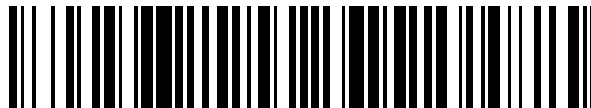


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 300**

51 Int. Cl.:

H01P 5/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.06.2013 PCT/GB2013/051573**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2013 WO13190276**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2013 E 13730066 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 2862229**

54 Título: **Balun**

30 Prioridad:

19.06.2012 GB 201210817

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

22.04.2020

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**NGUYEN, MARK CHRISTOPHER;
LEWIS, GARETH MICHAEL y
HARPER, RICHARD JOHN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 755 300 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

Balun

5 La presente invención se refiere a balunes, disposiciones de antena que incorporan balunes y a métodos asociados de operación de un balun, con referencia particular, pero no necesariamente exclusiva, a balunes microondas.

10 Los balunes son dispositivos eléctricos pasivos desconocidos. El término "balun" deriva de la abreviación de los dos términos ingleses 'balanced' y 'unbalanced' (equilibrado y desequilibrado). Los balunes son dispositivos de 3 puertos que convierten señales desde una línea de transmisión desequilibrada a una línea de transmisión equilibrada y viceversa. Los dos puertos equilibrados deberían proporcionar una señal igual en amplitud con una diferencia de fase de 180 grados.

15 Los dispositivos balun de microondas pueden implementarse en diversas formas, tal como en disposiciones de tipo transformador, líneas de transmisión acopladas y uniones de línea de transmisión. Se conoce a partir de US2005/0105637 y Bialkowski y Abbosh (ME Bialkowski y AM Abbosh, IEEE Microwave and Wireless Components Letters, Vol. 17, N.º 4, abril de 2007) cómo implementar balunes usando técnicas de microondas que implican microtiras y líneas de ranura. Sin embargo, sería deseable mejorar las características de rendimiento de estos dispositivos. En particular, sería deseable conseguir un intervalo de frecuencias más amplio sobre el que pueda conseguirse un funcionamiento útil del dispositivo. Los documentos WO2011/094471 A1 y JP2001326508 desvelan otros ejemplos de balunes con uniones entre diferentes clases de líneas de transmisión.

20 La presente invención, en al menos algunas de sus realizaciones, acomete los problemas y deseos anteriormente descritos.

25 Los diferentes aspectos de la invención se desvelan en la materia objeto de las presentes reivindicaciones.

30 Se describirán ahora ejemplos de dispositivos de acuerdo con la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:-

- 35 la Figura 1 muestra (a) una vista en planta de un primer ejemplo de un balun de la invención y (b) una vista en sección transversal a lo largo de la línea A-A';
- la Figura 2 muestra (a) una vista en planta de un segundo ejemplo de un balun de la invención y (b) una vista en sección transversal a lo largo de la línea A-A'; y
- la Figura 3 muestra vistas en sección transversal de (a) una microtira, (b) una línea de tira y (c) una línea de ranura.

40 La Figura 1 muestra un primer ejemplo de un balun de la invención, representado en general en 10, en la forma de una PCB. El balun 10 tiene un puerto de entrada 12 que conduce a una línea de entrada 14 que puede ser una microtira o una línea de tira. La línea de entrada 14 termina en una punta 16 en circuito abierto. El balun 10 comprende adicionalmente una línea de ranura 18. La línea de ranura 18 finaliza en ambos de sus extremos en circuitos 20, 22 abiertos. Justamente antes de su finalización por la punta 16, la línea de entrada 14 cruza la línea de ranura 18 sustancialmente en ángulo recto para formar una unión línea de entrada-línea de ranura. Esta unión se forma hacia el extremo de la línea de ranura 18 que está más próximo al puerto de entrada 12. El balun 10 comprende adicionalmente una línea de salida 24 con forma en general de U. La línea de salida 24 puede estar en la forma de una microtira o una línea de tira. La línea de salida 24 cruza la línea de ranura 18 sustancialmente en ángulos rectos para formar una unión. Esta unión se forma hacia el extremo de la línea de ranura 18 que está más próxima a los puertos 26, 28 de salida. La línea de salida 24 puede considerarse que comprende dos brazos 24a, 24b. El brazo 24a conecta la unión de la línea de salida 24 con la línea de ranura 18 al puerto de salida 26. El brazo 24b conecta la unión de la línea de salida 24 con la línea de ranura 18 al puerto de salida 28. El balun 10 comprende adicionalmente una pluralidad de vías circulares 30 que, como se entenderá fácilmente por el lector experto, son orificios pasantes plateados en la estructura de la PCB.

