



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 334 566**

51 Int. Cl.:
H01P 5/107 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04425300 .3**

96 Fecha de presentación : **29.04.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1592081**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.11.2005**

54

Título: **Transición de microcinta a guía de onda para ondas milimétricas incorporadas en una tarjeta de circuitos impresos multicapas.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.03.2010

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.03.2010

73

Titular/es: **Nokia Siemens Networks S.p.A.
S.S. 11 Padana Superiore Km. 158
20060 Cassina de'Pecchi, MI, IT**

72

Inventor/es: **Cifelli, Antonio;
Milani, Angelo Giuseppe y
Polini, Marco**

74

Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 334 566 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

Transición de microcinta a guía de onda para ondas milimétricas incorporadas en una tarjeta de circuitos impresos multicapas.

5 **Campo de la invención**

La presente invención relata el campo de los circuitos de microondas y de los aparatos y más concretamente una transición de microcinta a guía de onda para ondas milimétricas incorporadas en una tarjeta de circuitos impresos multicapas. Recordamos que “microondas” es un término genérico para indicar varios rangos de frecuencia para la propagación de aire de aproximadamente 1 GHz hasta cerca 3 THz, las ondas milimétricas corresponden al rango de EHF de 30 a 300 GHz ($\lambda = 10$ a 1 mm). La realización de la presente invención es particularmente conveniente en el rango EHF, pero no hay limitaciones a la aplicación en otros rangos de frecuencia, por ejemplo de SHF de 3 a 30 GHz ($\lambda = 10$ a 1 cm). La invención se refiere tanto a un método para fabricar la transición como a la transición misma.

15 Actualmente los fabricantes de transeceptores de microondas están presionados por una demanda cada vez mayor de aparatos que funcionan en el rango de las ondas milimétricas, por ejemplo para usos en: enlaces por radio de capacidad alta/media/baja, redes de punto a multipunto, comunicaciones por satélite, etc. Concentrándose en las técnicas de fabricación orientadas a lograr productos con una buena relación entre coste y eficacia, como los tradicionales circuitos impresos (Printed Circuit Boards; PCB), son problemáticos en este rango de frecuencia, debido a las pérdidas dieléctricas crecientes de los sustratos y a la insuficiencia de los diseños conocidos de circuitos de interfaz planar con guía de ondas mecánicos.

25 **Estado de la técnica**

Se conocen en la técnica las transiciones de microcinta a guía de onda realizadas con sustratos dieléctricos de pérdida alta para la fabricación del PCB. El solicitante de la presente invención presentó el 30-5-2002 una solicitud de patente europea indicada como Ref.[1] en las *Referencias* enumeradas al final de la descripción. De acuerdo con la Ref.[1] el rango de frecuencia de funcionamiento de la transición se extendía hasta 35 GHz en los sustratos de fibra de vidrio reforzados (FR4). El tablero multicapa hizo uso de una capa de cobre gruesa como segunda capa de la composición de la estructura del disco para proporcionar la rigidez mecánica al sustrato FR4 para la conexión de una guía de onda rectangular en la cara inferior. La capa de cobre fue fresada para poner al descubierto la ventana dieléctrica de una transición de una hendidura y obtener mientras tanto una especie de reborde alrededor de ella para montar la guía de onda. Ignorando la transición por el momento, la idea del aprovechamiento de sustratos de pérdida alta para obtener los circuitos microondas fiables y de bajo coste, apropiados a las técnicas de ensamblaje automáticas o semiautomáticas, ya ampliamente utilizadas en la fabricación del PCBs, había sido heredada de una demanda de patente europea precedente presentada por el mismo solicitante el 26/07/2001 e indicado actualmente como Ref.[2]. Esta segunda aplicación describía una tecnología chip sobre placa (COB), que permitió integrar sobre el sustrato muchas partes del transeceptor, en particular era posible acomodar sobre el sustrato tanto los componentes del montaje en superficie como aquellos en chip (diferenciado o MMIC) con los circuitos de polarización pertinentes, para la transición convencional de la guía de ondas que constituyó el interfaz de radio del transeceptor. La frecuencia de 80 GHz era el límite teórico dependiendo de la anchura mínima W_m de la microcinta y del grueso h de la capa FR4 permitida por la tecnología. Considerando a $W_m = 200 \mu\text{m}$ la anchura de la microcinta, y $\lambda/W_m = 10$ como un buen parámetro de diseño, entonces para obtener el valor de 50Ω para la impedancia característica de la microcinta el grosor de la capa de FR4 era $h = 100 \mu\text{m}$. El valor optimista de 80 GHz había sido calculado para la única propagación de onda a lo largo de la microcinta sin tomar en la debida consideración los efectos de las transiciones de microcinta a guía de onda. Dado que la invención que será divulgada se refiere a una realización alternativa a la transición de la Ref.[1] capaz de funcionar realmente hasta 80 GHz, son necesarios algunos detalles de la realización en Ref.[1] para apreciar las mejoras. Las figuras 1a, 1b, 2a, 2b, y 3 divulgan esos detalles.

50 La figura 1a muestra un montaje metálico colocado en la cara superior de un sustrato dieléctrico FR4 que pertenece a una estructura multicapas. El montaje incluye una microcinta que se extiende a lo largo del eje de simetría longitudinal del sustrato y que termina con una placa metálica. La microcinta y el circuito restante (no visibles para simplificar) se rodean por un diseño de blindaje metálico que delimita una ventana rectangular no metalizada correspondiente a una ventana dieléctrica, ingresada por la microcinta emplacada. La metalización perimétrica de la ventana dieléctrica esta formado como un marco rectangular con cuatro círculos no metalizados en las cuatro esquinas en correspondencia de los orificios roscados por la estructura multicapas. La Figura 1b muestra una capa de cobre gruesa adherida a la cara inferior del sustrato dieléctrico para formar un núcleo metálico que da rigidez a la estructura multicapas y que constituye un plano de tierra para la parte superior de la microcinta. El núcleo metálico esta fresado y completamente aislado para dejar al descubierto el sustrato dieléctrico en correspondencia de la ventana dieléctrica, de manera que la placa es visible para la parte de atrás debido a la semitransparencia de la capa FR4. La Figura 2a es un corte transversal a lo largo del eje A-A de la figura 1a. La figura muestra la estructura multicapas incluyendo tres sustratos dieléctricos y el núcleo de metal. Los sustratos dieléctricos superior e inferior están metalizados, mientras que el interpuesto se usa como aislante. El final de la guía de ondas rectangular ensambla la ventana rectangular fresada en el núcleo metálico en correspondencia a la ventana dieléctrica del sustrato superior, de modo que la abertura en el núcleo metálico es una continuación de la guía de onda a la ventana dieléctrica del sustrato. Una tapa metálica colocada sobre el marco de la cara superior se fija a la estructura multicapas por medio de cuatro tornillos en la esquina del marco que penetra en el sustrato dieléctrico superior, el núcleo metálico (el reborde) y las paredes de la guía de ondas rectangular. La tapa

metálica es un cuerpo hueco con una hendidura rectangular frente a la ventana no metálica. En funcionamiento, el final emplacado de la microcinta que entra en la ventana dieléctricos actúa como una sonda electromagnética para irradiar en el espacio cerrado a su alrededor. Las dimensiones de la placa se calculan para transferir la energía de la microcinta de alimentación a la guía de ondas de manera eficiente. La tapa metálica atornillada se usa como un reflector para prevenir la propagación de la placa en la dirección opuesta a la guía de onda. Para este objetivo el hueco de la tapa metálica actúa como un corto de retorno para la señal. De las consideraciones antedichas se puede concluir que la sonda y la ventana dieléctrica en comunicación con la guía de onda constituyen una transición de microcinta a guía de onda que transforma el modo de la propagación “quasi-TEM” de la microcinta en el modo TE_{10} de la guía de onda rectangular. Las propiedades electromagnéticas de las transiciones son recíprocas, de modo que la misma estructura usada por el transmisor RF para transportar dentro de la guía de onda una transmisión de señal de la microcinta se usa también por el receptor para transportar una señal de recepción RF de la guía de onda a la microcinta.

