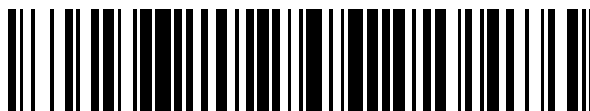


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 835**

51 Int. Cl.:

H01P 1/203

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.02.2012** **PCT/EP2012/052271**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.08.2012** **WO12107543**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2012** **E 12703121 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2017** **EP 2673831**

54 Título: **Filtro de radiofrecuencia regulable de tecnología planar y procedimiento de reglaje del filtro**

30 Prioridad:

10.02.2011 FR 1100408

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

31.07.2017

73 Titular/es:

THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles
Esplanade Nord, 92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

DENIS, STÉPHANE;
HACQUET, GÉRARD y
CAZENAVE, JEAN-PIERRE

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 627 835 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

Filtro de radiofrecuencia regulable de tecnología planar y procedimiento de reglaje del filtro

La invención se refiere a los filtros de radiofrecuencia de tecnología planar regulables o ajustables para obtener las prestaciones de filtrado deseadas.

- 5 Algunos tipos de filtros de radiofrecuencia (RF) funcionan, en particular, en unas bandas de altas frecuencias y de microondas que constan de unos resonadores acoplados realizados a partir de líneas de transmisión de tecnología planar.

Las figuras 1, 2 y 3 representan respectivamente tres filtros planares de paso banda del estado de la técnica.

- 10 La figura 1 representa un filtro de tecnología planar reducido a la mínima expresión. Este filtro consta de un resonador R2 de media onda acoplado en paralelo en la mitad de su longitud con dos resonadores R1 y R3 adyacentes de cuarto de onda.

- 15 Los resonadores R1, R2, R3 se realizan la mayoría de las veces de tecnología de líneas de microcinta. El filtro de la figura 1 consta, por lo tanto, de un sustrato 8, con un espesor h, de permitividad ϵ_r dieléctrica, que tiene una cara 10 principal que consta de una línea de microcinta respectiva para cada resonador y de una cara 12 metalizada opuesta a la cara principal para formar un plano de masa.

- 20 De forma conocida, el experto en la materia sabe calcular las dimensiones físicas respectivas de las líneas de microcinta, su longitud y la distancia que separa estas líneas para obtener las características deseadas del filtro, en particular, el ancho de banda, las impedancias en los accesos del filtro, la banda de frecuencias atenuada u otros parámetros del filtro. En este tipo de filtro, la sintonización de la frecuencia central del resonador R2 de la figura 1 se obtiene principalmente cambiando la longitud de la línea de microcinta que la constituye.

Los resonadores R1 y R3 están respectivamente conectados a los accesos A1, A2 del filtro mediante una respectiva línea L1 y L2 de impedancia característica estándar de entrada y de salida de los filtros, esto es habitualmente de 50Ω .

- 25 Las figuras 2 y 3 muestran otros dos tipos de filtros reducidos a su más simple expresión de tecnología planar que constan también de tres resonadores R1, R2, R3.

El filtro de la figura 2 es de tipo interdigital. Uno de los extremos e2 del resonador R2 está unido a masa (impedancia nula).

El filtro de la figura 3 es de tipo en peine y consta también de tres resonadores R1, R2, R3 de cuarto de onda. Uno de los extremos e1, e2, e3 de los tres resonadores R1, R2, R3 está unido a masa.

- 30 El filtro de la figura 3 permite obtener unos anchos de banda muy estrechos, y los filtros de las figuras 1 y 2, unos anchos de banda más anchos (o moderados). Estos filtros son a menudo simétricos eléctricamente, en este caso los accesos A1 y A2 son intercambiables.

- 35 No obstante, estos tipos de filtros del estado de la técnica están limitados por las tolerancias de los elementos que los constituyen. Sus principales características eléctricas, por ejemplo su ancho de banda, frecuencia de corte, pérdidas en el ancho de banda, banda atenuada u otros parámetros esenciales dependen en gran medida de las características del sustrato utilizado para realizar las líneas del filtro cuyo espesor, cuya permitividad, cuya permeabilidad, pueden variar de un filtro a otro, pero también por las tolerancias de los procedimientos de fabricación como las precisiones de grabado de las líneas, de realización de las vías, de superposición de múltiples capas dieléctricas del sustrato, en el caso de uso de sustratos de múltiples capas.

- 40 Estos parámetros variables pueden conducir a unos rendimientos de fabricación de los filtros insuficientes o demasiado aleatorios, en los siguientes casos y, en particular, en sus combinaciones:

- filtros integrados en unas estructuras de sustratos de múltiples capas en particular en el caso de que estos filtros están integrados en un subsistema monolítico consecuente. Un filtro fuera de especificación implica por tanto el rechazo de todo el subsistema. Cuando varios filtros están integrados en un mismo módulo entonces el problema de rendimiento es aún más crítico;
- filtros que presentan unas frecuencias de cortes o unos ceros CT de transmisión muy cercanos, por ejemplo, un filtro de paso de banda con un pequeño ancho de banda y/o una pequeña banda rechazada, simples o múltiples;
- filtros que comprenden unas vías. Este es a menudo el caso, por ejemplo, de los filtros constituidos por resonadores con un extremo cortocircuitado hacia la masa;
- 50 – filtros compactos realizados con unos sustratos con una alta permitividad y/o una alta permeabilidad, especialmente sensibles a las tolerancias de realización y a los parámetros eléctricos como la permitividad dieléctrica y la permeabilidad magnética;
- sistemas que constan de unos filtros que necesitan llevar a cabo su reglaje en su contexto de uso;

- filtros multiplexores.

Para mejorar o garantizar un rendimiento mínimo de fabricación de los filtros de tecnología planar del estado de la técnica, los diseñadores y/o los fabricantes recurren actualmente a las técnicas o métodos siguientes:

- 5 Según un primer método, los filtros se realizan y se caracterizan de forma individual, a parte de los sistemas para los cuales están destinados. Esto a pesar de que se realizan en una tecnología idéntica a la del sistema, por ejemplo en unos sustratos orgánicos o bien cuando se trata de sistemas integrados híbridos complejos dentro o alrededor de un apilamiento de sustratos.

- 10 Otro método para garantizar las prestaciones de los filtros consiste en llevar a cabo una caracterización y una selección drástica de los sustratos y otros materiales eventualmente utilizados en un ensamblaje (por ejemplo, unos preimpregnados), en una gama de valores reducidos con respecto a los que proponen los fabricantes.

- 15 Sin embargo, las mediciones precisas de permitividad y/o de permeabilidad de los materiales utilizados para realizar los sustratos son caras y complicadas de realizar. En unos apilamientos de materiales heterogéneos e incluso anisotrópicos (tensores de permitividad eléctrica y de permeabilidad magnética) esta caracterización es aún más complicada de realizar. Además, si el fabricante de materiales no domina lo suficiente las propiedades de sus materiales entonces no será seguro disponer de la cantidad requerida de materiales con las características adecuadas para realizar los filtros. Además, el sustrato solo es una parte del problema de dispersión y esta operación no siempre es suficiente.

- 20 Otro método consiste en caracterizar previamente los sustratos en espesor y en permitividad dieléctrica, y a continuación en llevar a cabo un diseño adaptado a cada lote diferente. Esto es caro y largo de poner en marcha debido a las máscaras para capas delgadas y a las pantallas de serigrafía para capas espesas que hay que volver a hacer para cada lote. Además, el sustrato solo es una parte del problema de dispersión y esta operación no siempre es suficiente.

- 25 Según otro método, en el caso particular de los filtros realizados por grabado, este se controla para ajustar las prestaciones de los filtros. Esta técnica plantea unos problemas de calidad de realización ya que el resultado del grabado presenta una tasa de defecto, en particular por los salientes y las irregularidades de los bordes de pistas, agravado cuando no se respeta la duración nominal de grabado. Este método no permite un reglaje disociado de la frecuencia de corte y de la respuesta en frecuencia, por ejemplo, el reglaje disociado del centro de una banda de frecuencia de paso o rechazada y del ancho de banda de esta banda de frecuencia. Además, este método no se puede aplicar a los filtros enterrados.

- 30 Según otro método, es posible en algunos casos, ajustar la respuesta de un filtro mediante pequeños cortes de las líneas, por ejemplo con un láser. Esta técnica no es posible con todos los sustratos, es en particular muy difícil de poner en marcha en unos sustratos de tipo orgánico. Esta técnica no se puede realizar en los filtros enterrados.

- 35 Otro método consiste en introducir unos elementos de reglaje físicamente sobre el filtro. Estos elementos de reglaje son por lo general unos pivotes conductores pre-conectados, el reglaje se lleva a cabo, por tanto, bien por acortamiento, es decir mediante el corte del vínculo con el pivote o bien por alargamiento de la estructura mediante la colocación de una unión con el pivote. Este tipo de reglaje no permite unos reglajes precisos ya que las variaciones son importantes y no permiten un gran número de posibilidades, en particular para unas aplicaciones compactas y/o de alta frecuencia ya que las dimensiones de los elementos de reglaje están limitadas, a una dimensión mínima, por las tecnologías de fabricación. Estos elementos pueden ser unas cintas metálicas colocadas sobre las líneas. Esta técnica presenta una parte aleatoria relacionada con la dificultad de dominar la forma de una cinta que presenta uno o varios extremos libres.