45 La Figura 1(b) es una vista en sección transversal a lo largo de la línea A-A' de la Figura 1(a). La PCB comprende el sustrato dieléctrico 32 que se fabrica de una primera capa de sustrato 32a y una segunda capa de sustrato 32b que puede fijarse de una forma adecuada, tal como mediante una capa de unión. Las capas de cobre presentes se muestran con líneas gruesas y se indican por el número 34. Una capa de cobre 34a es parte de la microtira 14. Las capas de cobre 34 se eliminan de la zona central del sustrato dieléctrico 32 como se muestra en la Figura 1(a) para dejar una ranura 35 que corresponde al circuito abierto 20.

50 Puede considerarse que el balun 10 tiene dos secciones, concretamente una sección de entrada que incluye una transición desde la línea de entrada 14 (una línea de tira o pista de microtira) a la línea de ranura 18 y una sección de salida que incluye una transición desde una línea de ranura 18 a la línea de salida 24 (dos líneas de tira o pistas de microtira 24a, 24b). Durante su uso, se introduce una señal eléctrica de entrada en el puerto de entrada 12 y se acopla a través de la línea de entrada 14 y la línea de ranura 18 a la unión entre la línea de ranura 18 y la línea de salida 24. En esta unión se crean señales eléctricas en contra-propagación sustancialmente idénticas de polaridad opuesta que se acoplan por los brazos 24a, 24b a los puertos de salida 26, 28. El balun descrito en Bialkowski y Abbosh consigue

un intervalo de frecuencia de 3,4:1 (relación f_{max}/f_{min}) para una adaptación de entrada de -10 dB. Balunes de la presente invención pueden proporcionar un intervalo de frecuencias de al menos 4:1 para un umbral de adaptación de entrada de -15 dB más exigente. La mejora es debida a los anchos en escalón y con variación de las líneas de entrada y salida 14, 24 que línea de ranura 18. Los balunes tal como se describen en Bialkowski y Abbosh y en el documento US 2005/0105637 utilizan pistas rectas y líneas de ranura. Estos dispositivos se basan en la unión entre las microtiras y las líneas de ranura y proporcionan una adaptación entrada/salida. Sin embargo, esto plantea limitaciones sobre el ancho de banda efectivo. Al variar el ancho de una o más de entre la línea de entrada, línea de ranura y línea de salida, tal como mediante escalones o ancho variable, es posible variar la impedancia a lo largo de la longitud de la pista de transmisión de la señal proporcionada por la línea de entrada, línea de ranura y línea de salida. De esta forma, las impedancias de la pista de transmisión pueden ajustarse de modo que se obtenga una adaptación de entrada al ancho de banda. Puede verse que en la Figura 1, los anchos de la línea de entrada 14, línea de ranura 18 y ambos brazos 24a, 24b de la línea de salida 24 tienen ancho variable. Adicionalmente cada brazo 24a, 24b tiene una sección escalonada 25.

El ancho de una línea de transmisión de microtira, línea de tira o línea de ranura determina su impedancia característica a las frecuencias de microondas. La presente invención permite que se optimice la impedancia de la pista de transmisión variando el ancho de la pista de transmisión. En términos generales, puede conseguirse variando o escalonando el ancho. Las líneas de transmisión de ancho variable se crean cuando el ancho se reduce o incrementa gradualmente a lo largo de la longitud de la línea de transmisión. Esto puede hacerse de modo que se varíe la impedancia asociada de tal manera que la magnitud del coeficiente de reflexión se mantenga en un mínimo o al menos se reduzca. De esta forma, las impedancias de la línea de transmisión pueden transformarse de valores comúnmente usados tales como 50 ohmios a otras impedancias que son más deseables para un rendimiento óptimo del balun.

