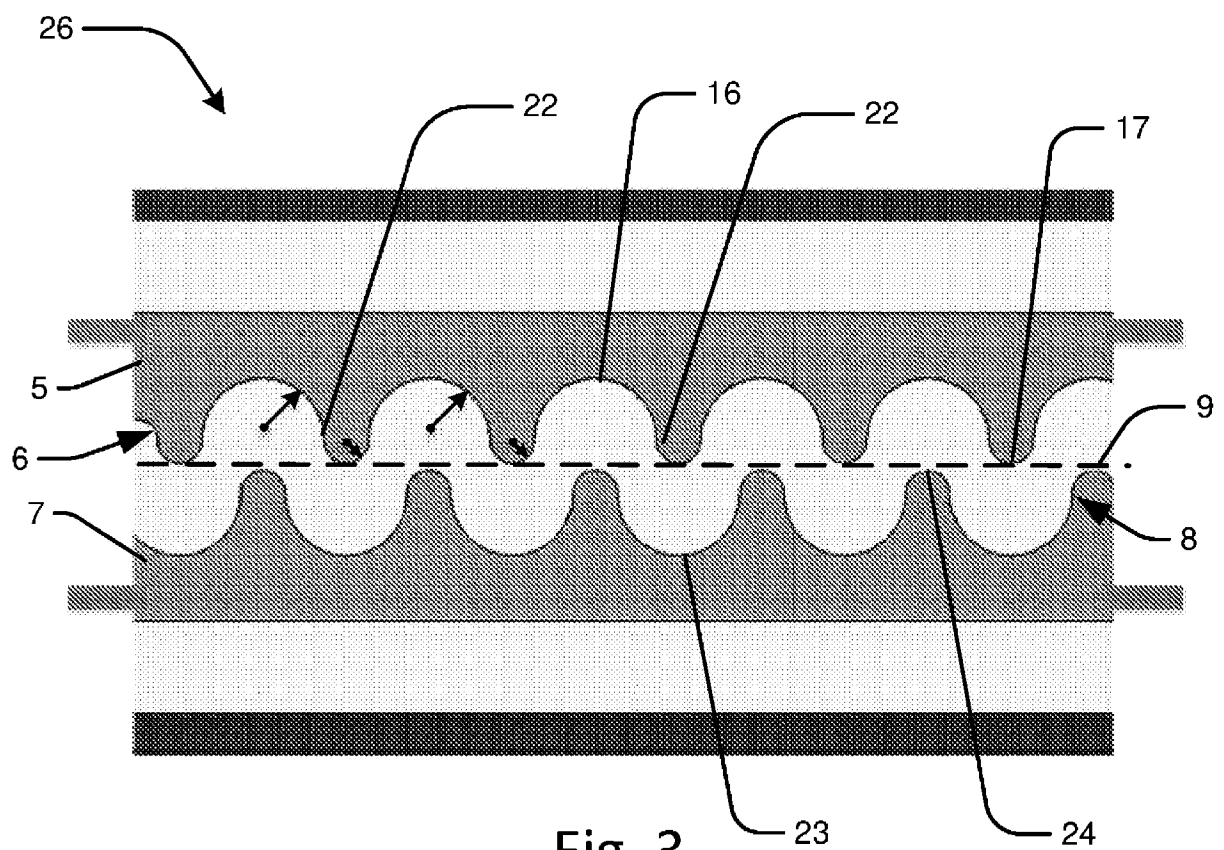


Fig. 3

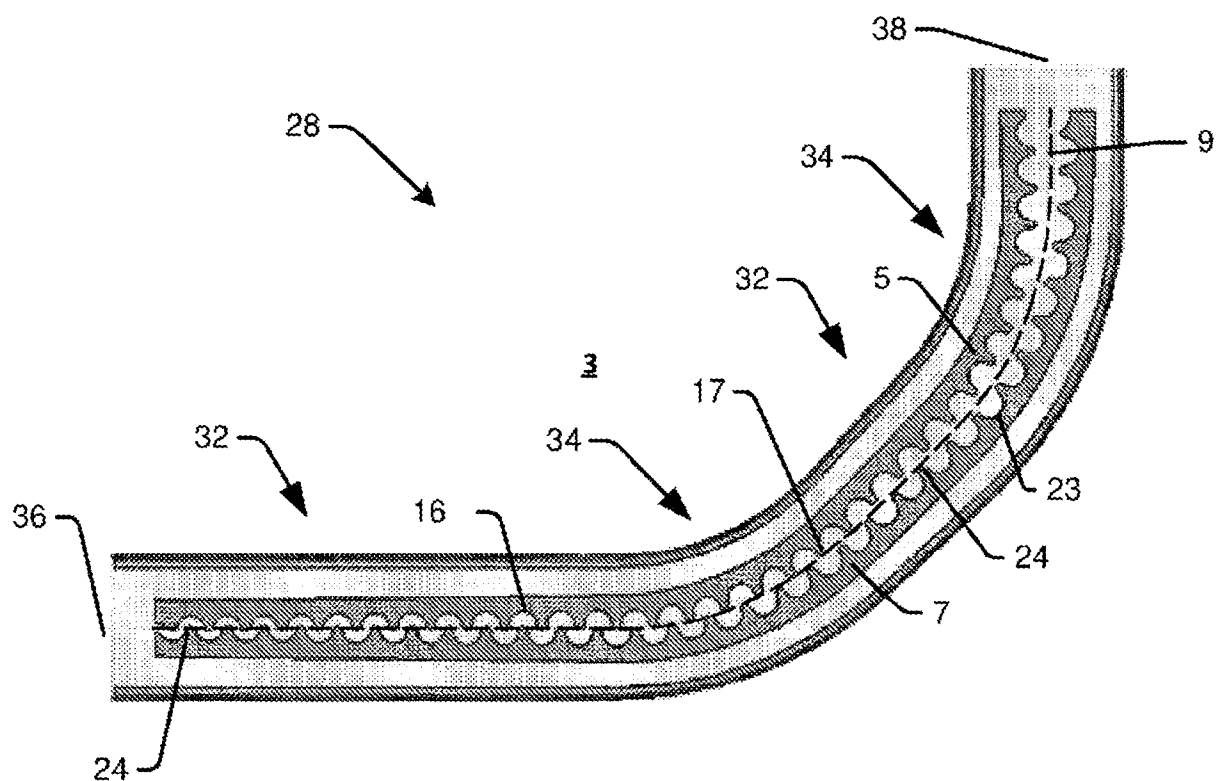


Fig. 4