- 45 O bien estos elementos están constituidos por elementos con una constante dieléctrica apropiada, añadidos sobre el filtro para ajustar su respuesta. Se trata, por ejemplo, de bloques dieléctricos (metalizados o no metalizados) colocados tradicionalmente de dos formas según el objetivo buscado: bloques colocados en los extremos en circuito abierto de líneas/resonadores/stubs para actuar sobre la frecuencia central, o bien entre líneas acopladas para actuar sobre el ancho de banda o banda rechazada o sobre unos ceros CT de transmisión obtenidos mediante acoplamientos entre resonadores no adyacentes. Esta categoría de elementos de reglaje permite variaciones precisas de la respuesta del filtro. Por el contrario, la colocación de estos elementos es cara y las amplitudes de reglaje son pequeñas.

- 50 También existen unas técnicas de reglaje de filtro por medio de unos elementos mecánicos como los sistemas con tornillos o vástagos regulables, pesados, voluminosos y mal adaptados a los elevados volúmenes de producción.

Otras técnicas de reglaje de los filtros del estado de la técnica han recurrido a unos medios electrónicos que permiten un reglaje dinámico del filtro, pero presentan algunos inconvenientes y necesitan un dispositivo de control adicional. Estos dispositivos que generan unas corrientes o unas tensiones de control son caros y voluminosos.

- 55 Entre estas técnicas de reglaje de los filtros se puede citar la utilización:

- de diodos de capacidad variable o varactores MEMS (siglas de “Micro Machined Electro Mechanical System” en inglés) que conllevan el inconveniente de una pequeña resistencia en potencia;
- de elementos ferromagnéticos cuya permeabilidad magnética μ_r está controlada por un campo magnético exterior de control. El inconveniente de este tipo de reglaje de filtro es un consumo y un volumen importantes del sistema de control;
- de elementos ferroeléctricos y cristales líquidos, cuya permitividad ϵ_r dieléctrica varía en función de un campo eléctrico externo de control. Este procedimiento de fabricación es caro y difícil de dominar, necesita una alta tensión de control, presenta un bajo coeficiente de calidad y una reducida resistencia en potencia;
- de elementos de conmutación, de tipo diodo PIN o transistores MESFET (Metal Semi-conductor Field Effect Transistor) o CMOS (Complementary Metal Oxyde Semiconductor), reservados a los filtros que trabajan en las bajas frecuencias que presentan un gran volumen y un pequeño coeficiente de calidad.

Estas técnicas de reglaje de los filtros generan la mayoría de las veces unos filtros menos eficientes en particular en resistencia en potencia, en coeficiente de calidad, en pérdidas de inserción, en rechazo, que unas estructuras similares fijas sin dispositivo de reglaje electrónico.

El documento US 2005/0140472 describe un filtro de radiofrecuencia tal como se define en el preámbulo de la reivindicación 1.

Para resolver los inconvenientes de los filtros de radiofrecuencia del estado de la técnica, la invención propone un filtro de radiofrecuencia regulable de tecnología planar tal como se define en la reivindicación 1.

De manera ventajosa, la línea Al de transmisión planar tiene una impedancia característica superior a la impedancia característica del resonador Ri considerado.

En una realización del filtro planar según la invención, la longitud de la línea Al de transmisión planar es más grande que la distancia d entre los extremos enfrentados de dos tramos t_q , $t_{(q+1)}$ sucesivos de líneas de transmisión de forma que aumenta la longitud eléctrica de los resonadores R1, R2, ...Ri, ...Rj, ...Rk, ...Rn.

En otra realización, la unión eléctrica entre tramos de líneas de transmisión sucesivos consta al menos de un hilo de cableado en un plano P perpendicular al plano PL principal del sustrato.

En otra realización, la unión eléctrica entre dos tramos t_q , $t_{(q+1)}$ sucesivos de líneas de transmisión de los resonadores R1, R2, ...Ri, ...Rj, ...Rk, ...Rn consta de varios hilos de cableado en paralelo, estando cada hilo de cableado en un respectivo plano perpendicular al plano PL principal.

En otra realización, los extremos unidos por un hilo de cableado de dos tramos t_q , $t_{(q+1)}$ sucesivos de líneas de un resonador Rj están cerca de los extremos de otros dos tramos sucesivos de líneas de transmisión unidos por otro hilo de cableado de otro resonador Rk de forma que las superficies formadas por los hilos de cableado de dichos dos resonadores Rj y Rk con el plano PL principal estén uno frente al otro con el fin de obtener un acoplamiento entre los dos resonadores Rj y Rk.

En otra realización, el sustrato consta de varias capas, estando al menos el plano PL principal que consta de los tramos de líneas de transmisión de los resonadores entre al menos dos capas superpuestas.

La invención se refiere también a un procedimiento de reglaje del filtro regulable según la invención de tecnología planar que consta de un sustrato dieléctrico y de n resonadores R1, R2, ...Ri, ...Rj, ...Rk, ...Rn integrados en el sustrato, constando cada resonador, en un plano PL principal del sustrato, de una sucesión de tramos t_1 , t_2 , ... t_q , ... t_p de líneas transmisión planares que tienen cada una dos extremos, siendo p el número de tramos de líneas de transmisión planares del resonador Ri considerado, siendo p igual o superior a 2, siendo q el rango del tramo, estando un extremo de un tramo t_q de un resonador Ri enfrentado y separado una distancia d de un extremo del tramo $t_{(q+1)}$ siguiente del mismo resonador Ri, estando los extremos enfrentados de los tramos sucesivos de un resonador Rq unidos por una línea Al (30, 34) de transmisión planar destinada a elevar localmente la impedancia característica del resonador Ri considerado, caracterizado porque consta al menos de una etapa de cableado, entre los extremos enfrentados de dos tramos t_q , $t_{(q+1)}$ sucesivos de línea en los bornes de las líneas Al de transmisión planares, de al menos un hilo de cableado, en un plano P perpendicular al plano PL principal del sustrato, determinándose previamente las longitudes de los hilos de cableado y su punto de conexión en los extremos de los tramos de líneas de transmisión para obtener la frecuencia de resonancia deseada de los resonadores.

En una implementación del procedimiento de reglaje, el filtro regulable es un filtro de paso de banda que consta al menos de un resonador Rj y de un resonador Rk, el resonador Rj tiene los extremos enfrentados de dos tramos t_q , $t_{(q+1)}$ consecutivos de líneas de transmisión unidos por un hilo de cableado cerca de los extremos de otros dos tramos consecutivos de línea de transmisión del otro resonador Rk unidos por otro hilo de cableado, de forma que las superficies formadas por dichos hilos de cableado con el plano PL principal de dichos dos resonadores Rj y Rk estén uno frente al otro, consistiendo el procedimiento de reglaje en modificar la distancia y la posición entre el uno y el otro hilo de cableado de los resonadores Rj y Rk respectivos para obtener, mediante la modificación del acoplamiento entre el resonador Rj y el resonador Rk, el ancho de banda deseado.

Los principales filtros considerados por esta invención están constituidos por unas líneas paralelas acopladas con unos resonadores de media onda acoplados en paralelo o bien con unos resonadores de cuarto de onda en peine (pequeño ancho de banda) y/o interdigital (con amplio ancho de banda).

Esta técnica de realización y de reglaje del filtro planar según la invención se aplica también:

- 5 – a los filtros con unos ceros de transmisión o CT, en particular cuando estos ceros de transmisión se obtienen mediante acoplamientos entre resonadores no adyacentes;
- a los filtros constituidos por unos tramos de líneas terminados en circuito abierto o en cortocircuito o “stubs” en inglés.

10 Se pueden considerar todas las respuestas en frecuencia de los filtros de radiofrecuencia según la invención, esto es: paso de banda, paso bajo, paso alto, corta banda, u otras respuestas, así como también se refiere a todas las funciones de aproximaciones, como: Butterworth, Chebyshev, Bessel, Elíptico...

La descripción de ejemplos de realización de filtros según la invención se hace para unos filtros de paso de banda y de tecnología de las líneas de microcinta, pero la invención se aplica de forma similar a otros tipos de respuestas de frecuencia y a otros tipos de realizaciones de las líneas.

15 Las tecnologías de realización de los resonadores de los filtros pueden ser las de las líneas de microcintas o de las líneas planares, realizadas de forma clásica en un sustrato único, o bien integrarse en un apilamiento de sustratos o bien realizarse en un sustrato suspendido.