Los presentes solicitantes han descubierto que en balunes de la técnica anterior, la transición desde la línea de tira o microtira a la línea de ranura no está bien adaptada a lo largo de un amplio intervalo de la frecuencia de trabajo. La sección de entrada puede utilizar características de circuito abierto para mejorar la adaptación de impedancias, pero se ha descubierto que esto no es suficiente para proporcionar un amplio intervalo de frecuencias de trabajo tal como se desea en muchas aplicaciones modernas. Mejores adicionales (especialmente para la sección de salida, en la que la línea de tira no finaliza en la unión con la línea de ranura) pueden obtenerse mediante el uso de escalones abruptos en el ancho de las líneas de transmisión. Las características escalonadas crean una desadaptación de impedancias que da como resultado un coeficiente de reflexión no cero. Múltiples desadaptaciones de impedancia, separadas por longitudes variables de la línea de transmisión, interferirán, dando como resultado una onda estacionaria formada a partir de la superposición de múltiples señales reflejadas. Las longitudes variables de la línea de transmisión que separa las señales reflejadas pueden usarse para provocar interferencia destructiva para minimizar la relación de onda estacionaria. Es deseable minimizar o al menos reducir el coeficiente de reflexión global de la relación de onda estacionaria optimizando los parámetros asociados con el número, magnitud y separación de las desadaptaciones de impedancia. Estos principios generales pueden implementarse de numerosas formas y se describirán ahora reglas de diseño para la implementación.

Como se ha indicado anteriormente, el balun puede considerarse que tiene una sección de entrada y una sección de salida. Se requiere una separación mínima entre estas dos secciones para evitar que la asimetría de la sección de entrada afecte el equilibrio de fase y amplitud de la sección de salida. En general, esta tiende a ser la única limitación sobre el equilibrio de amplitud y fase. Puede conseguirse un diseño inicial ajustando las dos secciones aisladamente y combinándolas posteriormente antes de la optimización final de los parámetros de diseño. Puede usarse un proceso iterativo para determinar los parámetros de diseño finales. Las interacciones entre impedancias en escalón y de ancho variable se usan para obtener una adaptación de la entrada al ancho de banda. Los parámetros de diseño consisten en anchos de línea de tira/microtira y línea de ranura, longitudes y desplazamientos, dimensiones de la cavidad de la línea de ranura y dimensiones de la punta de los circuitos abiertos de línea de tira/microtira. Las dimensiones típicas para la punta y otras terminaciones son del orden de un cuarto de una longitud de onda o menos a la frecuencia central. Dimensiones representativas pero no limitativas para un balun funcionando hasta 18 GHz son aproximadamente 9 mm x 18 mm x 1 mm, aunque el lector experto apreciará que las dimensiones utilizadas dependen de la constante dieléctrica y de los grosores de los materiales de laminado y sustrato usados. Los principios de diseño básicos para transiciones de línea de tira/microtiras a líneas de ranura son conocidos para las así llamadas antenas Vivaldi o Tapered Slot que tienen líneas de ranura de ancho variable.

Las vías 30 se disponen de modo que suprimen los modos de placa paralela provocados por ligeras asimetrías en las capas que componen la estructura de la PCB.

La Figura 2 muestra segundos ejemplos de un balun de la invención, representado en general en 36. El balun 36 es una variante del balun 10 del primer ejemplo de la invención teniendo características adicionales que se describen con más detalle a continuación. El balun 36 comparte todas las características representadas en la Figura 1 en relación con el balun 10 de la primera realización de la invención. Se usan números idénticos para indicar dichas características compartidas. El balun 36 difiere del balun 10 por medio de la provisión de dos capas discretas, adicionales de material dieléctrico. En particular, el balun 36 comprende una capa superior 38a discreta de un material dieléctrico que se proporciona sobre una cara superior de la PCB y una capa 38b inferior discreta de un material dieléctrico proporcionado sobre la cara inferior de la PCB. Se prefiere que las capas superior e inferior 38a, 38b se formen a partir del mismo

material dieléctrico que se usa en la PCB. Ejemplos de material dieléctrico adecuado son producidos por Rogers Corporation (Rogers CT 06263, USA) bajo el nombre comercial de materiales de circuitos de alta frecuencia serie RO 4000 (RTM). Las capas dieléctricas superior e inferior 38a, 38b se forman de modo que cubran totalmente la estructura de la línea de ranura 18, 20, 22. La capa superior 38a de material dieléctrico se muestra en la Figura 2(a) en la que se ve que tiene la forma de un rectángulo. Pueden utilizarse otras formas y el área del dispositivo cubierta por las capas superior e inferior del material dieléctrico 38a, 38b puede variarse, siempre que abarque los elementos de la línea de ranura. Típicamente, las capas 38a superior y 38b inferior de material eléctrico están en alineación entre sí, pero no es necesario que esto sea así. Las capas dieléctricas superior e inferior pueden fijarse a la PCB por cualquier medio conveniente, tal como capa de unión.

