

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 981**

51 Int. Cl.:

H01P 1/39 (2006.01)

H01P 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2013 E 13179326 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016 EP 2698866**

54 Título: **Circulador de guía de ondas con componente de acoplamiento de impedancias de variación progresiva**

30 Prioridad:

17.08.2012 US 201213588374

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

28.10.2016

73 Titular/es:

**HONEYWELL INTERNATIONAL INC. (100.0%)
115 Tabor Road
Morris Plains, NJ 07950, US**

72 Inventor/es:

KROENING, ADAM M.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 587 981 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

Circulador de guía de ondas con componente de acoplamiento de impedancias de variación progresiva

ANTECEDENTES

5 Los circuladores tienen una amplia variedad de usos en aplicaciones comerciales y militares, espaciales y terrestres, y de baja y alta potencia. Un circulador de guía de ondas puede ser implementado en una variedad de aplicaciones, que incluyen pero no están limitadas a conmutadores de redundancia de amplificador de bajo ruido (LNA), módulos T/R, aisladores para fuentes de alta potencia, y matrices de conmutación. Una aplicación importante para tales circuladores de guía de ondas es en el espacio, por ejemplo, en satélites, donde la fiabilidad es esencial y donde el tamaño y el peso son importantes. Los circuladores hechos de un material de ferrita son deseables para estas aplicaciones debido a su
10 alta fiabilidad debida a su carencia de partes móviles, cuyas partes móviles podrían desgastarse a lo largo del tiempo. Sin embargo, el ancho de banda de los circuladores de ferrita es limitado, lo que afecta a la capacidad de un solo circulador para funcionar sobre una banda amplia de frecuencias.

15 Por las razones indicadas anteriormente y por otras razones indicadas a continuación que resultarán evidentes para los expertos en la técnica por la lectura y comprensión de la memoria, hay una necesidad en la técnica de un circulador de ferrita acoplado en impedancias con ancho de banda mejorado.

RESUMEN

La presente invención proporciona una estructura como se ha definido en la reivindicación 1. La estructura puede incluir características de una cualquiera o más de las reivindicaciones dependientes 2 a 7.

20 La presente invención también proporciona un método como se ha definido en la reivindicación 8. El método puede incluir las características de las reivindicaciones dependientes 9 y/o 10.

Las realizaciones de la presente descripción proporcionan un circulador de guía de ondas con anchura reducida en una región de ferrita o de elemento de ferrita y serán comprendidas por la lectura y el estudio de la siguiente memoria.

25 Se proporcionan sistemas y métodos para un circulador de guía de ondas con componente de acoplamiento de variación progresiva. En ciertas realizaciones, una estructura de guía de ondas comprende una pluralidad de brazos de guía de ondas; una cavidad interna; una pluralidad de componentes de acoplamiento de variación progresiva, en los que cada componente de acoplamiento de variación progresiva en la pluralidad de componentes de acoplamiento de variación progresiva tiene un extremo de variación progresiva estrecho que está conectado a la cavidad interna y un extremo de variación progresiva ancho que está conectado a un brazo de guía de ondas en la pluralidad de brazos de guía de ondas, en el que el extremo de variación progresiva estrecho es más estrecho que el extremo de variación progresiva ancho; y un elemento de ferrita que tiene una pluralidad de segmentos de elemento de ferrita dispuestos en la cavidad
30 interna, en el que cada segmento en la pluralidad de segmentos de elemento de ferrita se extiende a través del extremo de variación progresiva estrecho de un componente de acoplamiento de variación progresiva asociado en la pluralidad de componentes de acoplamiento de variación progresiva y el extremo de variación progresiva estrecho del componente de acoplamiento de variación progresiva asociado es más estrecho que el extremo de variación progresiva ancho de tal
35 manera que una magnitud de diferencia de impedancias entre cada brazo de guía de ondas y la cavidad interna que contiene el elemento de ferrita es reducida, en el que la impedancia del brazo de guía de ondas es la impedancia de una guía de ondas que transporta energía de microondas a y desde el elemento de ferrita.

DIBUJOS

40 Comprendiendo que los dibujos representan sólo realizaciones ejemplares y no deben ser por lo tanto considerados como limitadores del marco, las realizaciones ejemplares serán descritas con especificidad y detalle adicionales a través de la utilización de los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1 es un diagrama de bloques que ilustra una vista superior de un circulador de guía de ondas de acuerdo con una realización;

Las figs. 2 a 7 son diagramas de bloques que ilustran realizaciones alternativas de un circulador de guía de ondas;

45 La fig. 8 es una gráfica de la pérdida de inserción de un circulador de guía de ondas de acuerdo con una realización;

La fig. 9 es una gráfica del aislamiento en un circulador de guía de ondas de acuerdo con una realización;

La fig. 10 es una gráfica de la pérdida de retorno de un circulador de guía de ondas de acuerdo con una realización,

La fig. 11 es un diagrama de bloques que ilustra una vista superior de un circulador de guía de ondas de múltiples uniones de acuerdo con una realización; y

50 La fig. 12 es un diagrama de flujo que ilustra un método para el acoplamiento de impedancias de un circulador de guía de

ondas a una guía de ondas de acuerdo con una realización.

De acuerdo con la práctica común, las distintas características descritas no están dibujadas a escala sino que están dibujadas para enfatizar características relevantes para la presente invención. Caracteres de referencia indican elementos similares a lo largo de todas las figuras y del texto.

5 DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la siguiente descripción detallada, se ha hecho referencia a los dibujos adjuntos que forman una parte de la misma, y en los que se muestran a modo de ilustración realizaciones ilustrativas específicas. Sin embargo, ha de comprenderse que se pueden utilizar otras realizaciones y que se pueden hacer cambios lógicos, mecánicos, y eléctricos. Además, el método presentado en las figuras de los dibujos y en la memoria no ha de ser interpretado como limitativo del orden en el que se pueden realizar las operaciones individuales. La siguiente descripción detallada, por lo tanto, no ha de ser tomada en un sentido limitativo.

Como se describe a continuación en detalle, la presente descripción describe distintas realizaciones para acoplamiento de impedancias mejorado del elemento de ferrita a la guía de ondas llena de aire en un circulador de guía de ondas, al tiempo que mejora el ancho de banda del circulador de guía de ondas. Para acoplar impedancias la guía de ondas llena de aire al elemento de ferrita dentro del circulador de guía de ondas, la anchura de la guía de ondas es estrechada en la región de la guía de ondas alrededor del elemento de ferrita de tal manera que la diferencia entre la impedancia de la combinación de la región estrechada y el elemento de ferrita y la impedancia de la guía de ondas llena de aire es reducida. También, se utiliza un transformador o un elemento de ferrita con propiedades específicas para acoplar la impedancia entre el circulador de guía de ondas y la guía de ondas llena de aire. La guía de ondas se puede estrechar gradualmente a lo largo de la longitud del elemento de ferrita o estrechar a través de al menos una operación alrededor del elemento de ferrita para acoplar la impedancia el elemento de ferrita a la guía de ondas llena de aire. Reducir los desacoplamientos de impedancia entre la combinación del elemento de ferrita y la región estrechada y la guía de ondas llena de aire mejora el ancho de banda de frecuencia del circulador de ferrita sin afectar al tamaño, masa, o coste.

La fig. 1 es una vista superior de una estructura 100 de circulador de guía de ondas de acuerdo con una realización descrita en la presente exposición. La estructura 100 de circulador de guía de ondas conecta a los brazos 105 de guía de ondas. Los brazos 105 de guía de ondas son guías de ondas que se extienden desde la estructura 100 de circulador de guía de ondas, donde los brazos 105 de guía de ondas transportan energía de microondas a y desde la estructura 100 de circulador de guía de ondas. Al menos en una realización, un componente de acoplamiento 108 de variación progresiva conecta los brazos 105 de guía de ondas a una estructura 100 de circulador de guía de ondas. En ciertas implementaciones, la estructura 100 de circulador de guía de ondas es una unión de brazo de guía de ondas en forma de Y, que conecta a los tres brazos 105 de guía de ondas que se extienden cada uno lejos de un componente de acoplamiento 108 de variación progresiva asociado. También, en algunas implementaciones, los ejes longitudinales de los brazos 105 de guía de ondas están dispuestos en un plano H de RF de la estructura 100 de circulador de guía de ondas, donde los brazos de guía de ondas están dispuestos en el plano H de la estructura 100 de circulador de guía de ondas a intervalos de 120 grados.

En ciertas realizaciones, la estructura 100 de circulador de guía de ondas incluye una cavidad interna 106 que encierra un elemento de ferrita 101. El elemento de ferrita 101 está hecho de un material no recíproco tal como una ferrita, donde el material no recíproco es tal que la relación entre una corriente oscilante y el campo eléctrico resultante cambia si la ubicación en la que está situada la corriente y donde el campo es medido cambia. Los campos magnéticos 107 creados en el elemento de ferrita 101, se pueden utilizar para hacer circular una señal de microondas 109 de propagarse en un brazo 105 de guía de ondas a propagarse en otro brazo 105 de guía de ondas conectado a la estructura 100 de circulador de guía de ondas. La inversión de la dirección del campo magnético 107 invierte la dirección de circulación dentro del elemento de ferrita 101. La inversión de la dirección de circulación dentro del elemento de ferrita 101 también cambia que el brazo 105 de guía de ondas propague la señal lejos del elemento de ferrita 101. Al menos en una realización ejemplar, una estructura 100 de circulador de guía de ondas está conectada a tres brazos 105 de guía de ondas, donde uno de los brazos 105 de guía de ondas funciona como un brazo de entrada y dos brazos 105 de guía de ondas funcionan como brazos de salida. El brazo 105 de guía de ondas de entrada propaga la señal de microondas 109 a la estructura 100 de circulador de guía de ondas, donde la estructura 100 de circulador de guía de ondas hace circular la señal de microondas 109 a través del elemento de ferrita 101 y fuera de uno de los dos brazos 105 de guía de ondas de salida. Cuando se cambian los campos magnéticos 107, la señal de microondas 109 es hecha circular a través del elemento de ferrita 101 y fuera del otro de los dos brazos 105 de ondas de salida. Así, un elemento de ferrita 101 tiene una dirección seleccionable de circulación. Una señal de microondas 109, recibida desde un brazo 105 de guía de ondas de entrada puede ser encaminada con una pérdida de inserción baja desde el brazo 105 de guía de ondas a cualquiera de los otros brazos 105 de guía de ondas de salida.