Esta técnica se aplica también a unas funciones de adaptación de impedancia y las funciones de corrección en amplitud y/o en fase, a veces llamadas linearizadores, en los circuitos electrónicos de microondas.

20 Se entenderá mejor la invención por medio de unos ejemplos de realización de filtros de microondas de tecnología planar descritos en referencia a las figuras indexadas, en las que:

- las figuras 1, 2 y 3 representan respectivamente tres filtros coplanares del estado de la técnica que constan de tres resonadores acoplados;
- la figura 4a muestra un filtro regulable según la invención con la misma estructura que el filtro de la figura 1;
- 25 – la figura 4b muestra una vista parcial de frente del resonador R3 del filtro de la figura 4a;
- la figura 4c muestra una vista parcial de frente del resonador R2 del filtro de la figura 4a;
- la figura 5 muestra un filtro regulable según la invención con la misma estructura que el filtro de la figura 2;
- la figura 6 muestra un filtro regulable según la invención con la misma estructura que el filtro de la figura 3;
- la figura 7 muestra un ejemplo de realización de un filtro de paso de banda según la invención que consta de
- 30 – unos reglajes sobre los ceros de transmisión;
- la figura 8a muestra una variante de realización de un filtro regulable según la invención con la misma estructura que el filtro de la figura 1;
- la figura 8b muestra una vista parcial en sección transversal a la altura de la parte central del resonador R2 del filtro de la figura 8a;
- 35 – la figura 8c muestra una vista desde arriba a la altura de la parte central del resonador R2 del filtro de la figura 8a;
- la figura 9a muestra otra variante de realización del filtro regulable de la figura 8a;
- la figura 9b muestra una vista parcial en sección transversal a la altura de la parte central del resonador R2 del filtro de la figura 9a; y
- 40 – la figura 9c muestra una vista desde arriba a la altura de la parte central del resonador del filtro de la figura 9a.

Se describen a continuación unos ejemplos de realizaciones de filtros planares y su procedimiento de reglaje según la invención.

La figura 4a muestra un filtro regulable según la invención con la misma estructura que el filtro de la figura 1.

45 El filtro de la figura 4a según la invención consta de un resonador R2 de media onda acoplado en paralelo a la mitad de su longitud con dos resonadores de cuarto de onda adyacentes, de un resonador R1 unido por la línea L1 al acceso A1 del filtro y de un resonador R3 unido por la línea L2 al acceso A2 del filtro. Los tres resonadores R1, R2, R3 se realizan en forma de líneas de microcinta en un sustrato dieléctrico con un espesor h.

50 Según una característica principal del filtro planar según la invención el resonador R1 y el resonador R3 constan cada uno de dos tramos t1, t2 de líneas de transmisión de microcinta con la misma impedancia Zc característica y anchuras W, estando dos tramos de un mismo resonador unidos por una línea A1 30 de microcinta respectiva (A1 por Alta Impedancia), con una anchura wi inferior a la anchura W de los tramos t1, t2 de línea. La impedancia de la línea A1 30 tiene un valor mucho más elevado que la impedancia Z1 de los tramos t1, t2 de línea.

La figura 4b muestra una vista parcial de frente del resonador R3 del filtro de la figura 4a.

Los dos tramos t1, t2 de línea y la línea AI 30 de microcinta de los resonadores R1 y R3 están alineados a lo largo de unos ejes EE', SS' respectivos paralelos al eje Ox de un sistema de referencia Oxyz. Los bordes b1, b2 enfrentados de los tramos de línea están separados una distancia d.

- 5 El resonador R2 de media onda, entre el resonador R1 y el resonador R3, consta de cuatro tramos t1, t2, t3 y t4 de línea alineados a lo largo de un eje CC' paralelo a los ejes EE', SS'. Los tramos t1, t2 sucesivos de un lado del resonador R2 y los tramos sucesivos t3 y t4 en el otro lado del mismo resonador R2 están unidos por una línea AI 30 de microcinta de anchura wi. Los tramos t2, t3 sucesivos, en la parte central del resonador R2 están, por su parte, unidos por otra línea AI 34 con una anchura wi muy inferior a la anchura de la línea del resonador R2. La otra línea AI 34 entre los tramos t2 y t3 del resonador R2 tiene una longitud más importante que la distancia d que separa los
10 bordes enfrentados de los tramos t2 y t3 de dicho resonador R2. Para ello, la otra línea AI 34 tiene la forma de una S que consta de una parte 40 central perpendicular al eje CC' del resonador R2.

La figura 4c muestra una vista parcial de frente del resonador R2 del filtro de la figura 4a.

Las líneas AI 30 y la otra línea AI 34 crean físicamente a la altura de su emplazamiento entre las porciones de líneas de transmisión un estrechamiento de los resonadores y, por consiguiente, una rotura de impedancia en el resonador.

- 15 La frecuencia f0 central del filtro de paso de banda de la figura 1 está principalmente relacionada con la longitud eléctrica del resonador R2.

El procedimiento de reglaje del filtro de la figura 1 consta al menos de una etapa de cableado, entre los extremos enfrentados de los tramos de líneas de los tres resonadores R1, R2, R3 de un elemento ER de reglaje, que es, en esta realización, un hilo de cableado 50, 52 en unos planos perpendiculares al plano PL principal del sustrato.

- 20 De manera más precisa, unos primeros hilos de cableado 50 aseguran la conexión eléctrica entre tramos de líneas sin acoplamiento entre resonadores. Unos segundos hilos de cableado 52 aseguran por su disposición en los resonadores, además de la conexión eléctrica entre tramos de líneas, un cierto acoplamiento entre resonadores.

Las longitudes de los hilos de cableado 50, 52 y su punto de conexión sobre los extremos de tramos de líneas se ajustan para obtener la frecuencia f0 central deseada.

- 25 La figura 4d muestra una vista de detalle en sección transversal del resonador R2 que muestra el primer hilo de cableado 50 soldado entre los extremos de los dos tramos t2, t3 en la parte central del resonador R2.

- 30 En el filtro de la figura 4a, los tramos t1, t2 de líneas se realizan de forma que las líneas AI 30 de los resonadores R1 y R2 se encuentren enfrentados. De la misma forma los tramos t3, t4 del resonador R2 y los tramos t1, t2 del resonador R3 se realizan de forma que las líneas AI 30 se encuentren también enfrentadas. Unos segundos hilos de cableado 52 soldados en paralelo con las líneas AI 30 permitirán la modificación del acoplamiento entre resonadores ajustando su posición relativa o su proximidad. La modificación de este acoplamiento permitirá el ajuste, en el caso del filtro de la figura 1, de su ancho de banda de forma relativamente independiente del ajuste de su frecuencia f0 central mediante el ajuste de las longitudes del primer hilo de cableado 50 y del segundo hilo de cableado 52.

- 35 De una forma general, durante el reglaje de los filtros según la invención, varios elementos ER de reglaje en forma de hilos de cableado y/o de cintas conductoras microcableadas podrán colocarse en paralelo con las líneas AI 30, 34 de alta impedancia. Estos elementos de longitud fija o variable de los cuales se hará variar la longitud y eventualmente, si fuera posible, la posición para ajustar un acoplamiento.

- 40 En comparación con los hilos de cableado, las cintas permiten obtener mejores coeficientes de calidad y soportar unas potencias más elevadas. Por el contrario, la colocación automática de cintas está menos extendida que la colocación automática de hilos de cableado.

- 45 En concreto, de una forma general, sea cual sea el tipo de filtro clásico como, por ejemplo, los representados en las figuras 1, 2 y 3, se trata de realizar al menos un estrechamiento de los resonadores R1, R2, ..., Ri, ..., Rj, ..., Rk, ..., Rn en una corta longitud para elevar localmente la impedancia característica mediante las líneas AI 30, 34 (Alta Impedancia) colocadas entre los tramos t1, t2, ..., tq, ..., tp de los resonadores y alargar de este modo su longitud eléctrica.

La longitud de las líneas AI 30, 34 de alta impedancia depende de la amplitud de corrección buscada en los parámetros del filtro. Para obtener una amplitud de reglaje suficiente por alargamiento o acortamiento del elemento ER 50, 52 de reglaje (hilos de cableado) es preciso preparar o replegar esta línea AI para obtener unos puntos de unión del elemento ER de reglaje con los tramos de líneas más próximos posibles.

- 50 Por ejemplo, el estrechamiento de los resonadores R1, R2, R3 del filtro de paso de banda de la figura 4a mediante la incorporación de las líneas AI 30, 34 de alta impedancia entre los tramos t1, t2, t3, t4 de líneas de transmisión y de los elementos ER 50, 52 de reglaje modifica la respuesta del filtro de origen tal como se representa en la figura 1 y, por lo tanto, es necesario optimizar toda la estructura del filtro para asegurar una respuesta en frecuencia óptima en la posición de reglaje nominal.

La figura 5 muestra un filtro regulable según la invención con la misma estructura que el filtro de la figura 2.

La figura 6 muestra un filtro regulable según la invención con la misma estructura que el filtro de la figura 3.