En una estructura de línea de ranura de la técnica anterior típica, se forma una ranura en una superficie de cobre sobre una cara de un laminado de microondas. Típicamente esta cara tiene un sustrato dieléctrico en un lado y aire en el otro. Esto da como resultado una constante dieléctrica efectiva que es de un valor en alguna forma entre la del sustrato y la del aire. La constante dieléctrica del aire se supone que tiene un valor de uno, en la que la constante dieléctrica de un material de sustrato de microondas típico es normalmente mayor de 2,2. La constante dieléctrica efectiva para este tipo de línea de ranura es inferior que para el sustrato debido a que algunas de las líneas de campo formadas por una propagación de señal a lo largo de la línea de transmisión aparecen en el sustrato y algunas aparecen en el aire que rodea la ranura. Las capas adicionales de material dieléctrico proporcionadas por este aspecto de la presente invención tienen el efecto de que las líneas de campo que aparecerían en otra forma en el aire que rodea la línea de ranura están en su lugar encerradas dentro del material dieléctrico. Los límites aire-dieléctrico crean una desadaptación de impedancias que limita la propagación de las líneas de campo más allá de estos límites. Por consiguiente, se incrementa la constante dieléctrica efectiva. Esto tiene la ventaja de que pueden emplearse dimensiones de líneas de ranura más pequeñas, lo que a su vez permite que se proporcionen balunes de dimensiones reducidas. Una ventaja adicional es que, debido a que hay una propagación reducida fuera de la estructura de la línea de transmisión, el acoplamiento de cualesquiera balunes adyacentes (u otras características o dispositivos de microondas) también se reduce. Esto es particularmente ventajoso cuando se usan múltiples balunes en matrices. Un ejemplo de esto es cuando se usan múltiples balunes en matrices de antenas en las que la separación de los elementos radiantes está limitada y el acoplamiento de señal entre balunes puede afectar al rendimiento. Pueden surgir ventajas similares en otros dispositivos que presenten estructuras de línea de ranura.

Los balunes como los descritos con referencia a las Figuras 1 y 2 pueden fabricarse usando técnicas de fabricación de PCB de microondas estándar. Para balunes de microondas, las PCB son generalmente del tipo conocido como laminados de microondas que hacen uso de sustratos dieléctricos con revestimiento de cobre de baja pérdida. Pueden obtenerse PCB adecuadas a partir de una variedad de fabricantes que son bien conocidos para el lector experto, tales como Rogers Corporation (Rogers CT 06263, Estados Unidos) y Taconic (Petersburg, NY 12138, Estados Unidos). La estructura del dispositivo puede producirse eliminando el cobre de las áreas deseadas de uno o ambos lados del laminado. Es también posible unir láminas de laminado juntas para formar estructuras multicapa. Las estructuras multicapa pueden tener múltiples combinaciones de líneas de transmisión de microtiras, líneas de tira o líneas de ranura. La eliminación del cobre se realiza proporcionando plantillas de cobre que se usan para formar los elementos de microtiras, líneas de tira o líneas de ranura deseados. La Figura 3 muestra vistas en sección transversal generales de (a) una microtira, (b) una línea de tira y (c) una línea de ranura. La Figura 3(a) muestra una microtira formada a partir de un laminado de microondas que comprende un sustrato dieléctrico 40 que tiene una capa de cobre 42 completa sobre una cara inferior de la misma. El cobre se ha eliminado de la cara superior del sustrato dieléctrico 40 para dejar una pista de cobre 44. La Figura 3 (b) muestra una línea de tira formada como una estructura multicapa que comprende un primer laminado de microondas 46 y un segundo laminado de microondas 48 y una lámina de unión de capa 50 que se usa para fijar los laminados 46, 48 entre sí. Comprendiendo el primer laminado de microondas 46 un sustrato dieléctrico 52 que tiene una capa de cobre 54 completa formada sobre una cara inferior del mismo. El cobre se elimina de la cara superior del sustrato dieléctrico 52 para dejar una pista de cobre 56. El cobre se elimina totalmente de una cara inferior del sustrato dieléctrico 58 del laminado de microondas 48. La cara superior del sustrato dieléctrico 58 retiene una capa de cobre 60 completa. Típicamente, se usan vías (también conocidos como orificios pasantes plateados (PTH)) para limitar la propagación de los modos de placa paralelos resultantes de la asimetría provocada por la unión de capa 50. La Figura 3 (c) muestra una línea de ranura formada partir de un laminado de microondas que comprende un sustrato dieléctrico 62 que tiene una capa de cobre 64 sobre una cara superior del mismo. El cobre se elimina de la capa de cobre 64 para crear una ranura. El cobre sobre la cara inferior del sustrato dieléctrico 62 puede eliminarse totalmente.