La Figura 2b muestra una serie de orificios pasantes metalizados (vía de orificios visible en la Figura 2a) espaciados regularmente a lo largo del marco. Estas vías de orificios alrededor de la zona de transición han introducido sucesivamente la clasificación de la Ref. [1] con el objetivo de mejorar el funcionamiento de la transición en las frecuencias más altas (35.5 GHz) del rango de operaciones. Esta declaración es posible porque la transición en la Ref. [1] y la transición de la presente invención se desarrollaron en los laboratorios del mismo aspirante. El suministro en la vía de orificios a la falta de continuidad de la guía de onda por el grosor del sustrato dieléctrico alrededor de la zona de transición. Gracias a la vía de orificios, la energía está limitada dentro de la parte paralelepípedica del sustrato dieléctrico adyacente a la cavidad de aire de la guía de onda, de otra manera la propagación por el sustrato dieléctrico fuera de la zona de la transición constituiría una causa de pérdidas. Además, la vía de orificios suministra la tapa superior con contactos de tierra distribuidos alrededor de la transición, mejorando el contacto pobre proporcionado por los tornillos en las cuatro esquinas del marco. La Figura 3 es una fotografía de la disposición del tranceptor que representa la disposición real de la vía de orificios; como se puede notar, son necesarias varias filas de orificios metalizados para una operación satisfactoria en el rango de SHF (no en EHF).

A pesar de la simplicidad de la fabricación de la transición ilustrada en las figuras anteriores, cualquier tentativa de arreglar su uso en el rango de EHF ha concluido con un fracaso debido a la inaceptable pérdida de energía y la distorsión introducida por la transición. Del análisis de las causas principales de estos fracasos resulta que las ondas milimétricas:

1. La vía de orificios no pueden delimitar más el campo electromagnético en la parte paralelepípedica rodeada del sustrato dieléctrico. La desventaja se debe al hecho de que los diámetros y las distancias recíprocas de los orificios son comparables con la longitud de onda usada y no pueden además reducir la causa de las limitaciones tecnológicas inevitables del proceso de la vía de orificios.
2. El grosor del sustrato dieléctrico no es más completamente insignificante en comparación con la longitud de onda de la señal, como una consecuencia de la vía de orificios la tapa superior no conecta con tierra de manera eficiente. Por consiguiente la tapa no se puede considerar como una continuación de la guía de onda terminada oportunamente en la parte superior, y un desajuste entre los dos lados de la placa puede generar reflejos no deseados y modos de resonancia falsos.
3. Las pérdidas dentro de la parte dieléctrica de la transición son excesivas debido al mal funcionamiento del sustrato semi-valioso.

La solicitud de la patente europea indicada en la Ref.[5] divulga un paquete de alta frecuencia que comprende un sustrato dieléctrico, un elemento de alta frecuencia que funciona en una región de alta frecuencia y se monta en una cavidad formada sobre dicho sustrato dieléctrico, y una línea de microcinta formada sobre la superficie o en una parte interior de dicho sustrato dieléctrico y conectado eléctricamente a dicho elemento de alta frecuencia, en el que el paso de la transmisión de señal de una guía de onda se conecta a un paso conductor lineal o a una capa a tierra que constituye la línea de la microcinta. En la parte del empalme de la guía de onda, por ejemplo, un final del paso conductor lineal se abre electromagnéticamente, de manera que la parte final trabaja como una antena monopolar dentro de la guía de onda que está conectada.

El paquete de alta frecuencia ya mencionado se ha diseñado para funcionar en ondas milimétricas que usan materiales de sustrato costoso y rígido que tienen una constante dieléctrica baja y pérdidas pequeñas (por ejemplo alúmina). Por otra parte, la estructura complicada hace difíciles de obtener el sellado de la multicapas a la guía de onda y el uso de una tapa superior de cierre. Otra dificultad surge en la correcta terminación de la irradiación de la microcinta dentro de la guía de onda.

Objeto de la invención

El objeto principal de la presente invención consiste en vencer las desventajas conocidas de la técnica e indicar una transición de microcinta a guía de onda que se puede conseguir en PCBs dispuesta para funcionar en las microondas con buen funcionamiento en el rango más cercano de EHF (hasta 80 GHz)

ES 2 334 566 T3

Sumario y ventajas de la invención

La invención alcanza dicho objetivo al proporcionar un método para fabricar una transición de microcinta a guía de onda, según lo divulgado en las reivindicaciones del procedimiento.

Otro objetivo de la invención es una transición de microcinta a guía de onda obtenida según el procedimiento, según lo divulgado en las reivindicaciones del dispositivo.

Según la invención, la transición divulgada en la Ref.[1] se rediseña ahora completamente para quitar casi completamente el diafragma dieléctrico anterior del espacio de la transición. Frecuentemente el aire llena el espacio de propagación de las ondas electromagnéticas en la nueva transición; con esto se supera la desventaja destacada en el punto 3. Otra diferencia fundamental del estado anterior de la técnica es que la guía de onda ahora penetra el sustrato dieléctrico para conectar la tapa metálica, sin romper la continuidad de las paredes metálicas, a excepción de los dos surcos cuyo efecto es totalmente marginal. En otras palabras, el marco de la vía de orificios es completamente innecesario para limitar el campo electromagnético, y también se superan las desventajas destacadas en los puntos 1 y 2.

Ventajosamente, la parte de la guía de onda de la transición y la parte mecánica del transceptor se pueden obtener por medio del control numérico de las técnicas de fabricación que comienzan desde un bloque de metal duro. La transición de la microcinta a la guía de onda por guía de onda rectangular es, según la actual invención, la más fácil de obtener, pero el mismo acercamiento se aplica para obtener transiciones para las guías de onda circulares o elípticas.

Siendo reparadas todas las causas de las pérdidas y del mal funcionamiento imputable a la única transición, el límite de frecuencia superior debido a la microcinta en la técnica de PCBs. por ejemplo 80 GHz, es ahora completamente explotable para el transceptor.

Breve descripción de los dibujos

Las características de la presente invención que se consideran novedosas se ponen en adelante con particularidad en las reivindicaciones añadidas. La invención y sus ventajas se pueden entender con referencia a la descripción detallada siguiente de una realización de la misma tomada conjuntamente con los dibujos de acompañamiento dados con propósitos puramente explicativos y no limitativos, en donde:

- Las figuras 1a a 3, ya descritas, muestran una transición de microcinta a guía de ondas según el estado anterior de la técnica mencionado en la Ref. [1];

- Las figuras 4a a 4d muestran algunos pasos de la fabricación de la multicapas y la guía de onda según el procedimiento de la invención;

- Las figuras 5a a 5d muestran una vista desde arriba, una vista longitudinal y una vista de una sección cortada transversal de la transición según la invención;

- Las figuras 6a y 6b muestran un modelo de simulación de la perspectiva y los parámetros relevantes de la transición según la invención;

- Las figuras 7 y 8 muestran los parámetros S y S del modelo simulado;

- La figura 9a muestra una vista desde arriba de dos transiciones back to back usadas para las medidas;

- La figura 9b muestra una fotografía de la transición back to back de la figura 9a;

- Las figuras 10 y 11 muestran los parámetros S y S medidos realmente al final de la disposición de la figura 9a;

- La figura 12 muestra una vista desde arriba de una transición de microcinta a guía de onda circular, sin la tapa superior.

Descripción detallada de una realización de la invención

Como regla de descripción, en las figuras de los dibujos los elementos se identifican con números de referencia. Además, los elementos representados en las figuras no son una reproducción a escala de los originales. Con referencia a la figura 4a vemos una cara parcial superior de un sustrato dieléctrico 1 que pertenece a una estructura multicapas conocida utilizada actualmente para obtener el circuito de un transceptor que funciona en aproximadamente 60 GHz (rango EHF) que emplea técnicas tradicionales PCB. La estructura multicapas es una versión más simple de la divulgada en la Ref. [1] limitándose a incluir un sustrato dieléctrico fino 1, caracterizado por pérdidas dieléctricas altas en comparación con la alúmina o el arseniuro de galio sustratos usados tradicionalmente para aplicaciones EHF, que hace de adherencia a una placa de cobre gruesa que da la rigidez necesaria a la estructura plana. Una transición de

ES 2 334 566 T3

microcinta a guía de onda y viceversa, usada para conectar tanto el transmisor como los amplificadores del receptor a la misma antena por medio de un duplexor, es la única parte del transreceptor relativa a la presente invención. El sustrato 1 da apoyo a un diseño metálico que incluye entre otras cosas una microcinta 2 colocada a lo largo del eje de simetría longitudinal de la figura. La microcinta 2 termina con una pequeña placa 3 cerca del centro de una banda 4 colocado entre dos ventanas rectangulares simétricas 5 y 6 obtenidos por el traslado de multicapas por fresado, según las técnicas conocidas. La superficie de las dos ventanas 5 y 6 prevalece con respecto a la superficie de la banda central 4, de modo que el espacio de la transición se llena de manera prevalente con aire. Una metalización 7 rodea, como un marco, las dos ventanas simétricas 5 y 6 y la banda central 4, dejando un corto espacio libre para la microcinta 2, pero teniendo un dedo 7a cubriendo la banda 4 para una zona corta frente a la placa 3. Varios orificios pasantes metalizados 8 se espacian con regularidad a lo largo del perímetro del marco 7. El único propósito de estos orificios es el de evitar posibles separaciones de la capa dieléctrica superior del núcleo de metal (placa) como una consecuencia de la operación de fresado para abrir las ventanas 5 y 6, porque de la no perfecta compatibilidad física en el interfaz entre las dos capas.