5 Los filtros de las figuras 5 y 6 constan según la invención de unos tramos de líneas de microcinta, de dos tramos t1, t2 por resonador R1, R2, R3 unidos por una línea AI 30 y otra línea AI 34, de unos primeros hilos de cableado 50 en paralelo con las otras líneas AI 34 y de unos segundos hilos de cableado 52 en paralelo con las líneas AI 30. Los segundos hilos de cableado 52 aseguran un cierto acoplamiento entre resonadores.

Los filtros planares según la invención pueden realizarse de forma que se obtenga unos elementos ER 50 de reglaje no acoplados entre sí, es decir muy alejados y/u orientados con poca superficie enfrente, o/y unos elementos ER 52 de reglaje acoplados.

10 Los elementos ER 50 de reglaje no acoplados se utilizan para actuar de forma predominante sobre la frecuencia f0 central del filtro. Es, por ejemplo, el caso de los primeros hilos de cableado 50 de conexión de las figuras 4a, 5, 6, 8a y 9a. El objetivo es aquí encontrar una implementación del reglaje que influencia poco al ancho de banda.

15 Los elementos ER 52 de reglaje acoplados entre sí, es decir cercanos y orientados con sus superficies enfrentadas, se utilizan para actuar sobre el ancho de banda como es el caso de los segundos hilos de cableado 52 de las figuras 4a, 5, 6, 7, 8a y 9a.

Es posible regular al mismo tiempo la frecuencia f0 central y su ancho Ab de banda con únicamente unos elementos ER 52 de reglaje acoplados, modificando su longitud y su posición relativa en los extremos de los tramos de líneas. Esto conduce a una estructura más simple pero los reglajes están más limitados y son más complicados de implementar.

20 En general, es preciso optimizar la estructura del filtro regulable según la invención para obtener los reglajes de la frecuencia f0 central y del ancho Ab de banda menos correlacionados posible y una amplitud de reglaje apropiada. Esta optimización depende de las prestaciones esperadas en la práctica en función de las variaciones posibles de los parámetros de los elementos que constituyen el filtro y de las necesidades de la aplicación (especificaciones).

25 El reglaje de los ceros CT de transmisión del filtro planar es similar en su implementación a los reglajes de la frecuencia f0 central y al ancho Ab de banda, por la característica y la posición de los elementos ER de reglaje y de las líneas AI en los resonadores. En este caso, los elementos ER 54 de reglaje acoplados están situados sobre las zonas de los resonadores que modifican sustancialmente los ceros CT de transmisión.

La figura 7 muestra un ejemplo de realización de un filtro de baso de banda según la invención que consta de unos reglajes sobre los ceros CT de transmisión.

30 El filtro de la figura 7 consta de 2 resonadores R1 y R3 de tipo cuarto de onda y de 3 resonadores R4, R2, R5 de de media onda. A estos resonadores se les considera adyacentes y directamente acoplados entre sí en el orden R1/R4/R2/R5/R3. Los resonadores R4 y R5 se consideran no adyacentes y voluntariamente acoplados en su centro para generar unos ceros CT de transmisión. A este acoplamiento particular se le llama acoplamiento transversal. En su forma más habitual, el filtro presenta un eje TT' de simetría.

35 El resonador R1 y el resonador R3 constan cada uno de dos tramos t1, t2 de líneas, el resonador R2 de tres tramos t1, t2, t3 de líneas de transmisión, los resonadores no adyacentes R4, R5 de cuatro tramos de líneas cada uno t1, t2, t3, t4.

40 Unas líneas AI 30 que unen los tramos de los resonadores R1, R4, R2 están alineados de preferencia en un mismo eje PP' paralelo al eje TT' de simetría del filtro, unos segundos hilos de cableado 52 están soldados en paralelo a estas líneas AI 30 para obtener un acoplamiento estos resonadores. La configuración de cableado es simétrica al otro lado del eje TT' en un eje de alineamiento QQ' de las líneas AI de los resonadores R3, R5, R2.

45 La configuración del filtro de la figura 7 es tal que los centros de los resonadores R4 y R5 constan de unas líneas AI 30 y de unos terceros hilos de cableado 54 que forman unas superficies paralelas al plano PL principal a lo largo de un plano paralelo al plano Oxy del sistema de referencias Oxyz. Son estos acoplamientos a la altura de los centros R4 y R5 de los resonadores los que implican los ceros CT de transmisión del filtro de la figura 7 y la posibilidad de reglaje de dichos ceros de transmisión.

50 En el caso de realización de unos filtros planares según la invención, es posible utilizar un hilo de cableado o una cinta conductora en lugar de una línea 30 u otra línea 34 AI de microcinta en los resonadores para realizar una impedancia más alta. En algunos casos, esto conduce a unas pérdidas más pequeñas. Por el contrario, eso no permite previsualizar de forma simple la respuesta del filtro mediante una medición antes de la colocación de los hilos de cableado 50, 52, 54. Esta última implementación puede necesitar dos fases de cableado, lo que no es óptimo desde un punto de vista industrial.

En algunas realizaciones de filtros según la invención denominada integrada, el sustrato es un sustrato de múltiples capas que consta de los tramos t1, t2, ...tq, ...tp de líneas de transmisión integradas entre al menos dos capas y,

por lo tanto, no accesibles desde la superficie por el exterior del filtro. En este caso, el sustrato consta de unos agujeros metalizados a la altura de los extremos de los tramos de líneas de transmisión que unen unas zonas metalizadas en la superficie del sustrato. La unión eléctrica mediante unos hilos de cableado 50, 52, 54 y/o mediante unas líneas AI 30, 34 se puede por tanto realizar en estas zonas metalizadas.

- 5 La figura 8a muestra una variación de realización de un filtro regulable según la invención con la misma estructura que el filtro de la figura 1.

La figura 8b muestra una vista parcial en sección transversal a la altura de la parte central del resonador R2 del filtro de la figura 8a.

La figura 8c muestra una vista desde arriba a la altura de la parte central del resonador R2 del filtro de la figura 8a.

- 10 El filtro de la figura 8a consta de un sustrato 90 de múltiples capas que tiene dos capas C1, C2 superpuestas y, incrustadas entre estas dos capas C1, C2, unos tramos t1, t2, t3, t4 de líneas y de otras líneas AI 34 que unen estos tramos para formar los resonadores R1, R2 y R3.

- 15 El sustrato de múltiples capas consta de una cara 13 superior y de una cara 14 opuesta inferior metalizada. La cara 13 superior consta de unas zonas 82 metalizadas unidas por unos agujeros 80 metalizados en la capa C1 en los extremos de tramos de líneas de transmisión incrustados en el sustrato 90. Los elementos ER de reglaje, esto es unos hilos de cableado 50, 52 están fijados sobre estas zonas 82 metalizadas en la cara 13 superior del sustrato 90.

Las otras líneas AI 34 están en la misma cara del sustrato (plano PL principal) que los tramos de líneas incrustados.

La cara 13 superior también puede presentar un plano de masa vaciado alrededor de las zonas 82 metalizadas.

La figura 9a muestra otra variante de realización del filtro regulable de la figura 8a en un sustrato de múltiples capas.

- 20 La figura 9b muestra una vista parcial en sección transversal a la altura de la parte central del resonador R2 del filtro de la figura 9a.

La figura 9c muestra una vista desde arriba a la altura de la parte central del resonador del filtro de la figura 9a.

- 25 En el caso del filtro de la figura 9a las otras líneas AI 34 se realizan con las zonas 82 metalizadas en la cara 13 superior del sustrato 90 de múltiples capas, las zonas metalizadas y las otras líneas AI 34 está unidas en los extremos de los tramos de líneas de transmisión incrustados por los agujeros 80 metalizados en la capa C1.

En el caso de un filtro integrado en un sustrato de múltiples capas, es posible ajustar unos elementos ER de reglaje en la parte superior del apilamiento de las capas del sustrato de forma que se ajuste la respuesta del filtro lo más próxima posible al resultado esperado. Este ajuste se hace esta vez mediante la modificación con láser o bien mediante grabado, después de haber caracterizado la parte no accesible del filtro.

- 30 La principal parte del filtro está recubierta y ya realizada, las incertidumbres sobre la realización de la parte superior complementaria tienen un efecto muy reducido en el resultado final.

Esta parte superior puede en particular aprovecharse para realizar y ajustar unos acoplamientos transversales entre resonadores no adyacentes y de este modo introducir y controlar unos ceros CT de transmisión adicionales.

- 35 La técnica propuesta en esta invención permite llevar a cabo unos ajustes exactos, en unas estructuras de filtros constituidos por unas líneas de transmisión planares.

- 40 Los planos de masa no están representados en las figuras 1 a 9a que ilustran los ejemplos de filtros. Según el caso puede haber un único plano de masa situado justo debajo del primer sustrato (caso de las líneas de microcinta), o bien alejado por debajo de este (caso de microcinta suspendida). Puede también haber un segundo plano de masa por encima de la estructura, por ejemplo sobre la cara superior del sustrato 6 superior, abierto alrededor de los elementos que deben mantenerse accesibles.