En ciertas implementaciones, los segmentos 111 del elemento de ferrita 101 sobresalen a los brazos 105 de guía de ondas separados. Por ejemplo, el elemento de ferrita 101 puede ser un elemento de ferrita 101 en forma de Y. Sin embargo, el elemento de ferrita 101 también puede tener otras formas, tales como un disco triangular, un cilindro, y similar. Al menos en una implementación, el elemento de ferrita 101 es un circulador de ferrita conmutable o que se puede enclavar en oposición a un circulador de ferrita de polarización fija, donde un circulador de ferrita que se puede

enclavar es un circulador donde la dirección de circulación puede ser enclavada en una cierta dirección. Para hacer conmutable el elemento de ferrita 101, un arrollamiento de magnetización 125 es enfilado a través de las aberturas 135 en los segmentos 111 del elemento de ferrita 101 que sobresale hacia los brazos 105 de guía de ondas separados. Estas aberturas 135 son creadas perforando un agujero a través de una parte del elemento de ferrita 101 que sobresale en cada brazo 105 de guía de ondas separado. El arrollamiento de magnetización 125 es enfilado a través de las aberturas 135. Las corrientes hechas pasar a través del arrollamiento de magnetización 125 controlan y establecen un campo magnético 107 en el elemento de ferrita 101 donde una parte del campo magnético no es paralela al plano H. La polaridad de campo magnético 107 puede ser conmutada por la aplicación de corriente sobre el arrollamiento de magnetización 125 para crear un circulador conmutable. La parte de elemento de ferrita 101 donde los segmentos 111 del elemento de ferrita 111 convergen y hacia el interior de las tres aberturas 135 se refiere a una sección resonante 130 de elemento de ferrita 101. Las dimensiones de la sección resonante 130 determinan la frecuencia de funcionamiento para circulación de acuerdo con el diseño y la teoría convencionales. Los tres segmentos sobresalientes 111, o patas de elemento de ferrita 101 hacia el exterior de las aberturas de arrollamiento de magnetización 135 actúan ambos como trayectorias de retorno para los campos de polarización en la sección resonante 130 y como transformadores de impedancia fuera de la sección resonante 130.

En ciertas implementaciones, un transformador dieléctrico 110 de cuarto de onda está unido al extremo de segmentos de elemento de ferrita 101 que están más lejos de la mitad del elemento de ferrita 101. Los transformadores dieléctricos 110 de cuarto de onda ayudan en la transición desde un elemento de ferrita 101 a un brazo 105 de guía de ondas lleno de aire. Los transformadores dieléctricos 110 pueden acoplar la impedancia inferior de un elemento de ferrita 101 a la de los brazos 105 de guía de ondas llenos de aire. En implementaciones alternativas, el elemento de ferrita 101 transita a un brazo 105 de guía de ondas lleno de aire sin un transformador de ayuda. Para transitar directamente, sin un transformador de ayuda, desde el elemento de ferrita 101 a un brazo 105 de guía de ondas lleno de aire, el elemento de ferrita 101 puede ser diseñado de modo que la impedancia del elemento de ferrita 101 se acople a la impedancia de brazo 105 de guía de ondas lleno de aire. Por ejemplo, el elemento de ferrita 101 puede ser diseñado para ser estrecho en comparación con elementos de ferrita 101 correspondientes que son diseñados para interconectar con los transformadores dieléctricos 110. Además, el material que es utilizado para fabricar el elemento de ferrita 101 es seleccionado para que tenga un valor de magnetización de saturación particular, de tal manera que la impedancia del elemento de ferrita 101 se acople a la impedancia de brazo 105 de guía de ondas lleno de aire.

En otras realizaciones, un separador dieléctrico 102 está dispuesto sobre una superficie de elemento de ferrita 101 que es paralela al plano H. El separador dieléctrico 102 es utilizado para posicionar de forma segura el elemento de ferrita 101 en el alojamiento y para proporcionar una trayectoria térmica fuera del elemento de ferrita 101 para aplicaciones de potencia elevada. En algunas realizaciones, se utilizaría un segundo separador dieléctrico 113, situado sobre una superficie de elemento de ferrita 101 que está opuesta a la superficie del elemento de ferrita 101 en contacto con el separador dieléctrico 102. Los componentes descritos anteriormente están dispuestos dentro de la estructura 100 de circulador de guía de ondas conductora. Los elementos de acoplamiento 104 son botones dieléctricos o metálicos capacitivos/inductivos utilizados para mejorar empíricamente el acoplamiento de impedancias entre el elemento de ferrita 101 y los brazos 105 de guía de ondas sobre una banda de frecuencia de funcionamiento deseada. Los elementos de acoplamiento 104 empíricos puede estar dispuestos sobre la superficie de la estructura 100 de circulador de guía de ondas conductora para mejorar el acoplamiento de impedancias.

En algunas realizaciones ejemplares descritas en la presente exposición, la magnitud de diferencia de impedancia entre la cavidad interior 105 que contiene el elemento de ferrita 101 y el brazo 105 de guía de ondas lleno de aire es reducida estrechando la anchura entre las paredes del brazo 105 de guía de ondas lleno de aire que son perpendiculares al plano H a través de un componente de acoplamiento 108 de variación progresiva. Los componentes de acoplamiento 108 de variación progresiva reducen la magnitud de diferencia de impedancia entre la cavidad interior 106 que contiene el elemento de ferrita 101 y el brazo 105 de guía de ondas. En algunas realizaciones, los componentes de acoplamiento 108 de variación progresiva están acoplados al brazo 105 de guía de ondas en el extremo de variación progresiva ancho 103 y acoplado a la cavidad interior 106 en el extremo de variación progresiva estrecho 115. En ciertas realizaciones, la anchura de un componente de acoplamiento 108 de variación progresiva es más estrecha en el extremo de variación progresiva estrecho 115 que en el extremo de variación progresiva ancho 103, donde la anchura en el extremo de variación progresiva ancho 103 es igual a la anchura de un brazo 105 de guía de ondas. La anchura del extremo de acoplamiento 108 de impedancia de variación progresiva resulta más estrecha en el extremo de acoplamiento de impedancia 115 para reducir la diferencia entre la magnitud de impedancia de la cavidad interior 105 que contiene el elemento de ferrita 101 y el componente de acoplamiento 108 de variación progresiva en el extremo de variación progresiva estrecho 115 y la impedancia del brazo 105 de guía de ondas. Como se ha descrito anteriormente, el extremo de variación progresiva estrecho 115 del componente de acoplamiento 108 de variación progresiva está próximo al elemento de ferrita 101 dentro de la cavidad interior 106. Además, en algunas realizaciones, los segmentos 111 de elemento de ferrita 101 se extienden hacia la longitud del componente de acoplamiento 108 de variación progresiva de tal manera que tanto el extremo de variación progresiva estrecho 115 como el extremo de variación progresiva ancho 103 están próximos al elemento de ferrita 101. Después de la fabricación del circulador de guía de ondas 101, los elementos de acoplamiento empíricos 104 son colocados sobre la superficie de la estructura 100 de circulador de guía de ondas conductora para acoplar de forma más precisa la impedancia de la combinación del elemento de ferrita 101 y el componente de acoplamiento de variación progresiva a la impedancia de los brazos 105 de guía de ondas. Además,

estrechar la anchura de la guía de ondas en la región alrededor del elemento de ferrita 101 reduce la magnitud de la diferencia de impedancia entre el elemento de ferrita 101 cargado en la región de la cavidad interior 106 y los brazos 105 de guía de ondas, mejorando de este modo el ancho de banda conseguido a través de los segmentos de ferrita 111 y las secciones de acoplamiento de impedancia de transformador dieléctrico 110.