En la figura 4b se representa una vista superior parcial de la parte mecánica 9 del transceptor. La mecánica se fabrica en un modo que incluye el final de un guía de ondas rectangular 10. La cavidad interna 11 de la guía de ondas metálica 10 está llena de aire. Dos orificios rectangulares 12 y 13 se fresan para todo el grosor de las dos paredes más largas en el extremo de la guía de ondas 10, a lo largo del eje de simetría. Cuatro orificios roscados 14 son visibles en las cuatro esquinas de la parte mecánica 9. Las dimensiones de las dos ventanas 5 y 6 y la anchura de la banda 4 se ponen para acomodar al mismo tiempo la banda 4 en los surcos 12 y 13 en el borde de la guía de ondas 10 y en el borde de la guía de ondas 10 dentro de las ventanas 5 y 6, tanto como la profundidad de los surcos 12 y 13 lo permita. Con referencia a las figuras 4c y 4d, antes de que ocurra este alojamiento, la parte del núcleo metálico debe de eliminarse de la banda 4. La figura 4c y la figura 4d muestran el núcleo metálico antes y después de la eliminación, respectivamente. Una indicación de la verdadera colocación de la sección transversal interna 11 de la guía de ondas 10 se añade con la línea discontinua en la figura 4d. Se puede apreciar que la banda 4 está libre del metal en correspondencia de la cavidad de la microonda 10, de modo que la zona de la microcinta emplacada 2, 3 que penetra la cavidad 11 esta libre de irradiar como una sonda dentro de la guía de ondas 10.

La figura 5a muestra una vista desde arriba del montaje constituido por la multicapas de la figura 4a sobrepuesto a la mecánica de la figura 4b para que puedan interpenetrar. Dos ejes A-A y B-B se indican en la figura como planos de referencia para las secciones transversales divulgadas en la siguiente figura. La figura 5b muestra la sección transversal a lo largo del eje de simetría longitudinal A-A de la figura 5a. Con referencia a la figura 5b el borde de la guía de ondas 10 surge de las aberturas 5 y 6 y una tapa metálica 16 se apoya en eso. La tapa 16 se sujeta a la guía de ondas 10 por medio de los tornillos 17 que penetran los cuatro orificios roscados 14 (figura 4b). La tapa 16 incluye un hueco central 18 formado como una zona muy corta de la guía de onda 10 cerrada en el extremo. En comparación con el estado anterior de la técnica de la figura 2a, la tapa 16 ahora está conectada a la guía de onda sin ninguna capa dieléctrica interpuesta, de modo que la continuidad metálica de las paredes de la guía de onda 10 no se interrumpen nunca a través de la transición hasta que se alcance la tapa. De este modo las corrientes de retorno reflejadas de la tapa alcanzan la tierra directamente y, como consecuencia, son innecesarios vía los orificios alrededor de la transición como en la figura 2b por los motivos antes indicados. Las ranuras 12 y 13 tienen profundidades diferentes, la primera (12) es más profunda que la segunda (13) para incluir también el dedo de cobre 15a (figura 4d). La asimetría de los reflejos de luz en las dos profundidades es una consecuencia del montaje asimétrico en la banda 4, que lleva una microcinta en la parte izquierda mientras que la parte derecha esta descubierta. Más exactamente, la microcinta 2 deja de ser como tal solamente en el final de la ranura 12, cuya profundidad se calcula en consecuencia. Por otra parte, la profundidad de las dos ranuras 12 y 13 se calculará para asegurar un cierto espacio libre entre el final de la guía de ondas 10 y la microcinta 2, y teniendo en cuenta que una cierta tolerancia en la anchura de las ranuras 12 y 13 se prevé para la inserción de la banda 4 sin problemas, como se ve en la figura 5a, el sustrato 1 tiene que fijarse en la mecánica. Los dos orificios 19, visibles en la figura 5a, son parte de un número de los taladrados en la multicapa y la mecánica 9 para alinear el circuito planar con respecto a la guía de ondas 10 y para sujetarlos a la mecánica. Las Figuras 5c y 5d muestran la sección transversal a lo largo del eje de simetría transversal B-B y C-C de la figura 5a, respectivamente. La observación de estas figuras más adelante aclara los argumentos ya desarrollados en la descripción de los precedentes y no es necesaria una descripción adicional.

En la operación, la transición se ha diseñado para funcionar en el rango de 55-60 GHz, de acuerdo con las demandas del mercado de aparatos transceptores. La mecánica funciona por una máquina de control numérico para obtener una guía de onda WR15 (1.88 x 3.76 mm). Los circuitos planos se obtienen a partir de multicapas que se usan incluyendo un sustrato dieléctrico de 0.1 mm de espesor pegado a una placa metálica de cobre (núcleo) de 2 mm de espesor. El sustrato dieléctrico seleccionado se conoce con el nombre comercial RogerTM4350, que tiene pérdidas medidas por un $\tan\delta = 0.037$ en 10 GHz, según lo declarado por el fabricante; este valor aumenta claramente en el rango de frecuencia operativo de la transición. RogerTM es similar a FR4 o a "vetroniteTM" utilizado para fabricar la transición citada en la Ref. [1], es decir, un material hecho de fibra de vidrio impregnada con la resina de epóxido que tiene $\tan\delta$ desde 0.025 a 0.05. Estos valores de $\tan\delta$ son típicos para PCBs pero no inmediatamente para los circuitos de microonda donde la alúmina impone con un $\tan\delta = 0.0001$. El acoplamiento electromagnético entre la microcinta 2 y la guía de onda 10 se obtienen por medio de una sonda puesta en el plano E de la guía de onda rectangular 10 y que termina con la placa pequeña 3. Esta sonda se ha obtenido como continuación de la microcinta 2 dentro de la cavidad 11 de la guía de onda 10 después de haber apartado del plano de tierra por debajo. El borde de la guía de onda 10 surge de las multicapas en la zona de la transición, todo lo que la profundidad de las ranuras 12 y 13 lo permite, y une el borde de la tapa 16. La pared superior de la tapa 16 actúa como un cortocircuito para reflejar en retorno la señal hacia la placa 3. Esta

tiene que ver un circuito abierto en su plano para la señal reflejada para guardarla adaptada a la guía de onda 10. La transformación de impedancia requerida se obtiene fresando la longitud de la zona 18 en una forma que la distancia del plano de la placa 3 desde el plano del cortocircuito interno a la tapa 16 es de cerca de $\lambda/4$. Para completar el análisis de la transición deben de considerarse el efecto de las dos hendiduras delimitadas por la tapa 16 o las ranuras 12 o 13. No hay problemas con estas hendiduras porque sus dimensiones transversales son tales que se comportan como dos guías de onda subyacentes en el rango de frecuencia de 55-60 GHz. Además, las hendiduras son más largas que pocos λ y el efecto de los modos de no propagación son insignificantes, de modo que el campo electromagnético esta totalmente limitado en el volumen de la transición, diversamente de las vía de orificios del estado anterior de la técnica.