El filtro planar y su procedimiento de reglaje según la invención consta de las siguientes ventajas:

- 45
- una gestión de los problemas de rendimiento de fabricación relacionados con las tolerancias de fabricación y con las tolerancias de las características eléctricas de los materiales;
 - la realización de unos subconjuntos híbridos complejos con unos filtros integrados, sin que las prestaciones de estos filtros penalicen el rendimiento de fabricación del conjunto;
 - la realización de los filtros con unos materiales o unos procedimientos muy eficientes, como unos sustratos de alta permitividad o unos apilamientos complejos de sustratos que se ven afectados por tolerancias importantes sobre sus dimensiones y sobre las propiedades de los materiales.

- 50 Esta técnica se basa en unos medios convencionales de fabricación de microelectrónica: colocación de hilos de cableado y/o de cintas conductoras con una longitud desenrollada y con unas posiciones controladas. La respuesta

del filtro se ajusta haciendo que varíen las dimensiones y los puntos de fijación de los hilos de cableado y/o de las cintas conductoras.

Esta técnica de reglaje se adaptada bien para unos elevados volúmenes de producción ya que está completamente automatizada. Esta permite:

- 5 – ajustar la respuesta del filtro lo más próxima posible a las necesidades con unas dispersiones residuales muy pequeñas relacionadas con los materiales y con la realización;
- ajustar el filtrado in situ, es decir en función de las características de su entorno, e incluso en función de varias aplicaciones (varias funciones de filtrado realizadas a partir de una misma estructura).

10 Por otra parte, el hecho de finalizar la respuesta del filtro tras la integración del conjunto permite liberar a la externalización (en la primera parte de la realización) de eventuales limitaciones de confidencialidad en el caso de realización de equipos clasificados.

Las rupturas de impedancia practicadas en los resonadores aportan unos grados de libertad adicionales lo que permite actuar sobre la respuesta en frecuencia con más posibilidades. Esto puede conducir a un número inferior de resonadores con respecto a una estructura clásica no regulable.

15

REIVINDICACIONES

1. Filtro de radiofrecuencia regulable de tecnología planar que consta de un sustrato (8, 90) dieléctrico y de n resonadores R1, R2, ...Ri, ...Rj, ...Rk, ...Rn integrados en el sustrato, constando cada resonador, en un plano PL principal del sustrato, de una sucesión de tramos t1, t2, ...tq, ...tp de líneas de transmisión planares que tienen cada una dos extremos, siendo p el número de tramos de líneas de transmisión planares del resonador Ri considerado, siendo p igual o superior a 2, siendo q el rango del tramo, estando un extremo de un tramo tq de un resonador Ri enfrentado y separado una distancia d de un extremo del tramo t(q+1) siguiente del mismo resonador Ri, estando los extremos enfrentados de los tramos sucesivos de un resonador Ri unidos por una unión (30, 34, 50, 52, 54) eléctrica que eleva localmente la impedancia (Zc) característica del resonador Ri considerado, **caracterizado porque** dicha unión eléctrica consta de una línea AI (30, 34) de alta impedancia conectada en paralelo con al menos un elemento (50, 52, 54) de reglaje.
2. Filtro de radiofrecuencia según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** al menos un elemento regulable tiene una longitud ajustable.
3. Filtro de radiofrecuencia según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al menos un elemento regulable tiene una posición ajustable.
4. Filtro de radiofrecuencia según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la línea AI (30, 34) es una línea de transmisión planar con una impedancia característica superior a la impedancia (Zc) característica del resonador Ri considerado.
5. Filtro de radiofrecuencia según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la longitud de la línea AI (34) de transmisión planar es más grande que la distancia d entre los extremos enfrentados de dos tramos tq, t(q+1) sucesivos de líneas de transmisión, de forma que aumenta la longitud eléctrica de los resonadores R1, R2, ...Ri, ...Rj, ...Rk, ...Rn.
6. Filtro de radiofrecuencia según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la unión eléctrica de los tramos sucesivos de líneas de transmisión consta al menos de un hilo de cableado (50, 52, 54) en un plano P perpendicular al plano PL principal del sustrato.
7. Filtro de radiofrecuencia según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la unión eléctrica de los tramos sucesivos de líneas de transmisión consta al menos de una cinta conductora microcableada en un plano P perpendicular al plano PL principal del sustrato.
8. Filtro de radiofrecuencia según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la unión eléctrica entre dos tramos tq, t(q+1) sucesivos de líneas de transmisión de los resonadores R1, R2, ...Ri, ...Rj, ...Rk, ...Rn consta de varios elementos (50, 52, 54) de reglaje en paralelo, estando cada elemento de reglaje en un respectivo plano perpendicular al plano PL principal.
9. Filtro de radiofrecuencia según una de las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizado porque** los extremos unidos por un elemento (52, 54) de reglaje de dos tramos tq, t(q+1) sucesivos de líneas de un resonador Rj están cerca de los extremos de otros dos tramos de líneas de transmisión sucesivos unidos por otro elemento de reglaje de otro resonador Rk, de forma que las superficies formadas por los elementos de reglaje de dichos dos resonadores Rj y Rk con el plano PL principal estén uno frente al otro con el fin de obtener un acoplamiento entre los dos resonadores Rj y Rk.
10. Filtro de radiofrecuencia según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el sustrato (90) consta de varias capas (C1, C2), estando al menos el plano PL principal que consta de los tramos de líneas de transmisión de los resonadores entre al menos dos capas (C1, C2) superpuestas.
11. Procedimiento de reglaje del filtro regulable según una de las reivindicaciones anteriores, del tipo que consta de un sustrato (8, 90) dieléctrico y de n resonadores R1, R2, ...Ri, ...Rj, ...Rk, ...Rn integrados en el sustrato, constando cada resonador, en un plano PL principal del sustrato, de una sucesión de tramos t1, t2, ...tq, ...tp de líneas de transmisión planares que tienen cada una dos extremos, siendo p el número de tramos de líneas de transmisión planares del resonador Ri considerado, siendo p igual o superior a 2, siendo q el rango del tramo, estando un extremo de un tramo tq de un resonador Ri enfrentado y separado una distancia d de un extremo del tramo t(q+1) siguiente del mismo resonador Ri, estando los extremos enfrentados de los tramos sucesivos de un resonador Rq unidos por una línea AI (30, 34) de transmisión planar destinada a elevar localmente la impedancia (Zc) característica del resonador Ri considerado, **caracterizado porque** consta al menos de una etapa de cableado, entre los extremos enfrentados de dos tramos tq, t(q+1) sucesivos de líneas en los bornes de las líneas AI (30, 34) de transmisión planares de al menos un elemento de reglaje, en un plano P perpendicular al plano PL principal del sustrato, determinándose previamente las longitudes de los elementos de reglaje y sus puntos de conexión en los extremos de los tramos de líneas de transmisión para obtener la frecuencia de resonancia deseada de los resonadores.

- 5 12. Procedimiento de reglaje de un filtro de radiofrecuencia según la reivindicación anterior, siendo el filtro regulable un filtro de paso de banda que consta al menos de un resonador R_j y de un resonador R_k , teniendo el resonador R_j los extremos enfrentados de dos tramos $t_q, t_{(q+1)}$ consecutivos de líneas de transmisión unidos por un elemento de reglaje cerca de los extremos de otros dos tramos consecutivos de línea de transmisión del otro resonador R_k unidos por otro elemento de reglaje, de forma que las superficies formadas por dichos elementos de reglaje con el plano PL principal de dichos dos resonadores R_j y R_k estén uno frente al otro, consistiendo el procedimiento de reglaje en modificar la distancia y la posición entre un elemento de reglaje y otro elemento de reglaje de los resonadores R_j y R_k respectivos para obtener, mediante la modificación del acoplamiento entre el resonador R_j y el resonador R_k , el ancho de banda deseado.
- 10 13. Procedimiento de reglaje de un filtro de radiofrecuencia según una de las reivindicaciones 11 o 12 según el cual al menos un elemento de reglaje es un hilo de cableado.
14. Procedimiento de reglaje de un filtro de radiofrecuencia según una de las reivindicaciones 11 a 13 según el cual al menos un elemento de reglaje es una cinta de conductor microcableado.
- 15 15. Procedimiento de reglaje de un filtro de radiofrecuencia según una de las reivindicaciones 11 a 14 según el cual la longitud de la línea Al (34) de transmisión planar es más grande que la distancia d entre los extremos enfrentados de dos tramos $t_q, t_{(q+1)}$ sucesivos de líneas de transmisión, de forma que se aumenta la longitud eléctrica de los resonadores $R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_j, \dots, R_k, \dots, R_n$.