5 Las figs. 2-7 representan diagramas de bloques que ilustran diferentes realizaciones de un componente de acoplamiento de variación progresiva que acopla la impedancia entre una cavidad interior que contiene un elemento de ferrita 101 y un brazo de guía de ondas. En particular, la fig. 2 representa un circulador 200 de guía de ondas que incluye un componente de acoplamiento 208 de variación progresiva que transita desde la anchura de un brazo 205 de guía de ondas en un extremo de variación progresiva ancho 203 a la anchura más estrecha en un extremo de variación progresiva estrecho 215 escalonando los lados de los brazos 205 de guía de ondas hacia el elemento de ferrita 101. Más allá del componente de acoplamiento de variación progresiva, el circulador 200 de guía de ondas es generalmente similar al circulador 100 de guía de ondas en la fig. 1. En particular, el circulador 200 de guía de ondas incluye un elemento de ferrita 101, transformadores dieléctricos 110, un separador 102, y brazos 205 de guía de ondas, que son respectivamente similares al elemento de ferrita 101, a los transformadores 110, al separador 102 y a los brazos 105 de guía de ondas como se ha descrito anteriormente en la fig. 1. Como se ha ilustrado en la fig. 2, debido a que el componente de acoplamiento 208 de variación progresiva cambia de anchura por escalonamiento desde la anchura en el extremo de variación progresiva ancho 203 a la anchura en el extremo de variación progresiva estrecho 215, el componente de acoplamiento 208 de variación progresiva está situado completamente próximo al elemento de ferrita 101. La fig. 3 ilustra una realización alternativa para un circulador 300 de guía de ondas donde la anchura del componente de acoplamiento 308 de variación progresiva entre el extremo de variación progresiva ancho 303 y el extremo de variación progresiva estrecho 315 resulta constantemente más estrecha pero la tasa a la que se estrecha el componente de acoplamiento 308 de variación progresiva disminuye cuando la ubicación a lo largo del componente de acoplamiento 308 de variación progresiva resulta más cercana al extremo de variación progresiva estrecho 315. Así, el componente de acoplamiento 308 de variación progresiva se estrecha a través de una superficie curvada entre el extremo de variación progresiva ancho 303 y el extremo de variación progresiva estrecho 315. De otra manera, como el circulador 200 de guía de ondas, el circulador 300 de guía de ondas es similar al circulador 100 de guía de ondas en la fig. 1. En particular, el circulador 300 de guía de ondas incluye un elemento de ferrita 101, transformadores dieléctricos 110, un separador 102, y brazos 305 de guía de ondas, que son respectivamente similares al elemento de ferrita 101, a los transformadores dieléctricos 110, al separador 102, y a los brazos 105 de guía de ondas como se ha descrito anteriormente en la fig. 1.

La fig. 4 representa un circulador 400 de guía de ondas que es similar a un circulador 100 de guía de ondas en la fig. 1 con la excepción de que el elemento de ferrita 401 es acoplado en impedancia al brazo 405 de guía de ondas sin la ayuda de transformadores dieléctricos. De otra manera, el circulador 400 de guía de ondas incluye un separador 402, brazos 405 de guía de ondas y un componente de acoplamiento 408 de variación progresiva que son respectivamente similares al separador 102, a los brazos 105 de guía de ondas, y al componente de acoplamiento 108 de variación progresiva como se ha descrito anteriormente. Las realizaciones de circulador 400 de guía de ondas que carecen de transformadores dieléctricos pueden ser utilizadas en aplicaciones que proporcionan menos espacio para el circulador 400 de guía de ondas. Los circuladores de guía de ondas que carecen de transformadores dieléctricos se han descrito en la Patente Norteamericana 7.242.263 titulada "TRANSFORMER-FREE WAVEGUIDE CIRCULATOR" ("CIRCULADOR DE GUÍA DE ONDAS LIBRE DE TRANSFORMADOR") presentada el 18 de Agosto de 2005.

La fig. 5 ilustra una realización alternativa para un circulador 500 de guía de ondas donde los componentes de acoplamiento 508 de variación progresiva conectados a dos brazos 505 de guía de ondas adyacentes son contiguos. Como se ha mostrado en la fig. 1, los componentes de acoplamiento 108 de variación progresiva en dos brazos 105 de guía de ondas adyacentes están conectados a través de una región plana 117 que es aproximadamente perpendicular al eje longitudinal del brazo 105 de guía de ondas no adyacente, donde el circulador 100 de guía de ondas contiene tres brazos 105 de guía de ondas. La región plana proporciona una sola superficie para que los arrollamientos magnéticos 135 entren en el circulador 100 de guía de ondas. Como se ha ilustrado en la fig. 5, el circulador 500 de guía de ondas no posee la superficie plana entre regiones de transición en los brazos 505 de guía de ondas adyacentes. De modo diferente, el circulador 500 de guía de ondas es similar al circulador 100 de guía de ondas. Por ejemplo, el circulador 500 de guía de ondas incluye un elemento de ferrita 101, transformadores dieléctricos 110, un separador 102, y brazos 505 de guía de ondas, que son respectivamente similares al elemento de ferrita 101, a los transformadores dieléctricos 110, al separador 102 y a los brazos 105 de guía de ondas como se ha descrito anteriormente.

La fig. 6 representa un circulador 600 de guía de ondas que incluye un componente de acoplamiento 608 de variación progresiva que transita desde la anchura de un brazo 605 de guía de ondas en el extremo de variación progresiva ancho 603 a la anchura más estrecha en el extremo de variación progresiva estrecho 615 a través de una serie de escalones que estrechan los lados de los brazos 105 de guía de ondas hacia el elemento de ferrita 101. Más allá del componente de acoplamiento de variación progresiva, el circulador 600 de guía de ondas es generalmente similar al circulador 100 de guía de ondas en la fig. 1. En particular, el circulador 600 de guía de ondas incluye un elemento de ferrita 101, transformadores dieléctricos 110, un separador 102, brazos 605 de guía de ondas, que son respectivamente similares al elemento de ferrita 101, a los transformadores dieléctricos 110, al separador 102, y a los brazos 105 de guía de ondas como se ha descrito anteriormente en la fig. 1.

La fig. 7 ilustra una realización alternativa para un circulador 700 de guía de ondas donde componentes de acoplamiento 708 de variación progresiva conectados a dos brazos 705 de guía de ondas adyacentes son contiguos. Como se ha mostrado en la fig. 1, los componentes de acoplamiento 108 de variación progresiva sobre dos brazos 105 de guía de ondas adyacentes están conectados a través de una región plana 117 que es aproximadamente perpendicular al eje longitudinal del brazo 105 de guía de ondas no adyacente, donde el circulador 100 de guía de ondas contiene tres brazos 105 de guía de ondas. La región plana proporciona una sola superficie para que los arrollamientos magnéticos 135 entren en el circulador 100 de guía de ondas. Como se ha ilustrado en la fig. 7, el circulador 700 de guía de ondas no posee la superficie plana entre regiones de transición sobre brazos 705 de guía de ondas adyacentes. Además, los componentes de acoplamiento 708 de variación progresiva se extienden más allá del elemento de ferrita y de los transformadores dieléctricos a los brazos 705 de guía de ondas. De modo diferente, el circulador 700 de guía de ondas es similar al circulador 100 de guía de ondas. Por ejemplo el circulador 700 de guía de ondas incluye un elemento de ferrita 101, transformadores dieléctricos 110, un separador 102, y brazos 705 de guía de ondas, que son respectivamente similares al elemento de ferrita 101, a los transformadores dieléctricos 110, al separador 102, y a los brazos 105 de guía de ondas como se ha descrito anteriormente.

Las figs. 8-10 son gráficas que ilustran el ancho de banda de diferentes características de una realización descrita por la presente exposición. Por ejemplo, la fig. 8 es una gráfica 800 del ancho de banda 802 para la pérdida de inserción para una realización descrita por la presente exposición. Como se ha mostrado en la gráfica 800, el ancho de banda 802 para una pérdida de inserción de 0,12 dB o menos es aproximadamente de 6 GHz. Además, la fig. 9 es una gráfica 900 del aislamiento para una realización descrita por la presente exposición. Como se ha mostrado en la gráfica 900, el ancho de banda 902 para un nivel de aislamiento de 23 dB o mayor es aproximadamente de 6 GHz. También, la fig. 10, es una gráfica 1000 de la pérdida de retorno para una realización descrita por la presente exposición. Como se ha mostrado en la gráfica 1000, el ancho de banda 1002 para una pérdida de retorno de 23 dB o mayor es también aproximadamente de 6 GHz.

La fig. 11 es un diagrama que ilustra una vista superior de un circulador de guía de ondas de múltiples uniones con una segunda realización de la invención. Esta configuración de circulador es denominada como una red de conmutación de cuatro ranuras, de un solo polo (SP4T). Un conmutador SP4T se compone de tres circuladores de conmutación y también es denominado como un circulador de múltiples uniones con tres uniones de ferrita. Es importante observar que aunque las realizaciones descritas ilustran el elemento de ferrita como en forma de Y con tres patas, la invención también puede incluir la utilización de elementos de ferrita que tienen una variedad de formas diferentes, incluyendo un disco triangular. Aunque no se puede considerar que estas formas tengan patas o segmentos sobresalientes como se ha descrito anteriormente, sin embargo tienen un segmento particularmente sobresaliente que funciona de una manera similar a los elementos descritos anteriormente.

La fig. 11 muestra una estructura 1100 de guía de ondas conductora que incluye tres elementos de ferrita (también llamados toroides) 1102, 1104, y 1106 configurados de manera que al menos una pata de cada elemento de ferrita es adyacente a una pata de un elemento de ferrita contiguo. Cada elemento de ferrita 1102, 1104, y 1106 tiene tres segmentos y tiene separadores dieléctricos 1108, 1110, y 1112, dispuestos respectivamente sobre su superficie exterior. Hay aberturas perforadas a través de cada segmento del elemento de ferrita 1102 de modo que el arrollamiento magnetizado 1114 puede ser enfilado a través de cada segmento del elemento de ferrita 1102. De manera similar, los elementos de ferrita 1104 y 1106 tienen arrollamientos magnéticos 1116 y 1118, enfilados respectivamente a través de cada segmento. Alternativamente, los arrollamientos magnéticos son enfilados a través de al menos uno de los segmentos, pero no necesariamente los tres.

Todos los componentes descritos anteriormente están dispuestos dentro de la estructura 1100 de guía de ondas conductora, y como en la primera realización, la estructura de guía de ondas conductora está generalmente llena de aire. La estructura 1100 de guía de ondas conductora también incluye brazos de entrada/salida 1130, 1132, 1134, 1136, y 1138 de guía de ondas. Los brazos 1130, 1132, 1134, 1136, y 1138 de guía de ondas proporcionan interfaces para entrada y salida de señal.