Un primer diseño de la transición 55-60 GHz se ha realizado aproximadamente calculando las dimensiones de sus piezas relevantes con la ayuda de dos libros convencionales citados en la Ref. [3] y en la Ref. [4]. El diseño ha sido refinado sucesivamente por varias sesiones de la simulación realizadas por medio del simulador electromagnético 3D Agilent™ HFSS operativo en el modelo mostrado en la figura 6a. El objetivo es que optimiza las dimensiones de la sonda, incluidas las de la placa 3, para funcionar en la banda deseada manteniendo la anchura de banda y la correspondencia de condiciones en la medida de lo posible no afectados por las tolerancias mecánicas y de montaje. Con referencia a la figura 6a, vemos el modelo incluyendo la banda dieléctrica 4 apoyada en el borde de la guía de onda 10 transversal a su cavidad rectangular 11. Este modelo también incluye la hendidura comprendida entre la ranura 12 y la tapa 16, conteniendo la zona relevante de la microcinta 2. La parte terminal de la sonda con la placa 3 se modela dentro de la cavidad 11 y se representa con mayores detalles en la figura 6b. Con referencia a la figura 6b, vemos la microcinta 2 y la placa 3 formando como una T. La base de la placa rectangular 3 perpendicular a la microcinta 2 tiene una longitud c mayor que la altura b , pero esto no es una regla general. Las etiquetas w y h indican respectivamente las dimensiones más largas y más cortas de la cavidad rectangular 11, mientras que la etiqueta a indica la longitud de la microcinta 2 (sin cobre debajo) dentro de la cavidad 11 del flanco interno 12 a la base de la placa 3; es decir: la longitud de la línea que lleva la señal a la placa 3. La simulación se lleva a cabo considerando una guía de onda WR15 (1,88 x 3,76 mm); con lo que: $h = 0.5 w$. Los resultados de la simulación han confirmado que la frecuencia central de la transición depende de la proporción $(a+b)/w$, mientras que el nivel de la adaptación en los puertos de entrada y de salida depende de la proporción c/b dentro del ancho de banda considerado. Hablando en términos generales, mayor es la proporción $(a+b)/w$ (por ejemplo la placa más cerca al centro de la cavidad) más baja es la frecuencia central f_0 de la transición. Además, una vez que w (3,76 mm) se selecciona de acuerdo con las normas de diseño típico para guía de ondas rectangular que opera en la proximidad de la frecuencia central deseada f_0 (58 GHz), y $(a+b)/w$ se fija para obtener el f_0 exacto, entonces b (y por lo tanto a) y c se optimizan en la banda de frecuencia deseada independientemente del f_0 exacto fijado previamente. Para la banda operativa de 55-60 GHz, se encuentran los valores de $(a+b)/w = 0,18$ y $c/b = 2,22$ para ser óptima. Los resultados de las simulaciones se relatan en las figuras 7 y 8 que conciernen a los parámetros de dispersión S_{11} y S_{21} versus frecuencia, respectivamente. Con referencia a la figura 7, vemos que el coeficiente de reflexión S_{11} nunca cae debajo de 20 dB en la banda considerada, mientras en la figura 8 la pérdida de inserción máxima S_{21} es aproximadamente 0.1 dB.

Para comprobar la validez de las simulaciones y los funcionamientos reales de la transición, se ha realizado un prototipo con dos transiciones conectados “back-to-back” por una microcinta central, como el que está representado en la figura 9a fotografiada en la figura 9b. La parte izquierda de la figura 9a es una imagen especular de la transición de la figura 5a. La adaptación en un puerto de entrada de la estructura doble se mide después de haber cerrado el otro puerto sobre una terminación adaptada, por lo tanto la medida concierne a toda la adaptación de las dos transiciones. Los parámetros de dispersión medidos S_{11} y S_{21} versus frecuencia se relatan en las figuras 10 y 11, respectivamente. Con referencia a la figura 10, vemos que el coeficiente de reflexión S_{11} nunca es peor que 10 dB en la banda considerada. El parámetro de pérdida de inserción S_{21} indicado en la figura 11 esta fuertemente influenciado por la microcinta central que interconecta las dos transiciones. De hecho, la longitud de 20 mm (aproximadamente 7λ) de la microcinta causa perdidas de cerca de 1.5 dB, como una consecuencia de cada transición contribuye a la medida con aproximadamente 1.25 dB.

La figura 12 muestra una vista desde arriba de una transición de microcinta a guía de ondas circular, sin la tapa superior, la realización de la cual es directamente alcanzable a partir de la descripción precedente de la transición de la microcinta a la guía de onda rectangular. Lo mismo se aplica para una transición de una microcinta a guía de onda rectangular elíptica (no representado en la figura).

Referencias

[1] EP 02425349.4, título: “BROADBAND MICROSTRIP TO WAVEGUIDE TRANSITION ON MULTILAYER PRINTED CIRCUIT BOARDS ARRANGED FOR OPERATING IN THE MICROWAVES”. (Publicado el 03/12/2003 con el número 1367668)

[2] EP 01830497.2, título: “PRINTED CIRCUIT BOARD AND RELEVANT MANUFACTURING METHOD FOR THE INSTALLATION OF MICROWAVE CHIPS UP TO 80 GHz”. (Publicado el 29/01/2003 con el número 1280392)

[3] “Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures”, G. L. Matthaei, L. Yong y E. M. T. Jones; Artech House Books; 1980.

ES 2 334 566 T3

[4] "Foundation for Microwave Engineering"; R. E. Collin; *McGraw-Hill* 2ª edición; © 1992.

[5] EP 0874415 A2, título: "HIGH-FREQUENCY PACKAGE". Solicitante: KYOCERA CORPORATION. (Publicado el 28/10/1998).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 334 566 T3

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de una transición microcinta a guía de onda, en donde la transición comprende:

- 5
- una estructura multicapas que incluye al menos un sustrato dieléctrico (1) del tipo utilizado en la tecnología de las tarjetas de circuitos impresos;
- 10
- el sustrato multicapas está previsto sobre una placa de metal rígida (15);
- 15
- un diseño metálico (2, 3, 7) es sostenido por el sustrato dieléctrico (1);
- en donde el diseño metálico (2, 3, 7) incluye: una microcinta (2) que termina en una placa (3) que actúa como una sonda para acoplar la microcinta (2) a una guía de ondas (10) por medio del sustrato dieléctrico (1); y dos ventanas (5, 6) simétricas a un eje longitudinal del diseño metálico (2, 3,7), separadas una de la otra por una banda central (4) que lleva la sonda;

El procedimiento incluye las etapas de:

- 20
- supresión de las multicapas (1), de la placa de metal rígido (15) y del montaje metálico (2.3.7) en correspondencia a las dos ventanas (5, 6);
- 25
- supresión de la placa de metal rígido colocada debajo de la banda (4) al menos en la región entre las ventanas; fresado de dos ranuras rectangulares (12, 13) de profundidad dada para todo el grosor de dos paredes opuestas a la extremidad de la guía de ondas (10) a lo largo del eje de simetría;
- 30
- las dimensiones de las dos ventanas (5, 6) y la anchura de la banda (4) se fijan para alojar al mismo tiempo la banda (4) en las ranuras (12, 13) en el borde de la guía de ondas (10) y susodicho borde de la guía de ondas (10) dentro de las ventanas (5, 6), tanto como la profundidad de las ranuras (12, 13) lo permita;
- fijación de una tapa metálica (16) sobre el borde de la guía de ondas (10) emergente de los dos lados (5.6) de la banda (4) para reflejar en retorno a la guía de ondas (10) la energía irradiada por la sonda (3) en la dirección opuesta.

2. Procedimiento según la reivindicación 1,

35 **caracterizado** en que,

la totalidad de la superficie de las dos ventanas (5, 6) en los dos lados de la banda (4) prevalece con respecto a la superficie de la banda central (4), de modo que el espacio de la transición se llena de manera prevalente con aire.

40 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2,

caracterizado en que

45 incluye la etapa de alineación del diseño metálico (2, 3, 7) con relación a la guía de ondas (10) y de fijación de las multicapas a un cuerpo de soporte metálico (9) que se trabajó para obtener la guía de ondas (10).

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,

50 **caracterizado** en que,

incluye la etapa de supresión de la placa de metal rígido (15) de dicha banda (4) por lo menos en correspondencia de la cavidad (11) de la guía de onda (10) atravesada por la banda (4).

55 5. Procedimiento según la reivindicación 4,

caracterizado en que,

60 incluye la etapa de fresado en el cuerpo de dicha tapa (16) de un hueco central (18) formado como una zona corta de dicha guía de ondas (10) con una profundidad de aproximadamente $\lambda/4$.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,

caracterizado en que,

65 antes de la abertura de dichas ventanas (5,6) en las multicapas (1, 15) se realiza una etapa de perforación y de metalización para cercar dichas ventanas (5,6) y la banda (4) con orificios pasantes metalizados (7,8) para evitar posibles separaciones entre la s (1) y la placa de metal rígida (15).