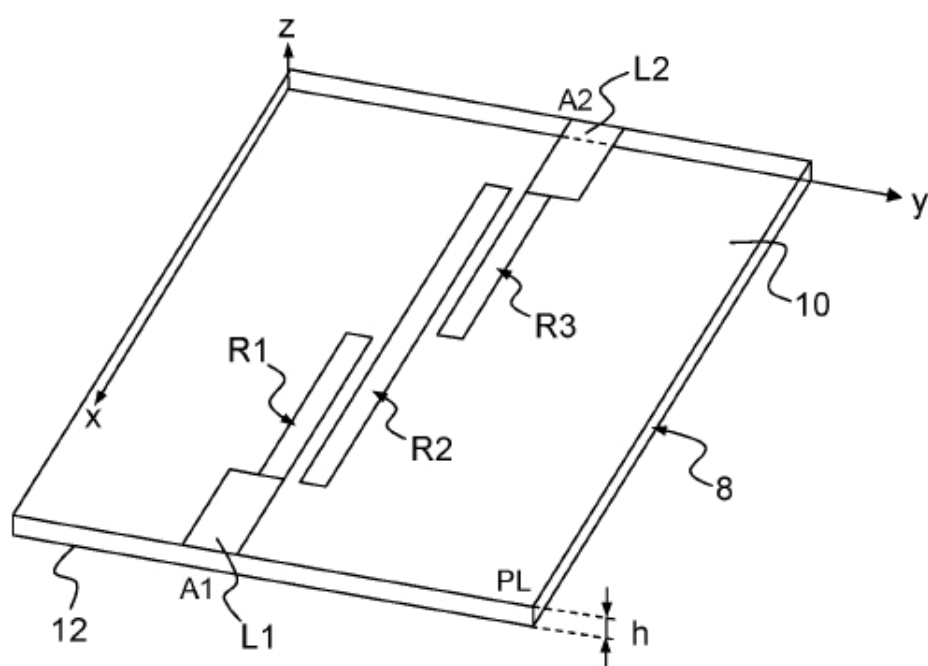


FIG.1

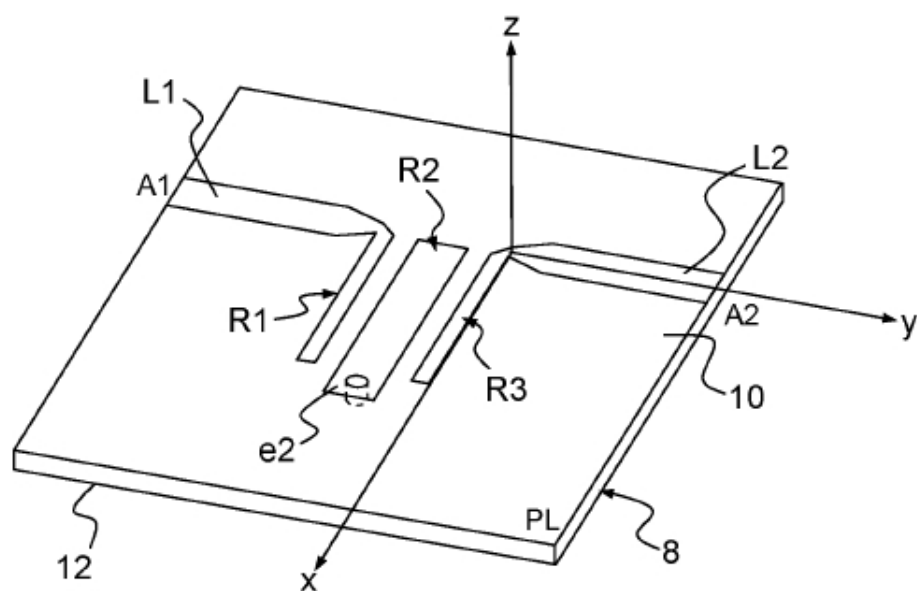


FIG.2

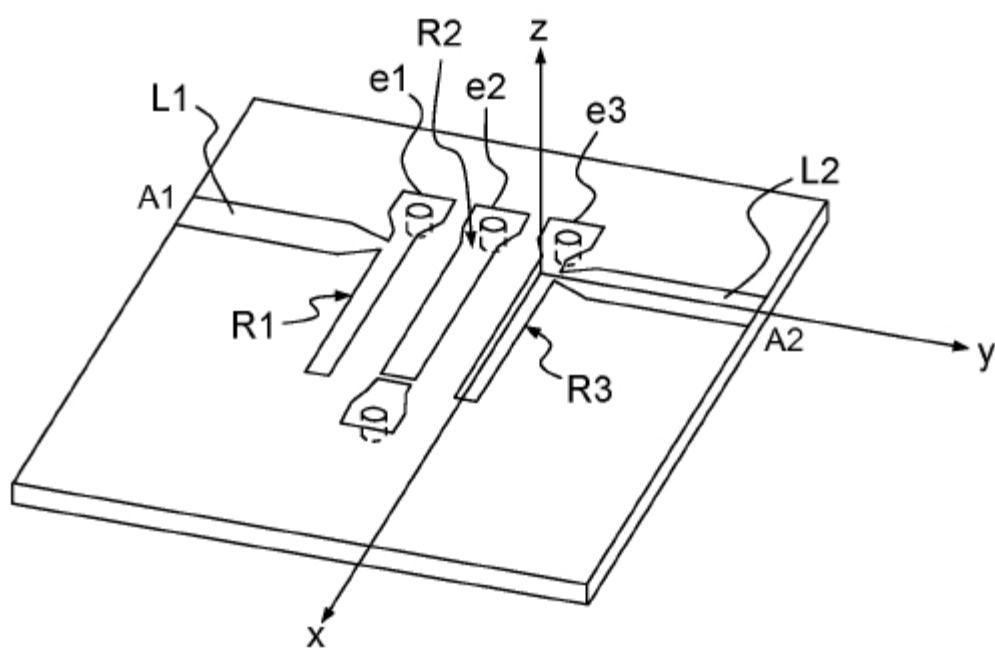


FIG.3

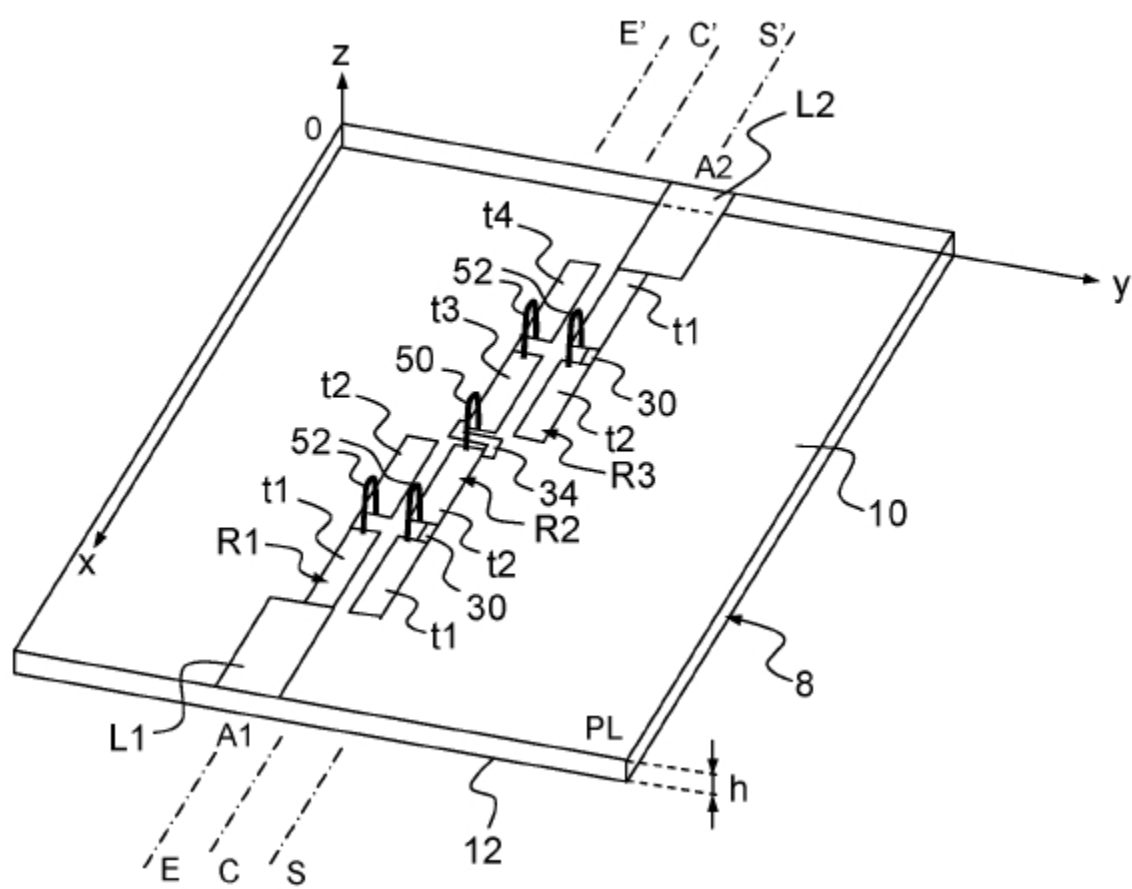


FIG. 4a

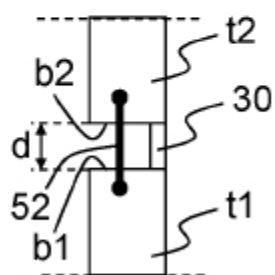


FIG. 4b