Un segmento de cada uno del elemento de ferrita 1104 y dos segmentos de elementos de ferrita 1102 y 1106 están acoplados en impedancia directamente a los brazos 1130, 1132, 1134, 1136, y 1138 de guía de ondas, respectivamente. El acoplamiento de impedancia es conseguido a través del diseño de los elementos de ferrita 1102, 1104, y 1106 y de los separadores dieléctricos 1108, 1110, y 1112. En ciertas realizaciones, los transformadores de cuarto de onda son utilizados para ayudar a acoplar la impedancia entre los segmentos de elementos de ferrita 1102, 1104, y 1106 y los brazos 1130, 1132, 1134, 1136, y 1138 de guía de ondas. Además, las anchuras de los brazos 1130, 1132, 1134, 1136, y 1138 de guía de ondas pasan a través de un componente de acoplamiento de variación progresiva que está próximo a cada segmento de cada elemento de ferrita 1102, 1104, y 1106, donde la anchura de los componentes de acoplamiento de variación progresiva se estrecha de tal manera que la diferencia entre la impedancia de las cavidades interiores cargadas con los elementos de ferrita 1102, 1104, y 1106 y la impedancia de los brazos 1130, 1132, 1134, 1136, y 1138 de guía de ondas es reducida. Como se ha mostrado en la fig. 11, los segmentos adyacentes de los elementos de ferrita 1102 y 1104 tienen componentes de acoplamiento de variación progresiva alrededor de segmentos adyacentes. De manera similar, los segmentos adyacentes de los elementos de ferrita 1104 y 1106 también tienen componentes de acoplamiento de variación progresiva alrededor de segmentos adyacentes.

En funcionamiento como un conmutador SP4T, una señal de RF es proporcionada como una entrada a través del brazo 1130 de guía de ondas y la señal de RF es entregada como una salida a través de uno de los otros brazos 1132, 1134, 1136, y 1138 de guía de ondas. Por ejemplo, la señal entra en la estructura 1100 de guía de ondas después de desplazarse a través del brazo 1130 de guía de ondas y es recibida por el elemento de ferrita 1104. Dependiendo de la magnetización del elemento de ferrita 1104, la señal de RF es dirigida bien hacia el elemento de ferrita 1102 o bien hacia el 1106. La dirección de la señal de RF que se propaga a través del elemento de ferrita 1102, 1104, y 1106 puede ser descrita como en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario a las agujas del reloj con respecto al centro del elemento de ferrita. Por ejemplo, si la señal introducida a través del brazo 1130 de guía de ondas pasa en el sentido de las agujas del reloj a través del elemento de ferrita 1104, se propagará en la dirección del elemento de ferrita 1106. Para que esta señal continúe a través del elemento de ferrita 1106 hacia el brazo 1132, la magnetización del elemento de ferrita 1106 debería ser establecida de modo que la señal de propagación pase en el sentido contrario a las agujas del reloj con respecto a la unión central del elemento de ferrita 1106. La señal de RF saldrá de este modo a través del brazo 1132 de guía de ondas con pérdida de inserción baja. Para cambiar el puerto de salida de pérdida baja desde la salida 1132 a una salida diferente 1138, una corriente de magnetización es hecha pasar a través del arrollamiento de magnetización 1116 de modo que cause la circulación a través del elemento de ferrita 1104 en sentido contrario a las agujas del reloj, y una corriente de magnetización es hecha pasar a través del arrollamiento de magnetización 1114 de modo que cause la circulación a través del elemento de ferrita 1102 en el sentido de las agujas del reloj. Esto permite que la señal de RF se propague desde el brazo de entrada 1130 al segundo brazo de salida 1138 con pérdida de inserción baja (ACTIVADO efectivamente) y desde el brazo de entrada 1130 a los otros brazos de salida 1132, 1134, y 1136 con pérdida de inserción alta (DESACTIVADO efectivamente). Los componentes de acoplamiento de variación progresiva alrededor de los elementos de ferrita, permiten la propagación de la señal de RF desde el brazo de entrada 1130 a cualquiera de los brazos de salida 1132, 1134, 1136, y 1138 con una diferencia de impedancia reducida entre las cavidades interiores cargadas con los elementos de ferrita 1102, 1104, y 1106 y los brazos 1130, 1132, 1134, 1136, y 1138 de guía de ondas.

La fig. 12 es un diagrama de flujo que ilustra un método 1200 para acoplar en impedancia un circulador de guía de ondas a una guía de ondas. El método 1200 comienza en 1202 con la propagación de una señal a través de un primer brazo de guía de ondas, en el que el primer brazo de guía de ondas está acoplado a un extremo de variación progresiva ancho de un primer componente de acoplamiento de variación progresiva, en el que un extremo de variación progresiva estrecho del primer componente de acoplamiento de variación progresiva está acoplado a una cavidad interna, en que un elemento de ferrita está dispuesto dentro de la cavidad interna. El método 1200 prosigue en 1204 con la propagación de la señal a través del primer componente de acoplamiento de variación progresiva que ha de ser recibido por un primer segmento del elemento de ferrita que se extiende a través del extremo de variación progresiva estrecho del primer componente de acoplamiento de variación progresiva, en el que el extremo de variación progresiva estrecho es más estrecho que el extremo de variación progresiva ancho de tal manera que una primera magnitud de diferencia de impedancia entre el primer brazo de guía de ondas y la cavidad interna que contiene el elemento de ferrita es reducida.

El método 1200 prosigue en 1206 haciendo circular la señal desde el primer segmento a un segundo segmento del elemento de ferrita, en el que el segundo elemento del elemento de ferrita se extiende a través de un segundo componente de acoplamiento de variación progresiva acoplado a la cavidad interna, en que el segundo componente de acoplamiento de variación progresiva tiene un extremo de variación progresiva estrecho que es más estrecho que un segundo extremo de variación progresiva ancho de tal manera que una primera magnitud de diferencia de impedancia entre el primer brazo de guía de ondas y la cavidad interna que contiene el elemento de ferrita es reducida. El método 1200 prosigue en 1208 con la propagación de la señal a través del segundo componente de acoplamiento de variación progresiva al segundo brazo de guía de ondas.

Otros ejemplos

El ejemplo 1 incluye un circulador de guía de ondas, que comprende una estructura de guía de ondas, incluyendo la estructura de guía de ondas una pluralidad de brazos de guía de ondas que se extienden desde una unión de brazo de guía de ondas, en el que la pluralidad de brazos se conectan a la unión de brazo de guía de ondas en una pluralidad de componentes de acoplamiento de variación progresiva, en el que cada componente de acoplamiento de variación progresiva en la pluralidad de componentes de acoplamiento de variación progresiva tiene un extremo de variación progresiva estrecho que está próximo a la unión de brazo de guía de ondas y un extremo de variación progresiva ancho que está distal a la unión de brazo de guía de ondas, en el que la anchura del extremo de variación progresiva estrecho es más estrecha a lo largo de un plano H para la estructura de guía de ondas que el extremo de variación progresiva ancho; y un elemento de ferrita dispuesto en la unión de brazo de guía de ondas y que tiene una pluralidad de segmentos que acoplan el número de brazos de guía de ondas, en el que cada segmento en la pluralidad de segmentos se extiende a través del extremo de variación progresiva estrecho del componente de acoplamiento de variación progresiva y la anchura del extremo de variación progresiva estrecho del componente de acoplamiento de variación progresiva es más estrecha que la del extremo de variación progresiva ancho de tal manera que una magnitud de diferencia de impedancia entre cada brazo de guía de ondas y la unión de brazo de guía de ondas que contiene el elemento de ferrita es reducida.

El ejemplo 2 incluye el circulador de guía de ondas del Ejemplo 1, que comprende una abertura formada a través de

cada segmento en la pluralidad de segmentos; y un arrollamiento de magnetización insertado a través de las aberturas de tal manera que la corriente aplicada al arrollamiento de magnetización establece un campo magnético en el elemento de ferrita.

5 El ejemplo 3 incluye el circulador de guía de ondas del Ejemplo 2, en que el arrollamiento magnético entra en la estructura de guía de ondas en una región entre dos componentes de acoplamiento de variación progresiva en la pluralidad de componentes de acoplamiento de variación progresiva de dos brazos de guía de ondas adyacentes.

El ejemplo 4 incluye el circulador de guía de ondas de cualquiera de los Ejemplos 1-3, en que el elemento de ferrita comprende un transformador dieléctrico de cuarto de onda formado sobre el extremo de cada segmento en la pluralidad de segmentos que se extienden en los brazos de guía.

10 El ejemplo 5 incluye el circulador de guía de ondas de cualquiera de los Ejemplos 1-4, que comprende al menos un elemento de acoplamiento de impedancia empírico situado dentro de la estructura de guía de ondas.

El ejemplo 6 incluye el circulador de guía de ondas de cualquiera de los Ejemplos 1-5, que comprende al menos un separador, posicionando al menos un separador el elemento de ferrita dentro de la unión de brazo de guía de ondas.

15 El ejemplo 7 incluye el circulador de guía de ondas de cualquiera de los Ejemplos 1-6, en el que el elemento de ferrita tiene forma de y.

20 El ejemplo 8 incluye el circulador de guía de ondas de cualquiera de los Ejemplos 1-7, en el que la anchura del componente de acoplamiento de variación progresiva es reducida a través de al menos uno de una disminución lineal de anchura sobre la longitud del componente de acoplamiento de variación progresiva; una disminución escalonada en anchura a través del componente de acoplamiento de variación progresiva; y una disminución curvada en anchura sobre la longitud del componente de acoplamiento de variación progresiva.