ES 2 334 566 T3

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado en que,

5 dichas ventanas (5, 6) abiertas en las multicapas (1, 15) tienen una forma rectangular.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,

10 **caracterizado** en que,

incluye la etapa de ajuste de la frecuencia central de la transición por fijación de un valor correspondiente de la proporción $(a+b)/w$, donde: w es la dimensión de la cavidad más larga de una guía de ondas rectangular cuya dimensión más corta tiene una proporción conocida con w , a es la longitud de la línea que transporta la señal hasta la placa (3), y b es la base de la placa (3) formada como un rectángulo perpendicular a la microcinta (2).

9. El procedimiento según la reivindicación 8,

caracterizado en que,

20 incluye la etapa de optimización de la adaptación en los puertos de entrada y de salida dentro de la banda de frecuencia deseada mediante la fijación de la proporción c/b , donde c es la altura de la placa rectangular dentro del ancho de banda considerado; en donde la banda de frecuencia deseada se extiende de 55 a 60 GHz; en el que se utiliza una capa dieléctrica (1) con una constante dieléctrica relativa ϵ_r de aproximadamente 3.54 y en el que el grosor es de aproximadamente 100 μm , el valor de $(a+b)/w$ es de aproximadamente 0.18 y el valor de c/b es de aproximadamente 2.22.

10. Transición de microondas a guía de ondas fabricada con el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

30 11. La transición según la reivindicación 10,

caracterizado en que,

35 las dos ranuras (12, 13) opuestas tienen profundidades diferentes y la más profunda incluye la microcinta (2) que incluye la placa de metal rígida (15).

12. La transición según la reivindicación 11,

caracterizada en que,

40 las dos ranuras (12, 13) opuestas tienen dimensiones transversales tales que se comportan como dos guías de ondas subyacentes en el rango de frecuencia deseada de la transición apta que limitar el campo electromagnético en el volumen de la transición.

45 13. La transición según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12,

caracterizada en que,

dicha guía de onda (10) es rectangular.

50 14. La transición según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12,

caracterizado en que,

55 dicha guía de onda (10) es circular.

15. La transición según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12,

60 **caracterizado** en que,

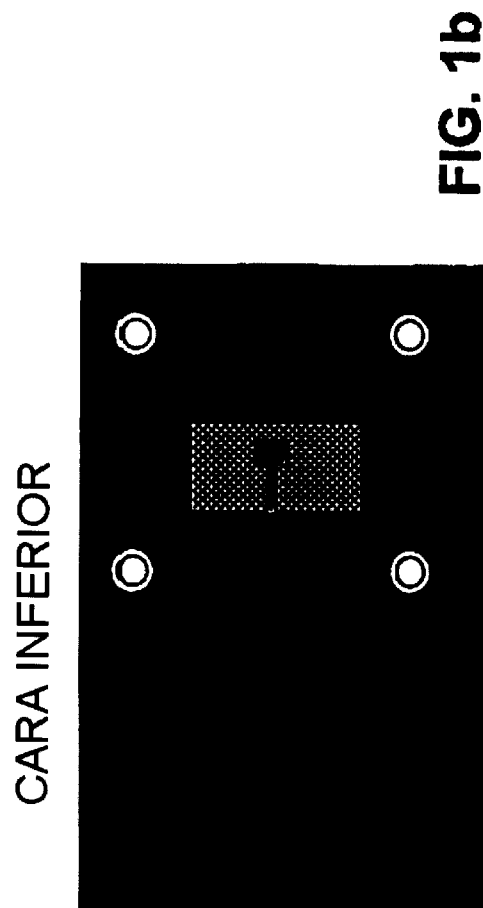
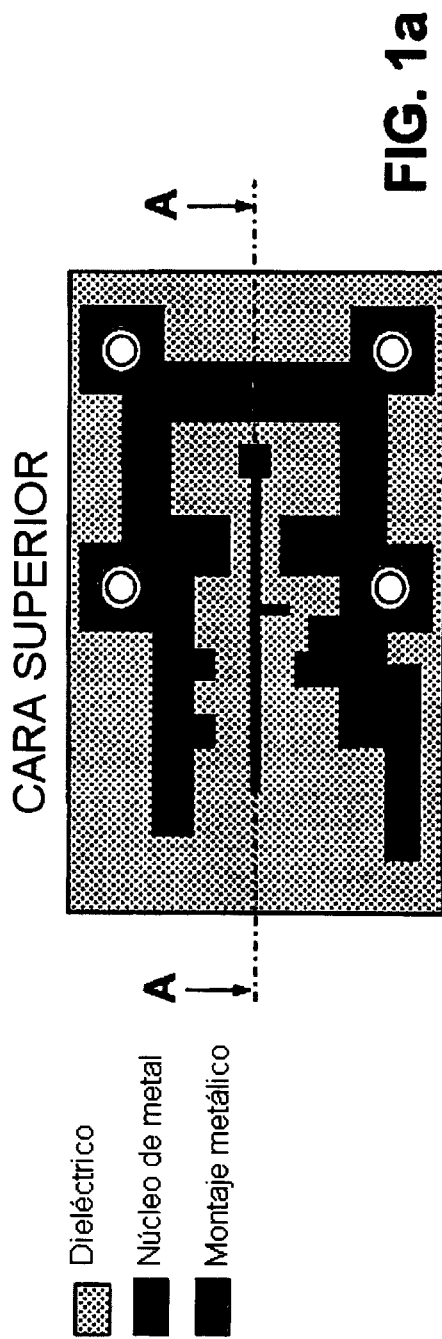
dicha guía de onda (10) es elíptica.

65 16. La transición según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, **caracterizado** en que,

incluye una corona de orificios pasantes metalizados (7, 8) que contiene el borde de la guía de ondas (10) en los dos lados de la banda (4) para evitar posibles separaciones entre la capa dieléctrica (1) y la placa de metal rígida (15).

TRANSICION DE MICROCINTA A GUIA DE ONDA

MONTAJE IDEAL HASTA 33.5 GHz (técnica conocida)



TRANSICION OPTIMIZADA DE LA FIG. 1 (TECNICA CONOCIDA)

SECCION TRANSVERSAL LONGITUDINAL A LO LARGO DE A-A

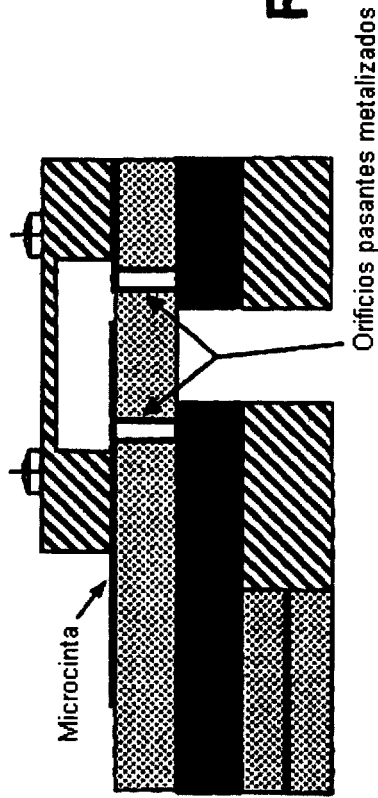







FIG. 2a

-  Partes mecánicas
-  Dieléctrico
-  Núcleo de metal
-  Montaje metálico
-  Aire