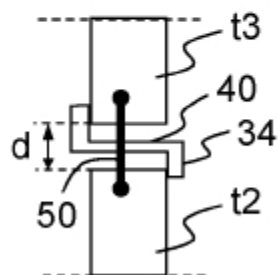


FIG. 4c

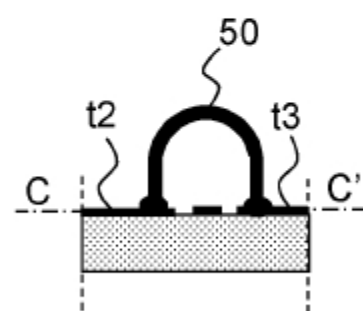


FIG. 4d

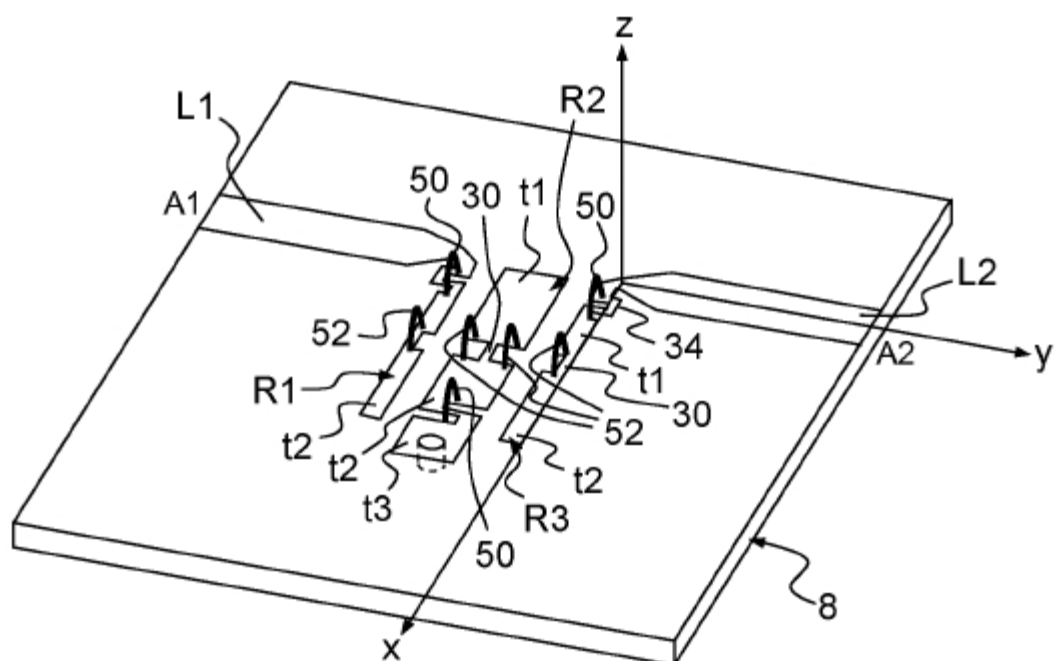


FIG. 5

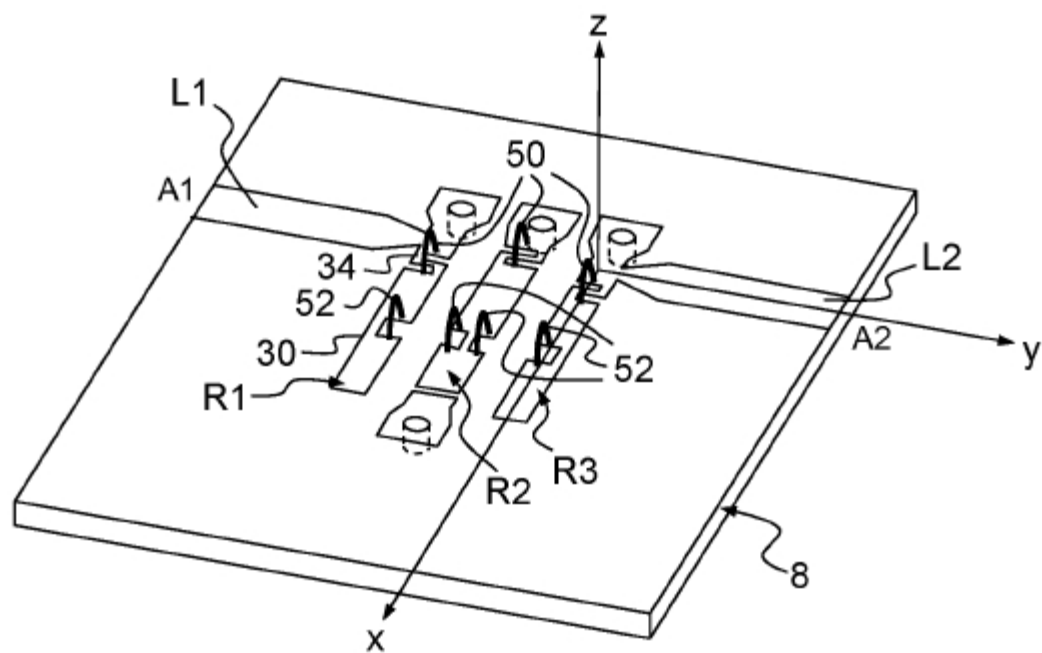


FIG. 6

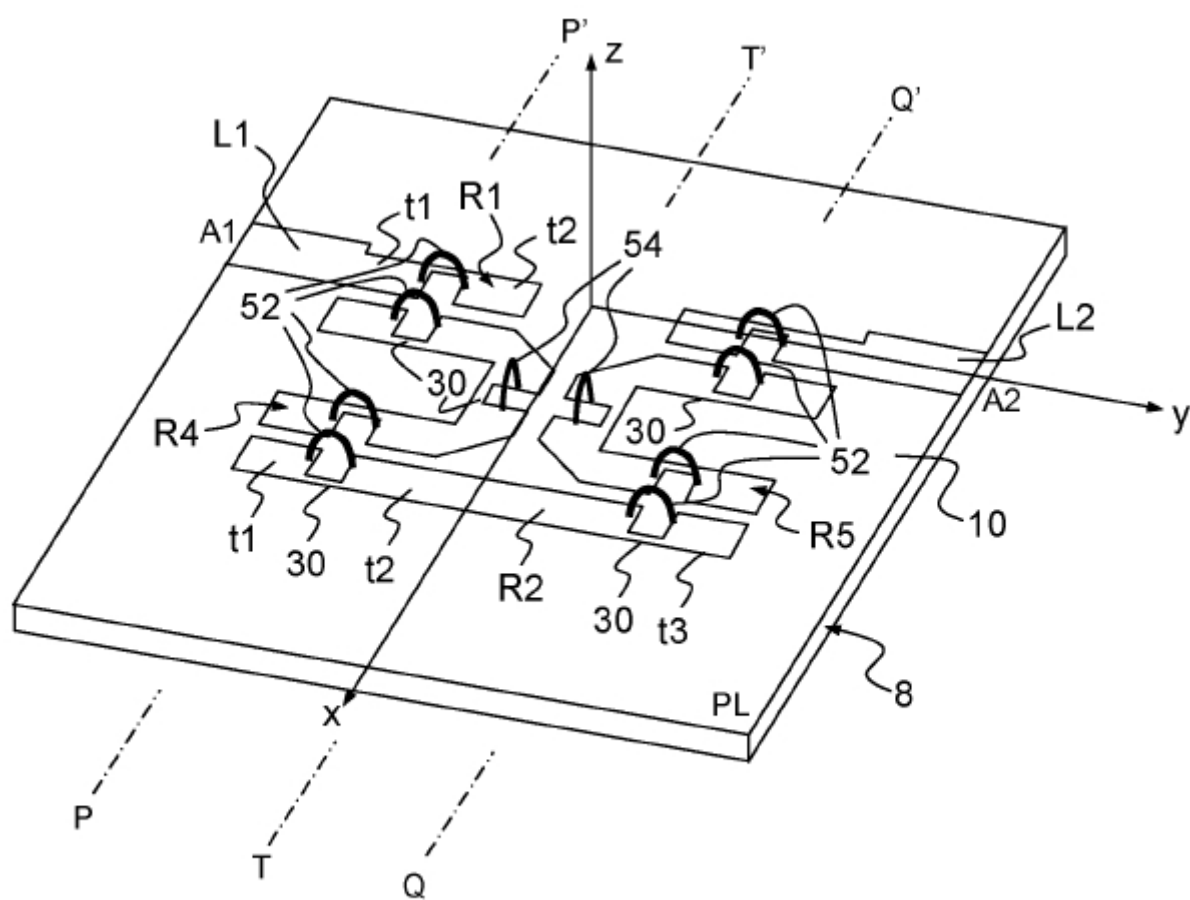


FIG.7

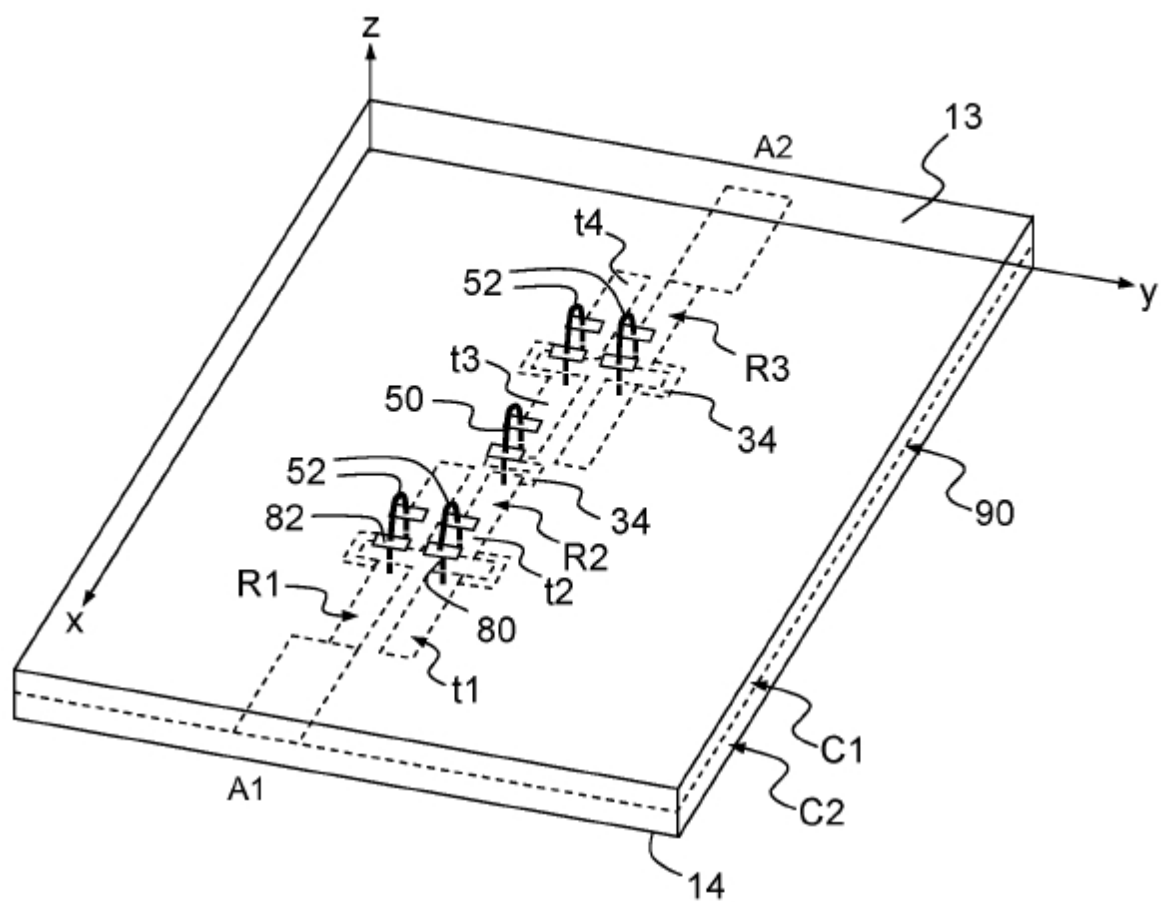