25 El ejemplo 9 incluye una estructura de guía de ondas, que comprende una pluralidad de brazos de guía de ondas; una cavidad interna; una pluralidad de componentes de acoplamiento de variación progresiva, en el que cada componente de acoplamiento de variación progresiva en la pluralidad de componentes de acoplamiento de variación progresiva tiene un extremo de variación progresiva estrecho que está conectado a la cavidad interna y un extremo de variación progresiva ancho que está conectado a un brazo de guía de ondas en la pluralidad de brazos de guía de ondas, en que el extremo de variación progresiva estrecho es más estrecho que el extremo de variación progresiva ancho; y un elemento de ferrita que tiene una pluralidad de segmentos de elemento de ferrita dispuestos en la cavidad interna, en que un segmento en la pluralidad de segmentos de elemento de ferrita se extiende a través del extremo de variación progresiva estrecho del componente de acoplamiento de variación progresiva y el extremo de variación progresiva estrecho del componente de acoplamiento de variación progresiva es más estrecho que el extremo de variación progresiva ancho de tal manera que una magnitud de diferencia de impedancia entre cada brazo de guía de ondas y la cavidad interna que contiene el elemento de ferrita es reducida.

35 El ejemplo 10 incluye la estructura de guía de ondas del Ejemplo 9, que comprende una abertura formada a través de cada segmento del elemento de ferrita en la pluralidad de segmentos de elemento de ferrita; y un arrollamiento de magnetización insertado a través de las aberturas de tal manera que la corriente aplicada al arrollamiento de magnetización establece un campo magnético en el elemento de ferrita.

40 El ejemplo 11 incluye la estructura de guía de ondas de cualquiera de los Ejemplos 9-10, en que el arrollamiento de magnetización entra en la cavidad interna de la estructura de guía de ondas en una región entre dos componentes de acoplamiento de variación progresiva en la pluralidad de componentes de acoplamiento de variación progresiva de dos brazos de guía de ondas adyacentes.

El ejemplo 12 incluye la estructura de guía de ondas de cualquiera de los Ejemplos 9-11, que comprende un transformador dieléctrico de cuarto de onda formado sobre el extremo de cada segmento en la pluralidad de segmentos.

El ejemplo 13 incluye la estructura de guía de ondas de cualquiera de los ejemplos 9-12, que comprende al menos un elemento de acoplamiento de impedancia empírico situado dentro de la estructura de guía de ondas.

45 El ejemplo 14 incluye la estructura de guía de ondas de cualquiera de los ejemplos 9-13, que comprende al menos un separador, posicionando al menos un separador el elemento de ferrita dentro de la cavidad interna.

El ejemplo 15 incluye la estructura de guía de ondas de cualquiera de los Ejemplos 9-14, en que el elemento de ferrita tiene forma de y.

50 El ejemplo 16 incluye la estructura de guía de ondas de cualquiera de los Ejemplos 9-15, en que la anchura del componente de acoplamiento de variación progresiva es reducida a través de al menos uno de una disminución lineal en anchura sobre la longitud del componente de acoplamiento de variación progresiva; una disminución escalonada en anchura a través del componente de acoplamiento de variación progresiva; y una disminución curvada en anchura sobre la longitud del componente de acoplamiento de variación progresiva.

El ejemplo 17 incluye la estructura de guía de ondas de cualquiera de los Ejemplos 9-16, que comprende además un segundo elemento de ferrita dispuesto en la cavidad interna.

5 El ejemplo 18 incluye un método para hacer circular una señal en un circulador de guía de ondas, comprendiendo el método propagar una señal a través de un primer brazo de guía de ondas, en que el primer brazo de guía de ondas está acoplado a un extremo de variación progresiva ancho de un primer componente de acoplamiento de variación progresiva, en que un extremo de variación progresiva estrecho del primer componente de acoplamiento de variación progresiva está acoplado a una cavidad interna, en que un elemento de ferrita está dispuesto dentro de la cavidad interna; propagar la señal a través del primer componente de acoplamiento de variación progresiva que ha de ser recibido por un primer segmento del elemento de ferrita que se extiende a través del extremo de variación progresiva estrecho del primer componente de acoplamiento de variación progresiva, en que el extremo de variación progresiva estrecho es más estrecho que el extremo de variación progresiva ancho de tal manera que una primera magnitud de diferencia de impedancia entre el primer brazo de guía de ondas y la cavidad interna que contiene el elemento de ferrita es reducida; hacer circular la señal desde el primer segmento a un segundo segmento del elemento de ferrita, en que el segundo segmento del elemento de ferrita se extiende a través de un segundo componente de acoplamiento de variación progresiva acoplado a la cavidad interna, en que el segundo componente de acoplamiento de variación progresiva tiene un segundo extremo de variación progresiva estrecho que es más estrecho que un segundo extremo de variación progresiva ancho de tal manera que una segunda magnitud de diferencia de impedancia entre un segundo brazo de guía de ondas y la cavidad interna que contiene el elemento de ferrita es reducida; y propagar la señal a través del segundo componente de acoplamiento de variación progresiva en el segundo brazo de guía de ondas.

20 El ejemplo 19 incluye el método del Ejemplo 18, en el que hacer circular la señal comprende además establecer un campo magnético en el elemento de ferrita.

El ejemplo 20 incluye el método del Ejemplo 19, en el que el establecimiento del campo magnético comprende conducir una corriente a través de un arrollamiento de magnetización que se extiende a través de cada segmento en el elemento de ferrita.

25 Se han descrito un número de realizaciones de la invención definidas por las siguientes reivindicaciones. Sin embargo, se comprenderá que pueden hacerse distintas modificaciones a las realizaciones descritas sin salirse de la invención reivindicada. Por consiguiente, otras realizaciones están dentro del marco de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura (100) de guía de ondas, que comprende

una pluralidad de brazos (105) de guía de ondas;

5 una cavidad interna (106);

una pluralidad de componentes de acoplamiento (108) de variación progresiva, en la que cada componente de acoplamiento (108) de variación progresiva en la pluralidad de componentes de acoplamiento (108) de variación progresiva tiene un extremo de variación progresiva estrecho (115) que está conectado a la cavidad interna (106) y un extremo de variación progresiva ancho (103) que está conectado a un brazo (105) de guía de ondas en la pluralidad de brazos (105) de guía de ondas, en la que el extremo de variación progresiva estrecho (115) es más estrecho que el extremo de variación progresiva ancho (103); y

10

un elemento de ferrita (101) que tiene una pluralidad de segmentos (111) de elemento de ferrita dispuestos en la cavidad interna (106),

caracterizado por que:

15 cada segmento (111) en la pluralidad de segmentos (111) de elemento de ferrita se extiende a través del extremo de variación progresiva estrecho (115) de un componente de acoplamiento (108) de variación progresiva asociado en la pluralidad de componentes de acoplamiento de variación progresiva y el extremo de variación progresiva estrecho (115) del componente de acoplamiento (108) de variación progresiva asociado es más estrecho que el extremo de variación progresiva ancho (103) de modo que una magnitud de diferencia de impedancia entre cada brazo (105) de guía de ondas y la cavidad interna (106) que contiene el elemento de ferrita (101) es reducida, en el que la impedancia del brazo de guía de ondas es la impedancia de una guía de ondas que transporta energía de microondas a y desde el elemento de ferrita.

20

2. La estructura (100) de guía de ondas de la reivindicación 1, que comprende:

una abertura (135) formada a través de cada segmento (111) de elemento de ferrita en la pluralidad de segmentos (111) de elemento de ferrita; y

25

un arrollamiento de magnetización (125) insertado a través de las aberturas (135) de tal manera que la corriente aplicada al arrollamiento de magnetización (125) establece un campo magnético (107) en el elemento de ferrita (101).

3. La estructura (100) de guía de ondas de la reivindicación 1, en la que el arrollamiento de magnetización (125) entra en la cavidad interna (106) de la estructura (100) de guía de ondas en una región entre dos componentes de acoplamiento (108) de variación progresiva en la pluralidad de componentes de acoplamiento (108) de variación progresiva de dos brazos (105) de guía de ondas adyacentes.

30

4. La estructura (100) de guía de ondas de la reivindicación 1, que comprende un transformador dieléctrico (110) de cuarto de onda formado sobre el extremo de cada segmento (111) en la pluralidad de segmentos (111).

5. La estructura (100) de guía de ondas de la reivindicación 1, en la que el elemento de ferrita (101) tiene forma de y.

6. La estructura (100) de guía de ondas de la reivindicación 1, en la que la anchura del componente de acoplamiento (108) de variación progresiva es reducida a través de al menos una de entre las siguientes:

35

una disminución lineal en anchura sobre la longitud del componente de acoplamiento (108) de variación progresiva;

una disminución escalonada en anchura a través del componente de acoplamiento (108) de variación progresiva; y

40

una disminución curvada en anchura sobre la longitud del componente de acoplamiento (108) de variación progresiva.

7. La estructura (100) de guía de ondas de la reivindicación 1, que comprende además un segundo elemento de ferrita (101) dispuesto en la cavidad interna (106).