Balunes producidos de acuerdo con la invención se ha demostrado que proporcionan un intervalo de frecuencias excelente incluso para una adaptación de entradas de -15 dB o mejor. Ajustando variaciones que se cree eran debidas a una desadaptación del conector, se ha observado un excelente equilibrio de amplitud y fase en las dos señales eléctricas de salida. Se ha observado un equilibrio de amplitud de +/-0,025 dB y un equilibrio de fase de +/-10°.

Balunes de la invención son particularmente adecuados para su uso en la alimentación de una antena. Puede utilizarse una matriz de balunes. Sin embargo, los balunes de la invención pueden usarse para otras finalidades tales como un circuito de microondas.

REIVINDICACIONES

1. Un balun (10) para dividir una señal eléctrica de entrada en el intervalo de 1 a 40 GHz para producir primera y segundas señales eléctricas de salida que están sustancialmente fuera de fase, incluyendo el balun (10):
- 5 un puerto de entrada (12) para recibir la señal eléctrica de entrada;
una línea de entrada (14) para el acoplamiento de la señal eléctrica de entrada a una línea de ranura (18); y
una línea de salida (24) para el acoplamiento de la primera y segundas señales eléctricas de salida,
respectivamente, un primer puerto de salida (26) y un segundo puerto de salida (28), teniendo la línea de salida
10 (24) una unión con la línea de ranura (18), comprendiendo la línea de salida (24): un primer brazo (24a) que conecta
la unión con la línea de ranura (18) al primer puerto de salida (26); y un segundo brazo (24b) que conecta al unión
con la línea de ranura (18) al segundo puerto de salida (28); en el que la línea de ranura (18) acopla la señal
eléctrica de entrada a la unión y la unión actúa como un divisor para producir la primera y segundas señales
15 eléctricas;
en el que la línea de entrada (14), la línea de ranura (18) y la línea de salida (24) son de ancho variable y cada uno
del primer y segundo brazos (24a, 24b) tiene una sección escalonada (25), de modo que el balun se sintonice para
obtener la adaptación de entrada al ancho de banda.
2. Un balun de acuerdo con la reivindicación 1, el que al menos una de entre la línea de entrada y la línea de salida
20 es una microtira.
3. Un balun de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, el que al menos una de entre la línea de entrada
y la línea de salida es una línea de tira.
- 25 4. Un balun de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la línea de entrada tiene una o más secciones
escalonadas para proporcionar un ancho que varía a lo largo de la longitud.
5. Un balun de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la línea de salida y/o la línea de ranura tienen
un ancho que varía a lo largo de su longitud en la vecindad de la unión.
- 30 6. Un balun de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la línea de salida es sustancialmente simétrica
alrededor de la línea de ranura.
7. Un balun de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la línea de salida tiene sustancialmente forma de U.
- 35 8. Un balun de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la línea de ranura tiene dos extremos en los
que cada uno está terminado por una terminación en circuito abierto.
9. Un balun de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en el que la línea de entrada tiene un primer extremo que
se acopla al puerto de entrada y un segundo extremo que se termina por una terminación en circuito abierto o una
40 terminación en cortocircuito.
10. Un balun de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en la forma de una tarjeta de circuito impreso (PCB).
- 45 11. Un balun de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en la forma de una estructura laminada de microondas.
12. Una disposición de antena que incluye una antena que se alimenta de señales eléctricas desde un balun de
acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
- 50 13. Una antena de acuerdo con la reivindicación 12 en la que el balun se sintoniza para proporcionar un intervalo de
frecuencias de al menos 4:1 para un umbral de adaptación de entrada de -15 dB.
14. Un método de operación de un balun de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 que incluye:
introducir una señal eléctrica de entrada al balun y obtener la salida desde el balun de primera y segundas señales
55 eléctricas de salida que están sustancialmente fuera de fase.
15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, en el que la frecuencia de la señal eléctrica de entrada está en el
intervalo de 2 a 18 GHz.