ESTRUCTURA SUPERIOR METALIZADA

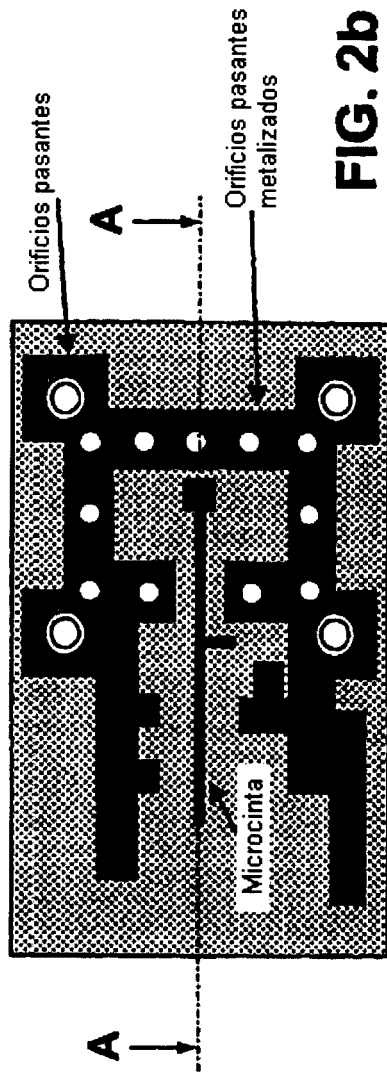


FIG. 2b

**MONTAJE DE CIRCUITO REAL DE LA FIG. 2
(FOTOGRAFIA)**

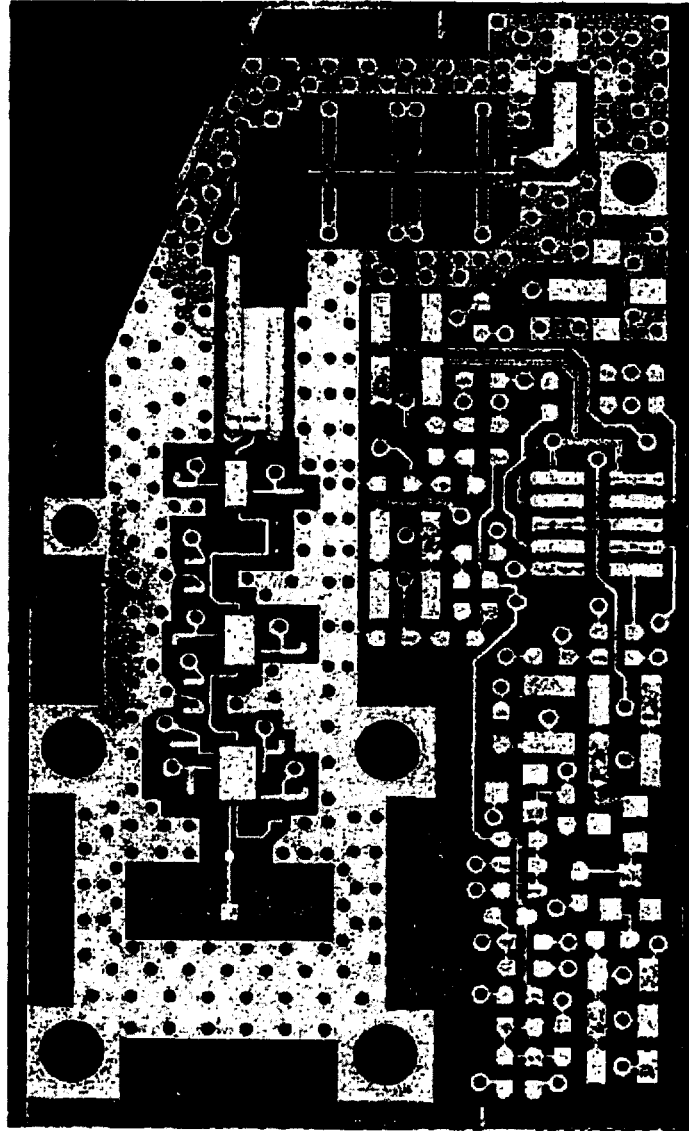


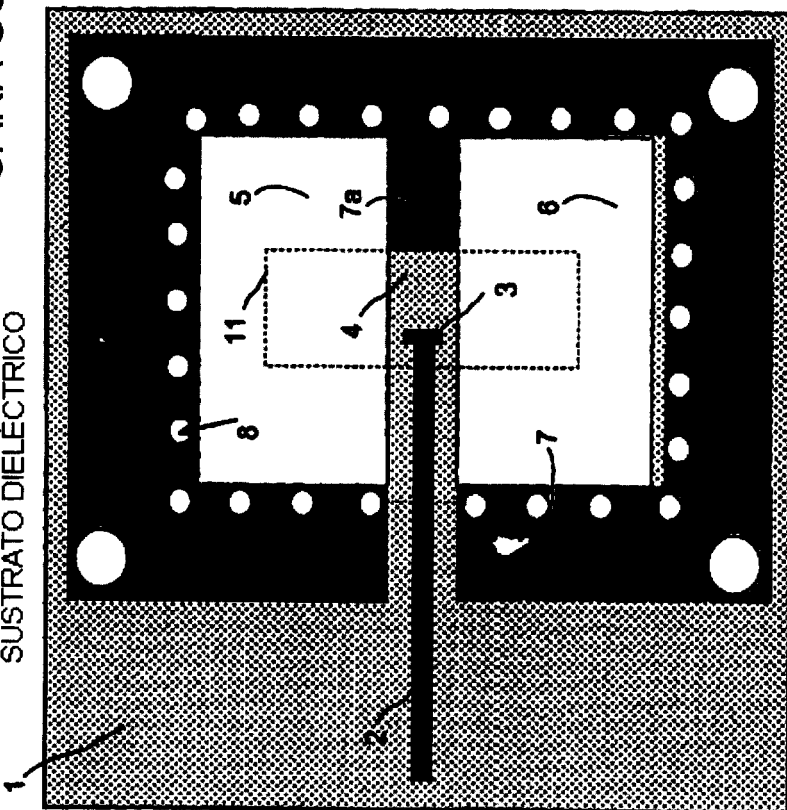
FIG. 3

PROCESO DE FABRICACION DE LA TRANSICION DE LA TRANSICION 60 GHZ

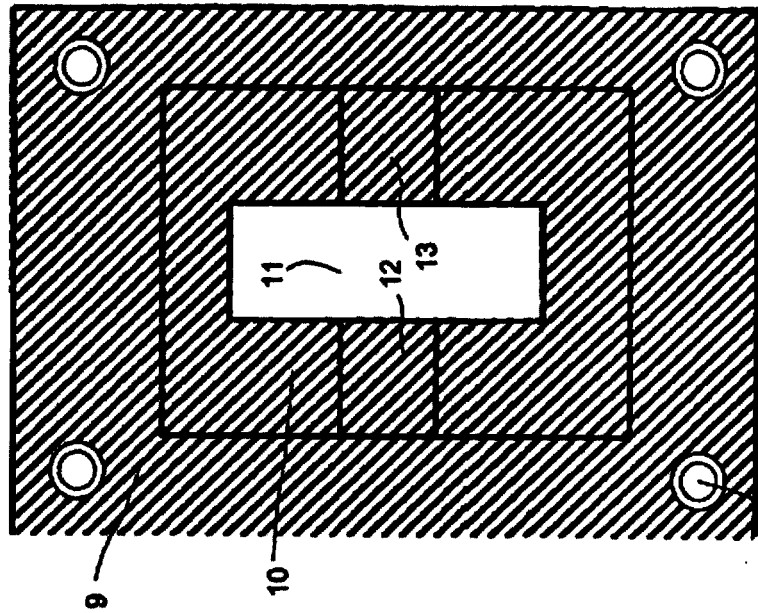
-  Partes mecánicas
-  Dieléctrico
-  Montaje metálico
-  Aire