8. Un método para hacer circular una señal en un circulador de guía de ondas, comprendiendo el método:

45 propagar una señal a través de un primer brazo (105) de guía de ondas, en el que el primer brazo (105) de guía de ondas está acoplado a un extremo de variación progresiva ancho (103) de un primer componente de acoplamiento

(108) de variación progresiva, en el que el extremo de variación progresiva estrecho (115) del primer componente de acoplamiento (108) de variación progresiva está acoplado a una cavidad interna (106), en la que está dispuesto un elemento de ferrita (101) dentro de la cavidad interna (106);

5 propagar la señal a través del primer componente de acoplamiento (108) de variación progresiva que ha de ser recibido por un primer segmento (111) del elemento de ferrita (101) que se extiende a través del extremo de variación progresiva estrecho (115) del primer componente de acoplamiento (108) de variación progresiva, en el que el extremo de variación progresiva estrecho (115) es más corto que el extremo de variación progresiva ancho (103) de tal manera que una primera magnitud de diferencia de impedancia entre el primer brazo (105) de guía de ondas y la cavidad interna que contiene el elemento de ferrita (101) es reducida,

10 caracterizado por que comprende además:

15 hacer circular la señal desde el primer segmento (111) a un segundo segmento (111) del elemento de ferrita (101), en el que el segundo segmento (111) del elemento de ferrita (101) se extiende a través de un segundo componente de acoplamiento (108) de variación progresiva acoplado a la cavidad interna (106), en el que el segundo componente de acoplamiento (108) de variación progresiva tiene un segundo extremo de variación progresiva estrecho (115) que es más estrecho que un segundo extremo de variación progresiva ancho (103) de tal manera que una segunda magnitud de diferencia de impedancia entre un segundo brazo (105) de onda de guías y la cavidad interna que contiene el elemento de ferrita (101) es reducida, en el que la impedancia del segundo brazo (105) de guía de ondas acopla la impedancia de una guía de ondas que transporta energía de microondas a y desde el elemento de ferrita (101); y

20 propagar la señal a través del segundo componente de acoplamiento (108) de variación progresiva al segundo brazo (105) de guía de ondas.

9. El método de la reivindicación 8, en el que hacer circular la señal comprende además establecer un campo magnético (107) en el elemento de ferrita (101).

25 10. El método de la reivindicación 9, en el que el establecimiento del campo magnético (107) comprende conducir una corriente a través de un arrollamiento de magnetización (125) que se extiende a través de cada segmento (111) en el elemento de ferrita (101).