Fig. 1(a)

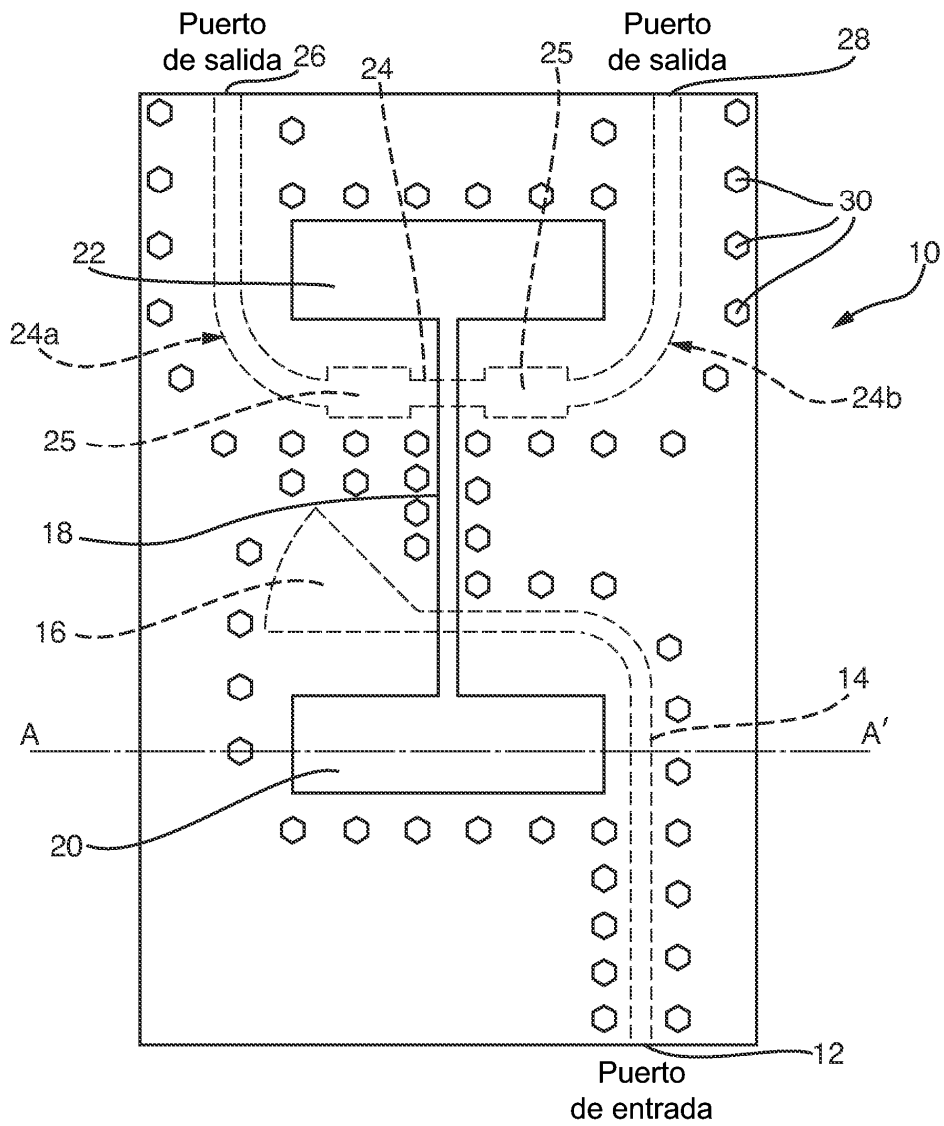
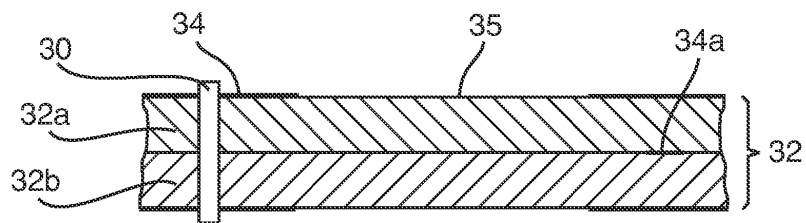