CARA SUPERIOR




SUSTRATO DIELECTRICO



GUJA DE ONDA



PROCESO DE FABRICACION DE LA TRANSICION 60 GHZ

 Dieléctrico
  Núcleo de metal
  Aire

CARA INFERIOR DEL SUSTRATO DIELECTRICO

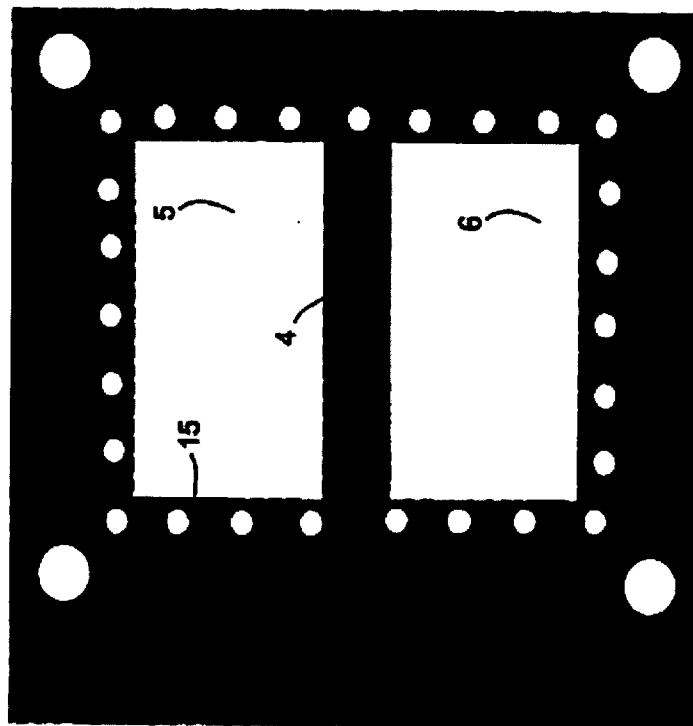


FIG. 4c

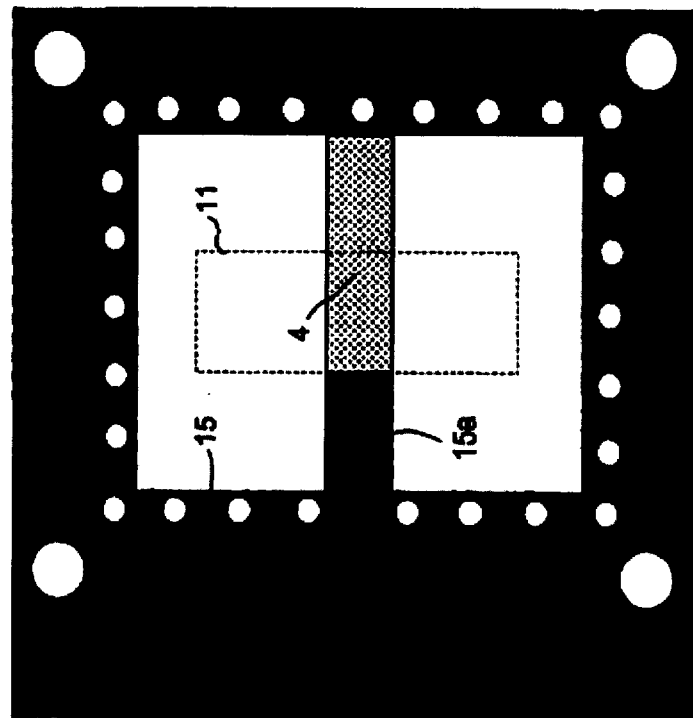
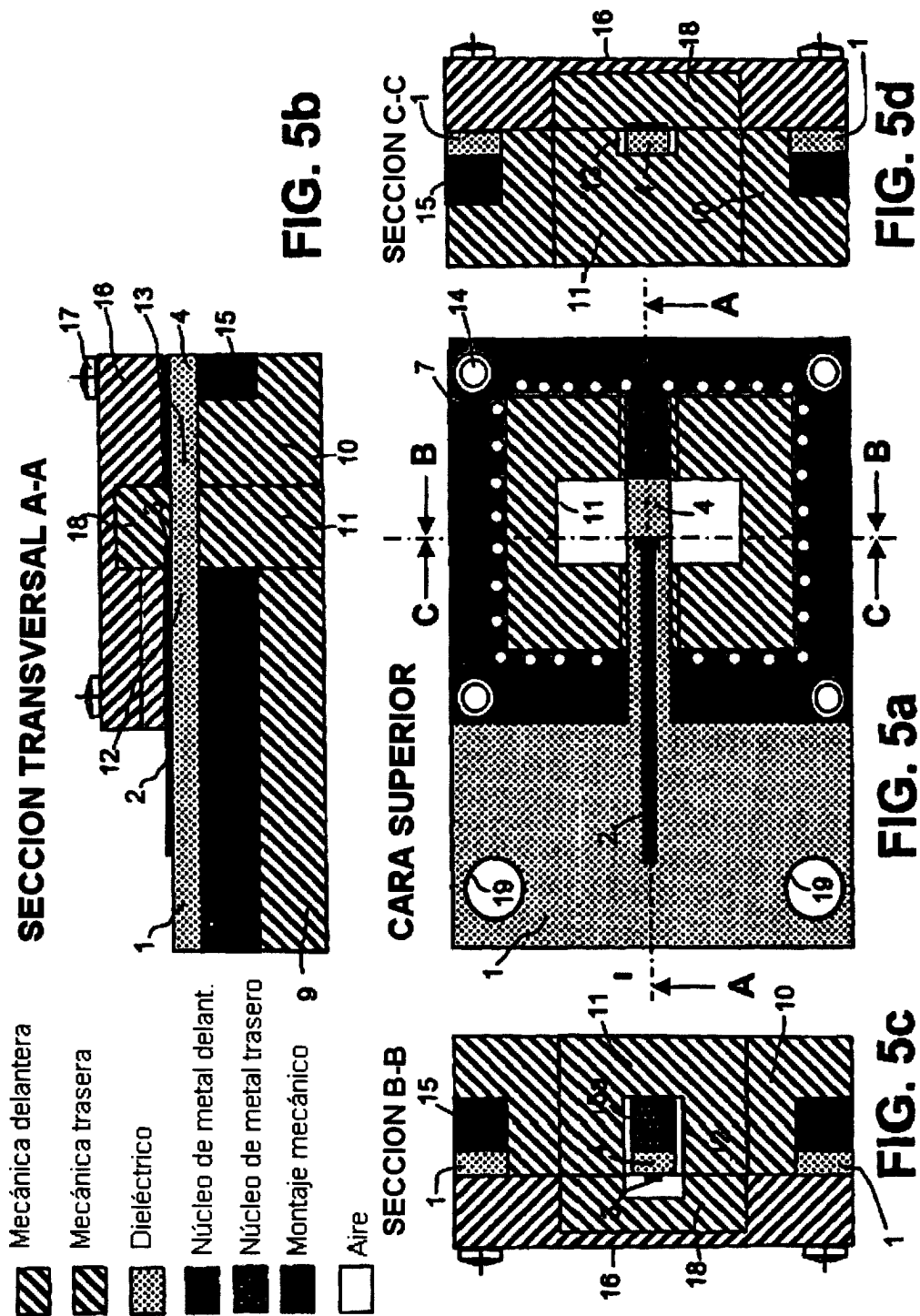


FIG. 4d

TRANSICION DE MICROCINTA DE GUIA DE ONDA 60 GHZ



MODELO DE SIMULACION DE TRANSICION 3 D

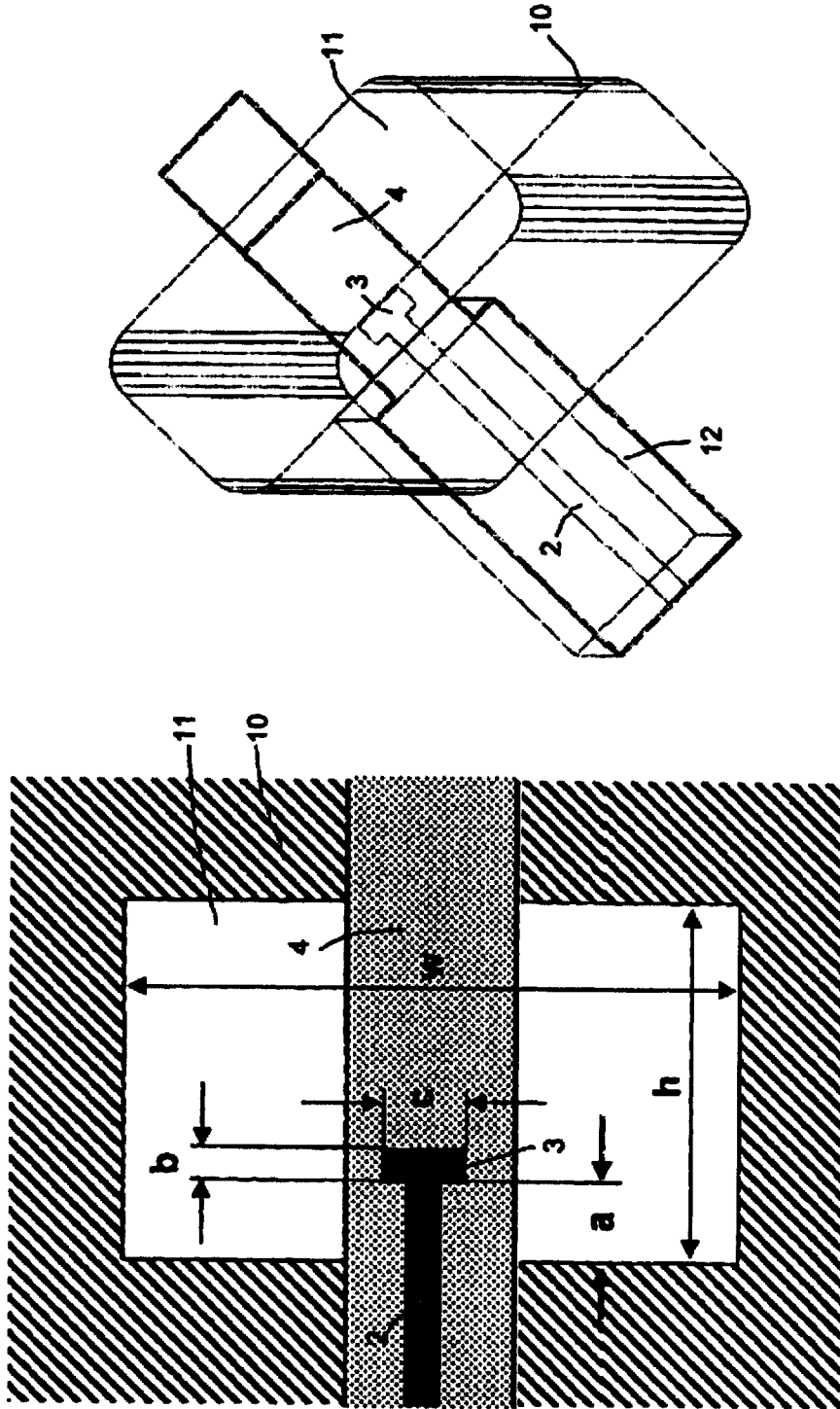


FIG. 6a

FIG. 6b

PERDIDA DE RETORNO DEL MODELO DE SIMULACION(S₁₁)