FIG. 8a

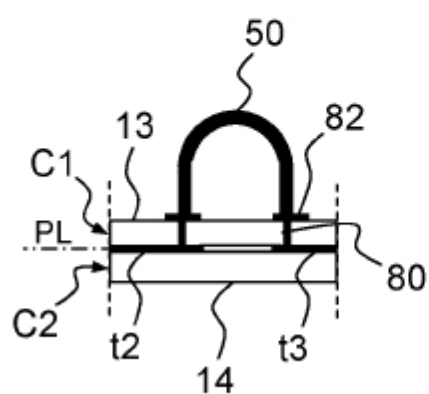


FIG. 8b

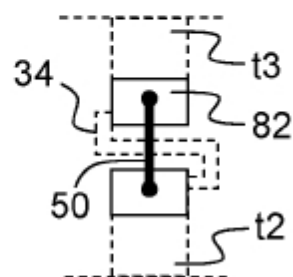


FIG. 8c

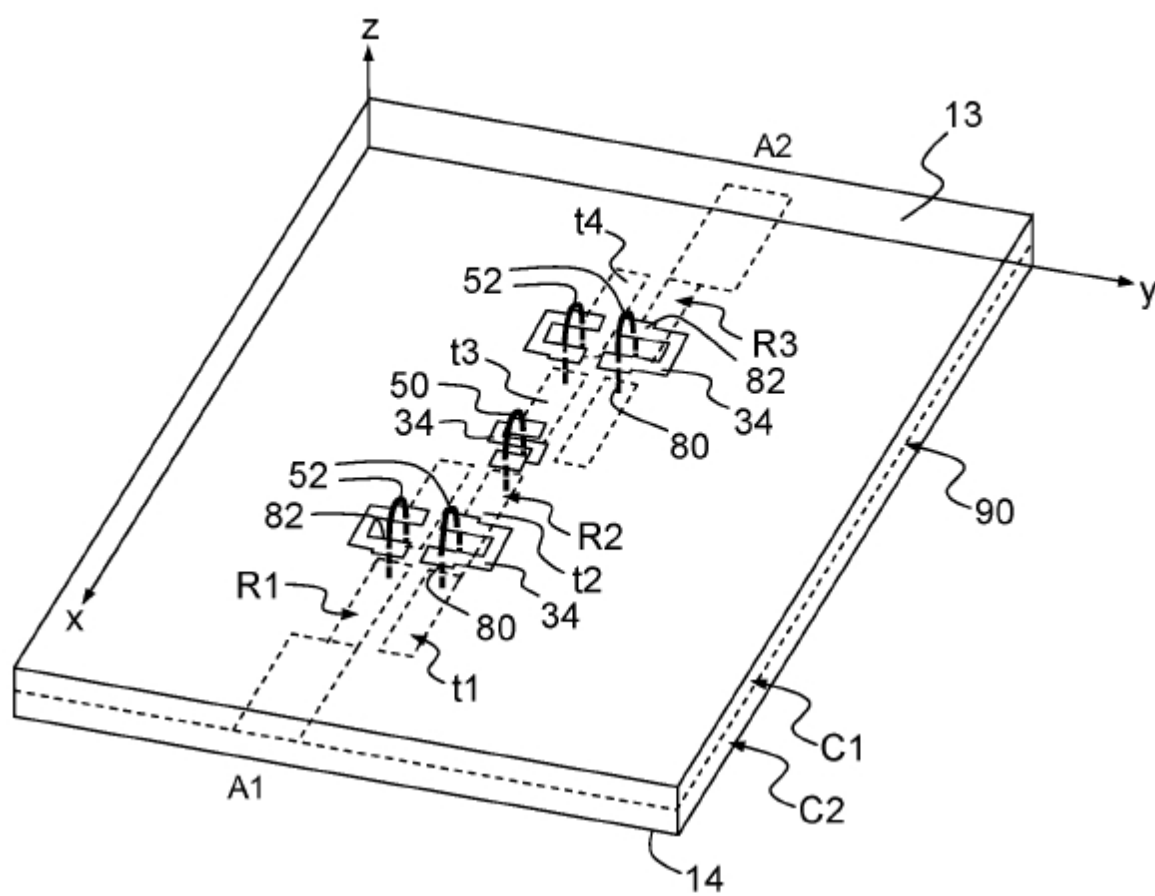


FIG. 9a

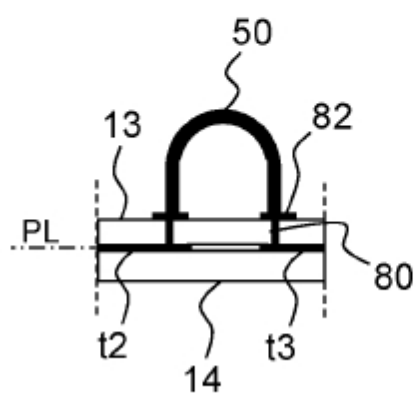


FIG. 9b

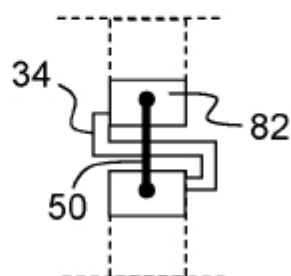


FIG. 9c