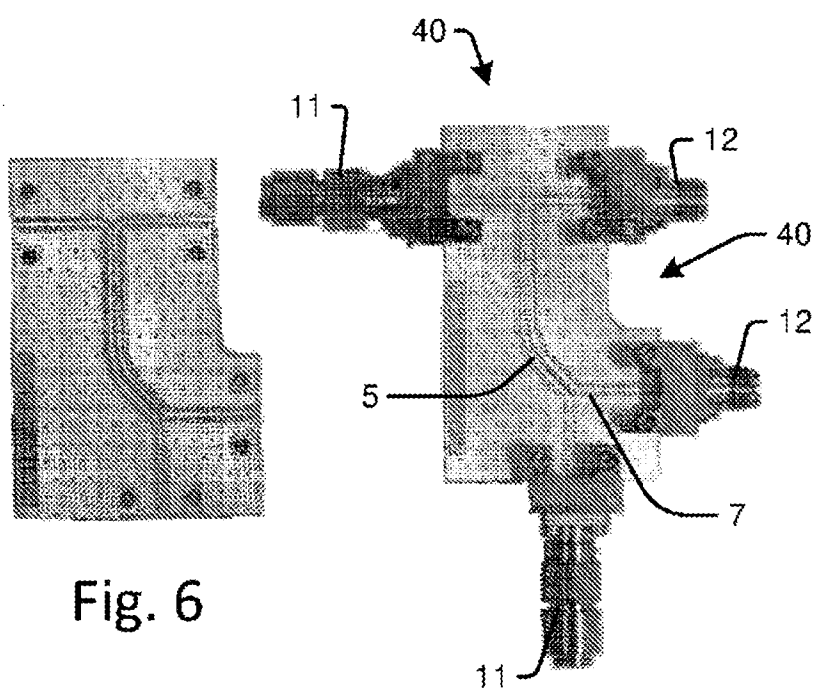


Fig. 5

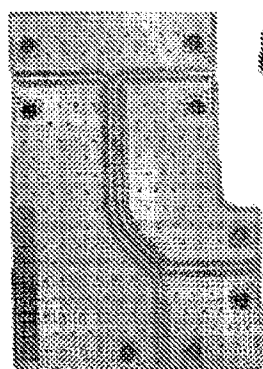


Fig. 6