Fig. 1(b)



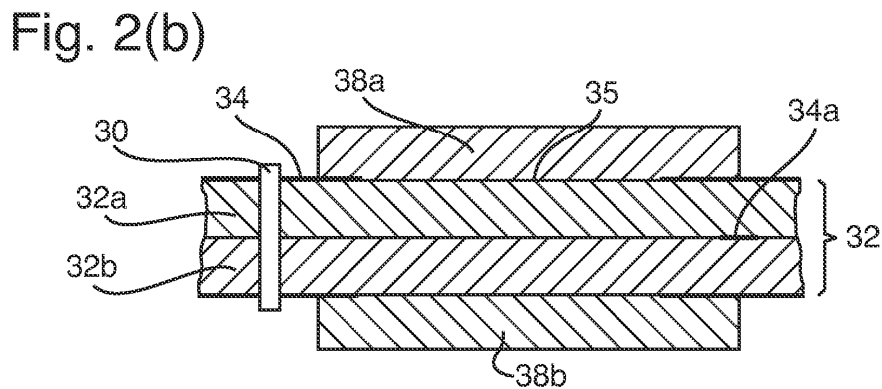
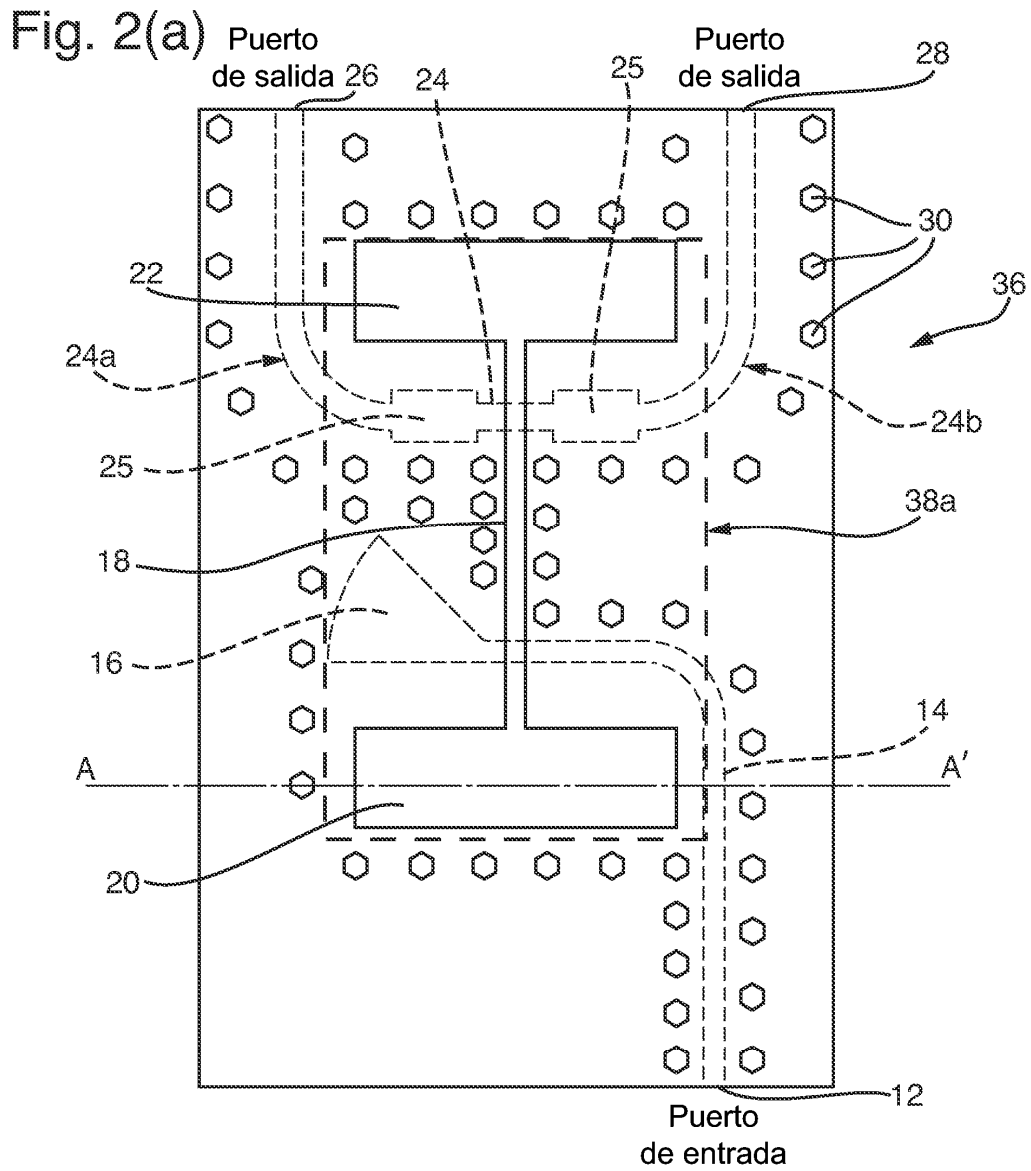