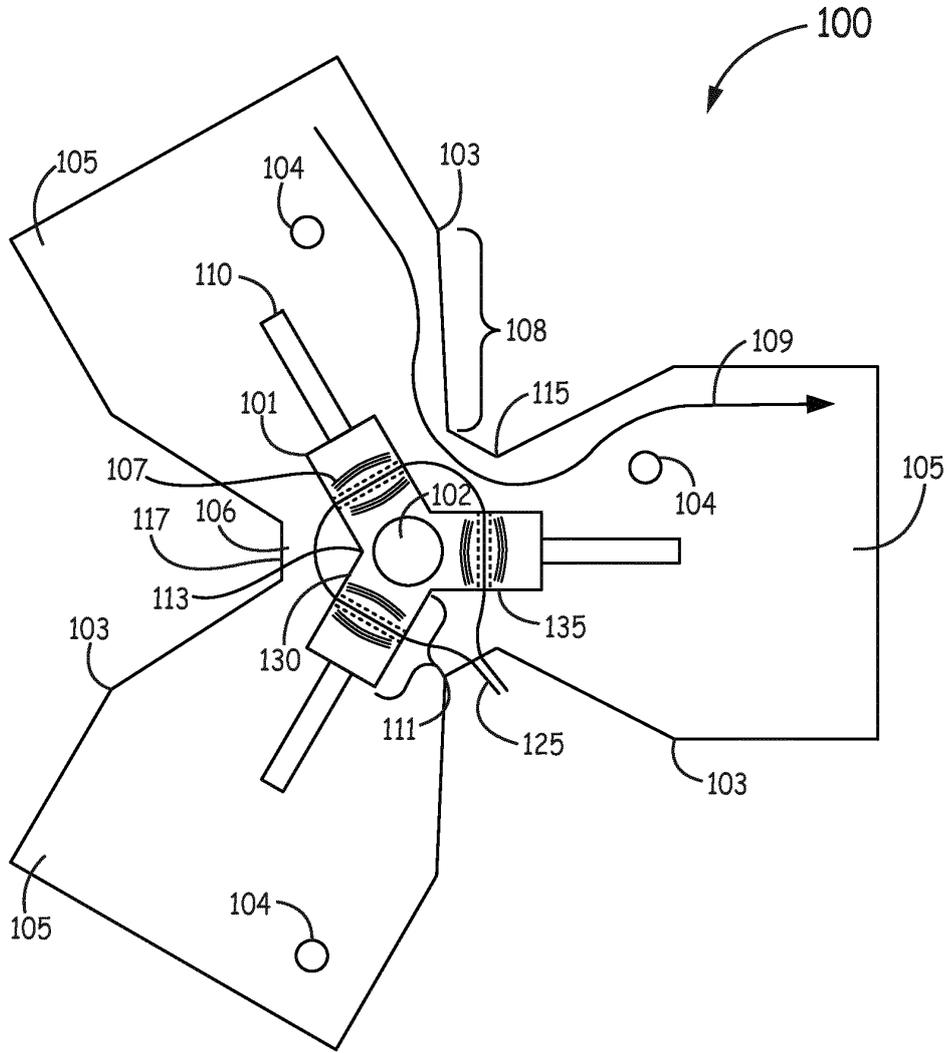


FIG. 1

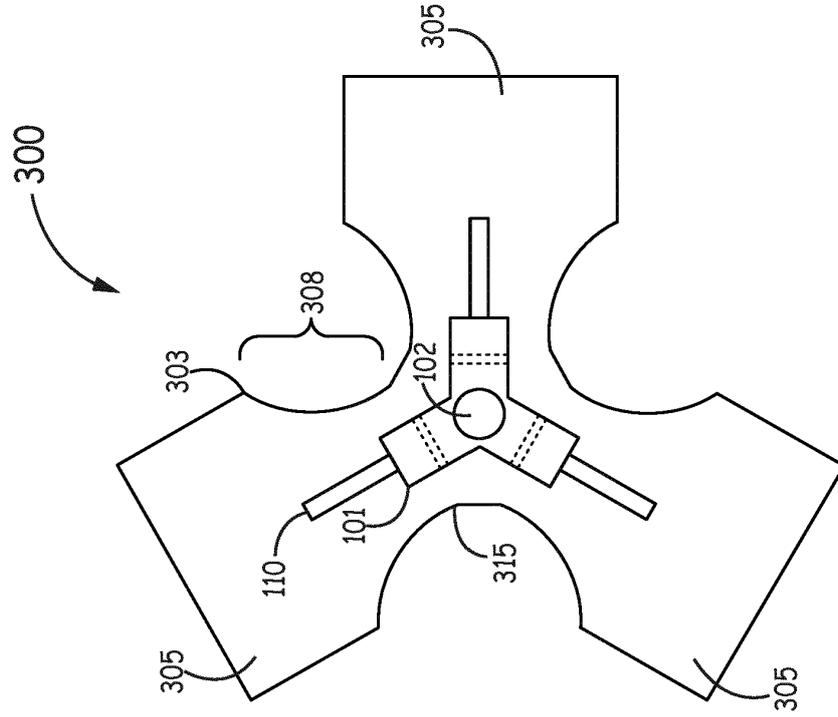


FIG. 2

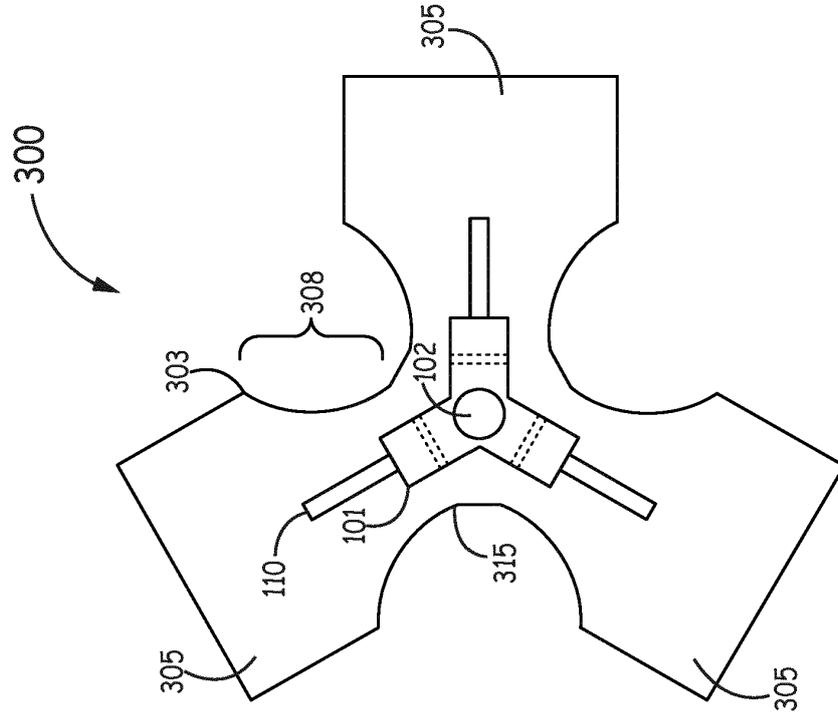


FIG. 3

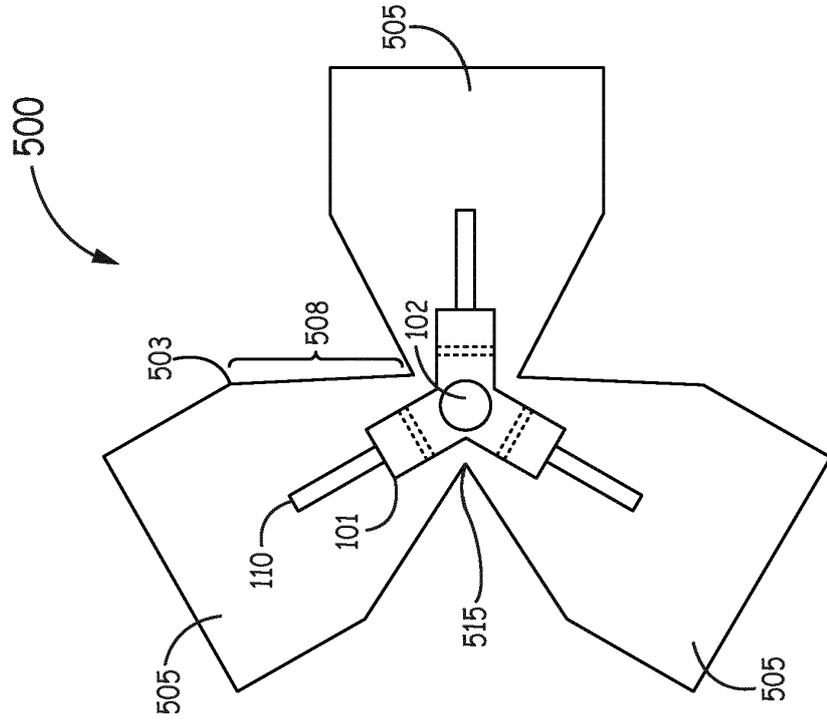


FIG. 5

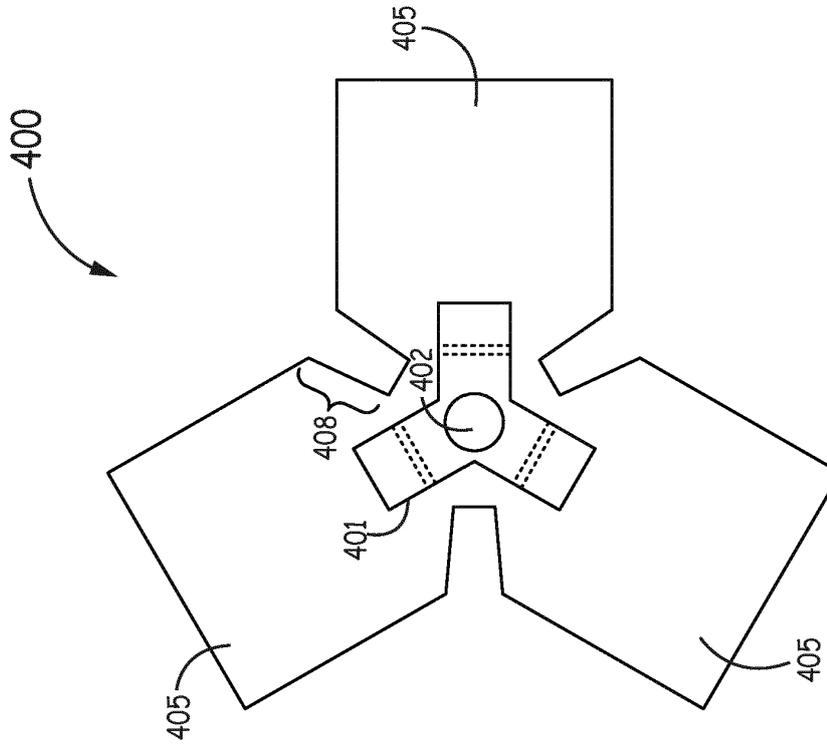


FIG. 4

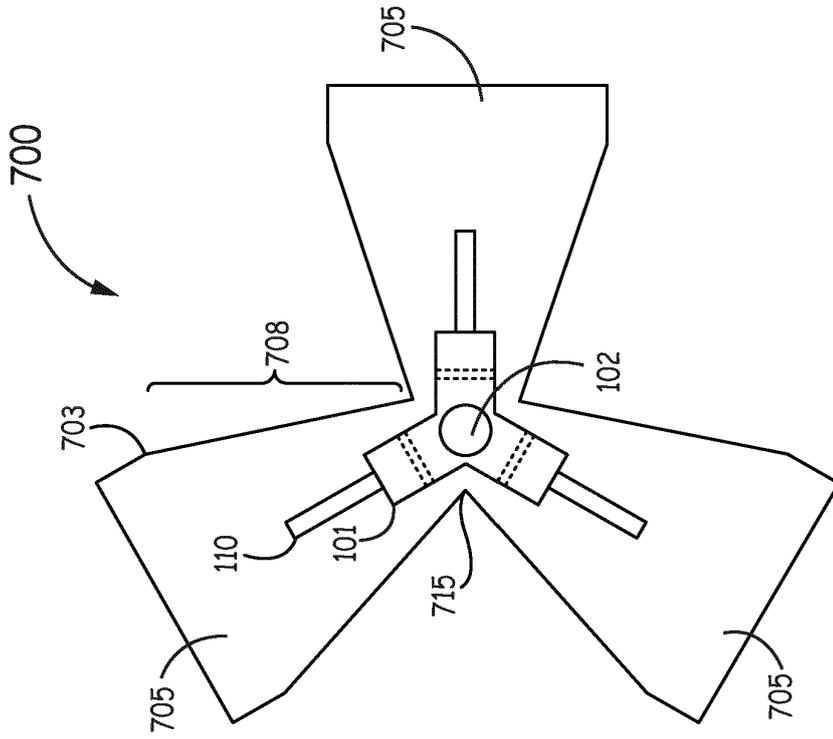


FIG. 7