Fig. 3(a)

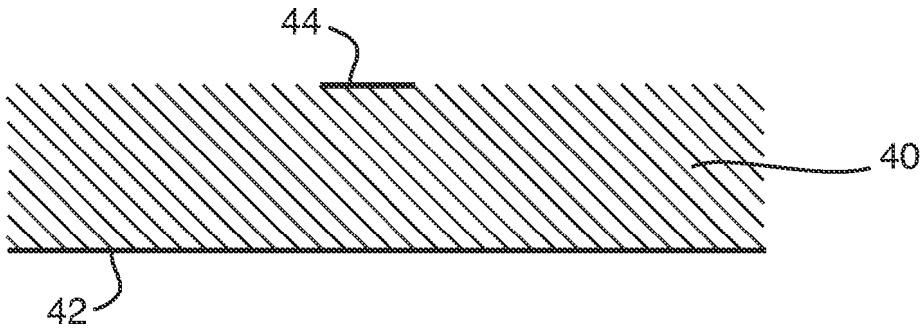


Fig. 3(b)

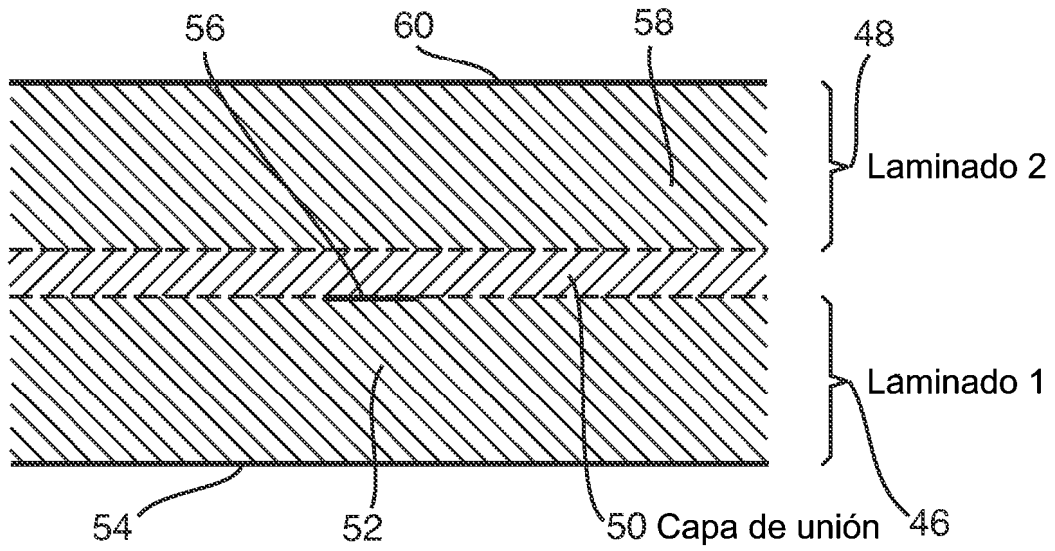


Fig. 3(c)