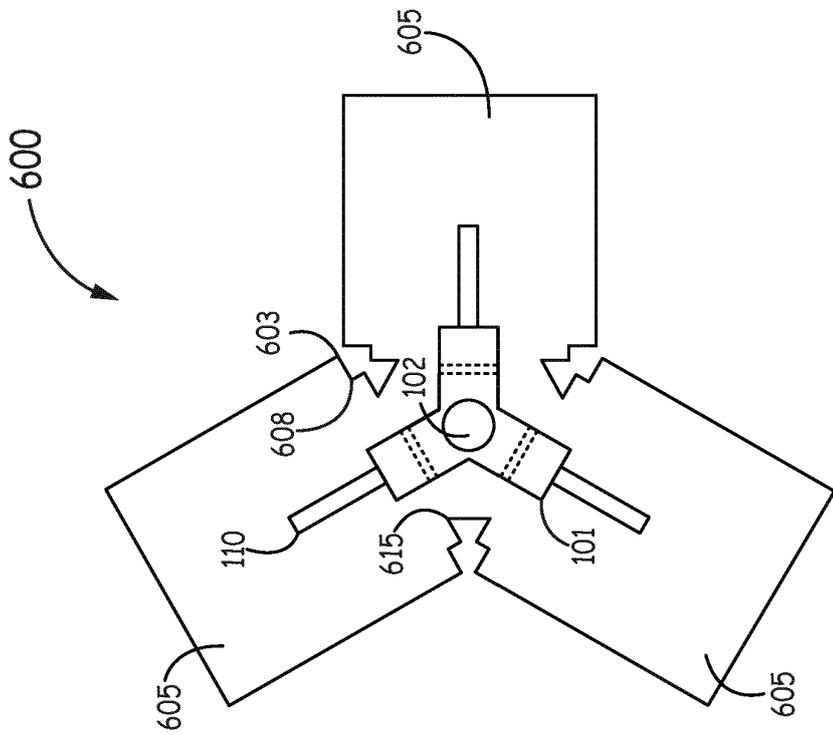


FIG. 6

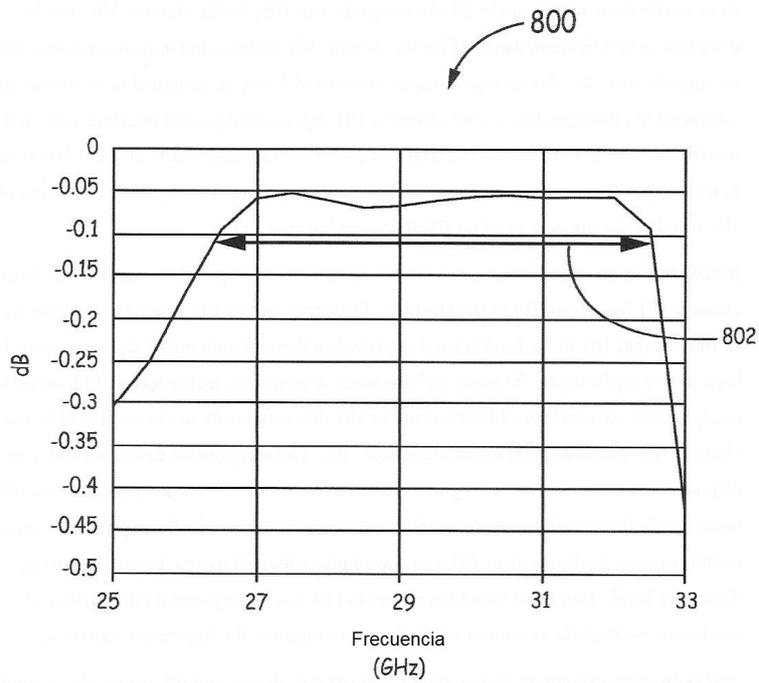


FIG. 8

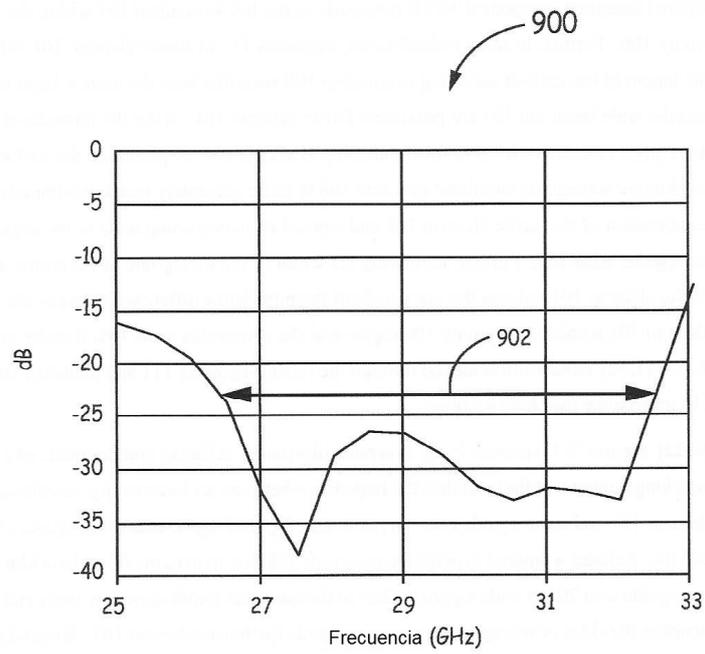


FIG. 9

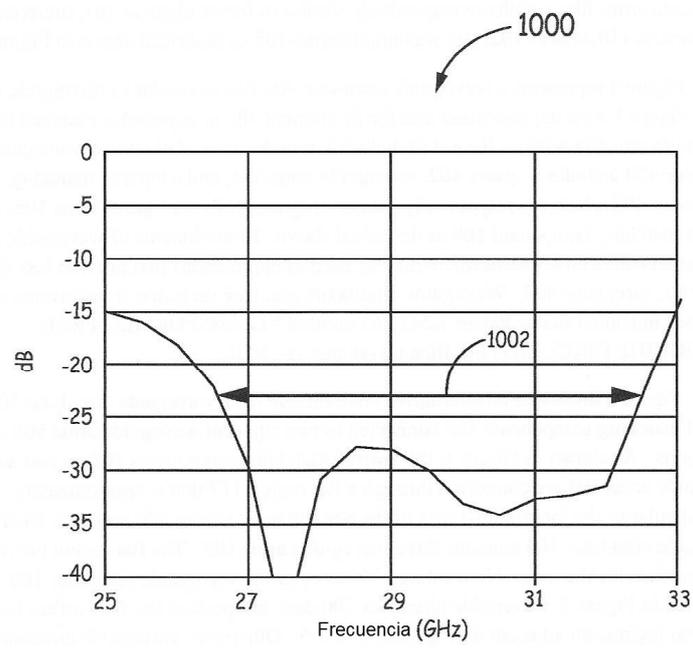


FIG. 10

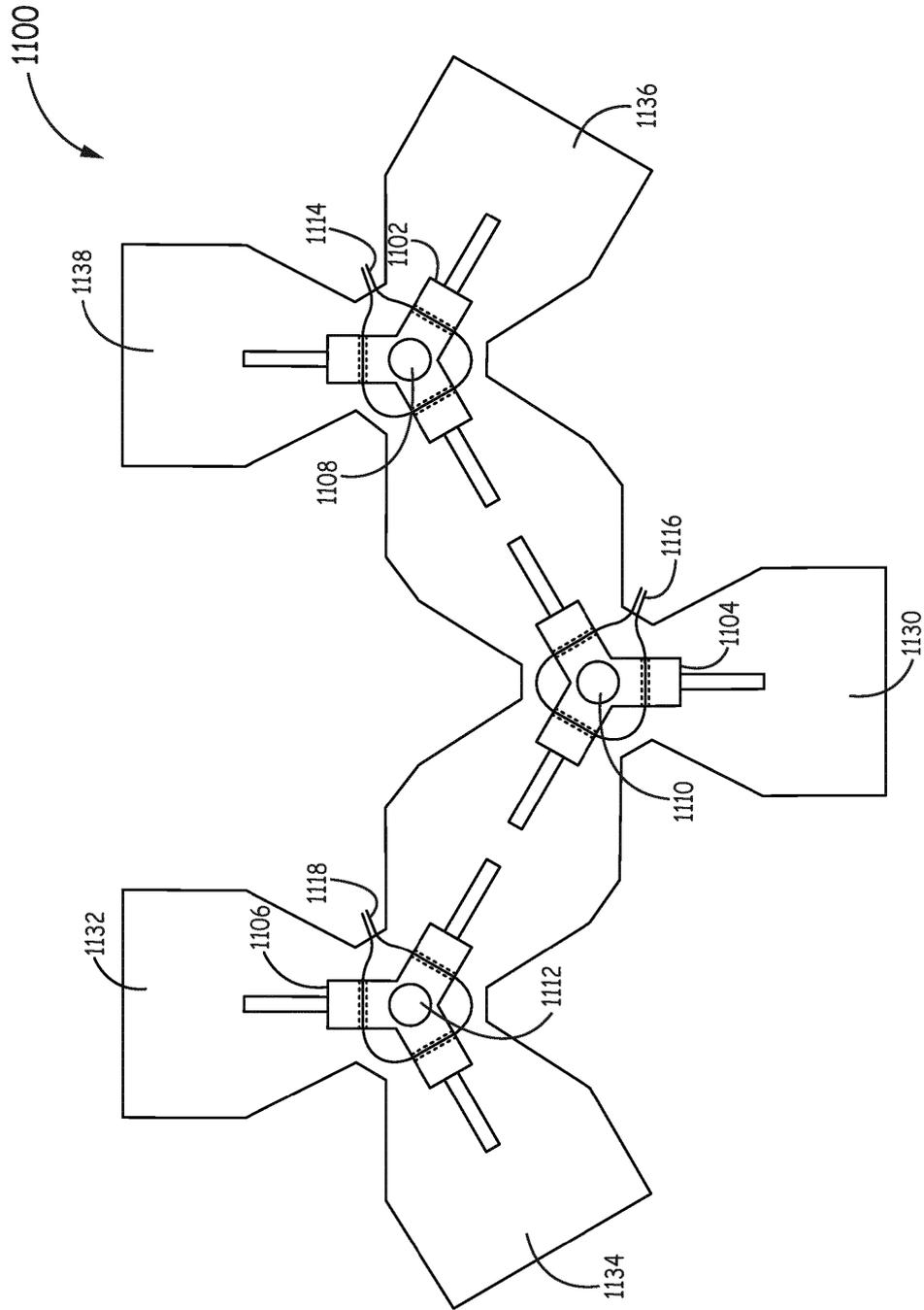


FIG. 11

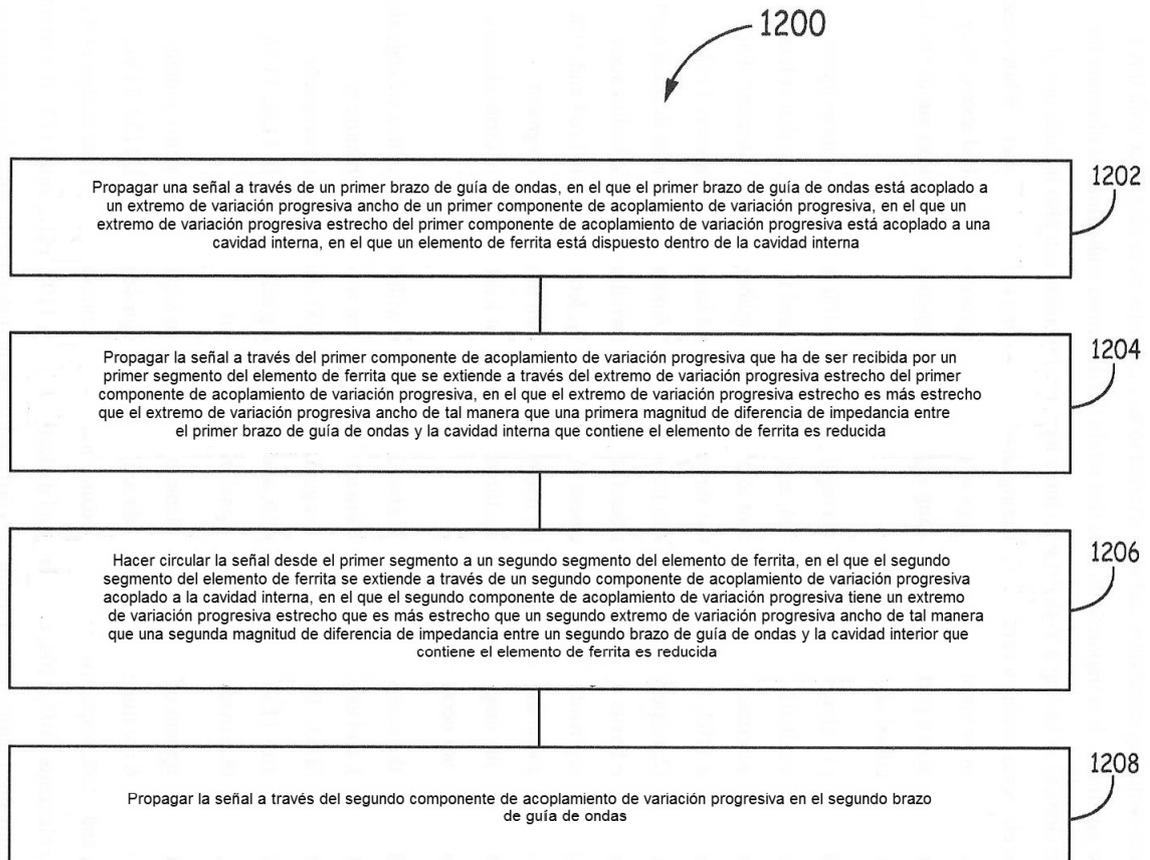


FIG. 12