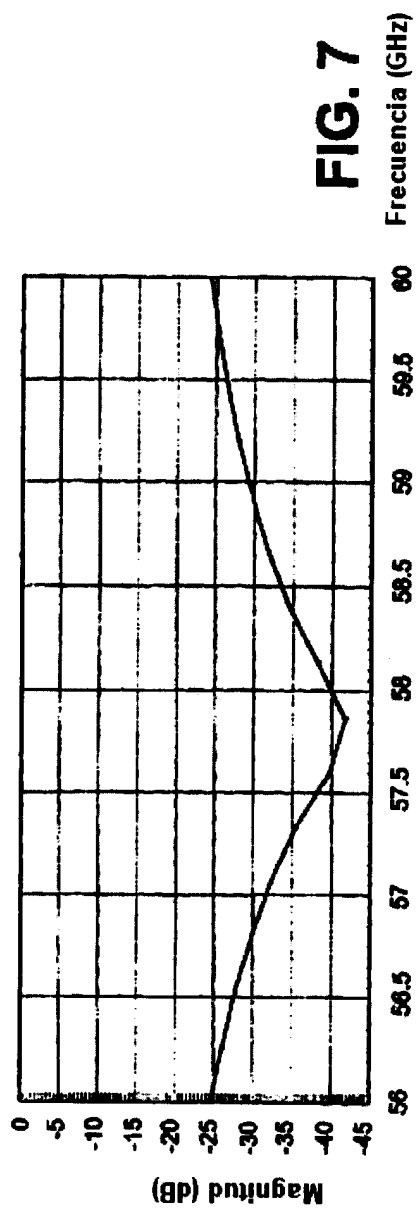


FIG. 7

PERDIDA DE INSERCIÓN DEL MODELO DE SIMULACION(S₂₁)

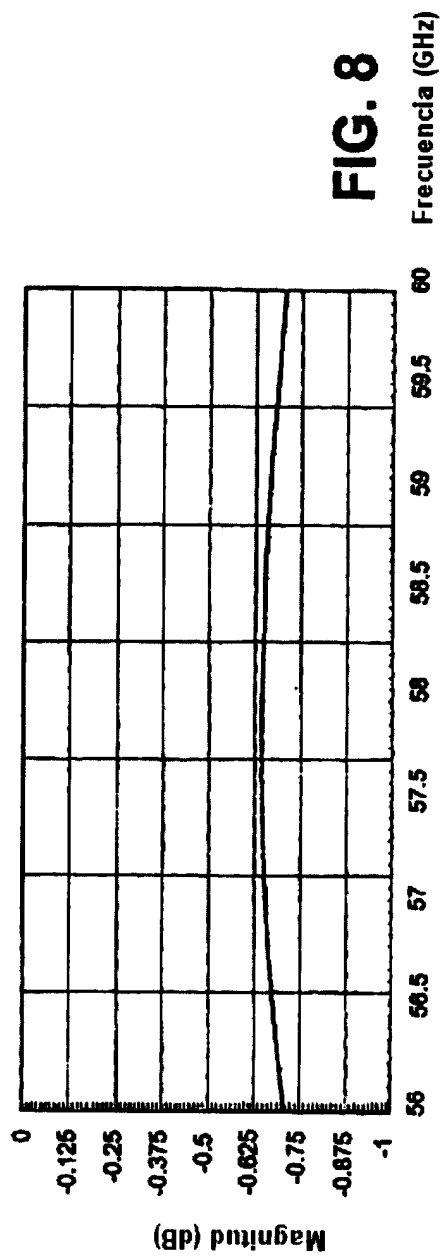


FIG. 8

TRANSICION BACK-TO-BACK
(CARA SUPERIOR)

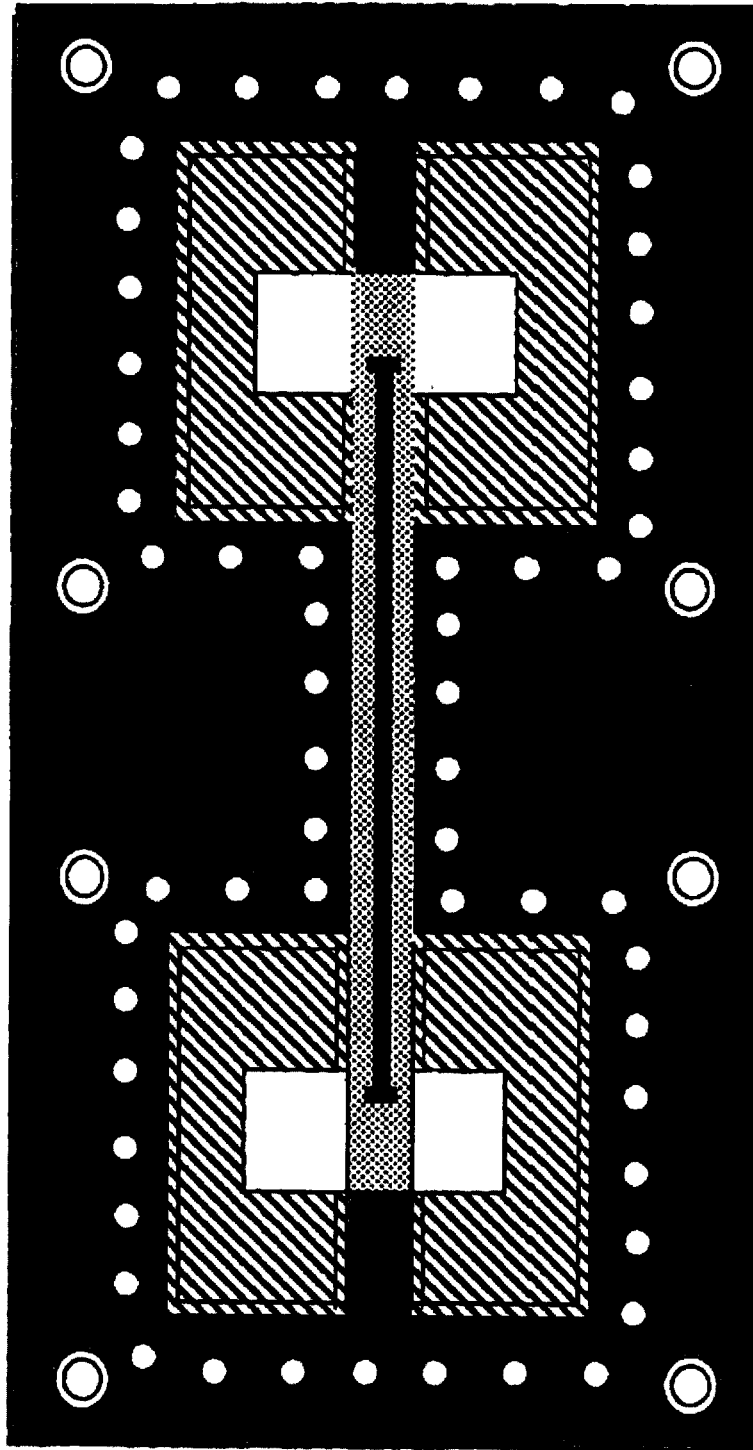


FIG. 9a

**TRANSICION BACK-TO-BACK
(CARA SUPERIOR)**

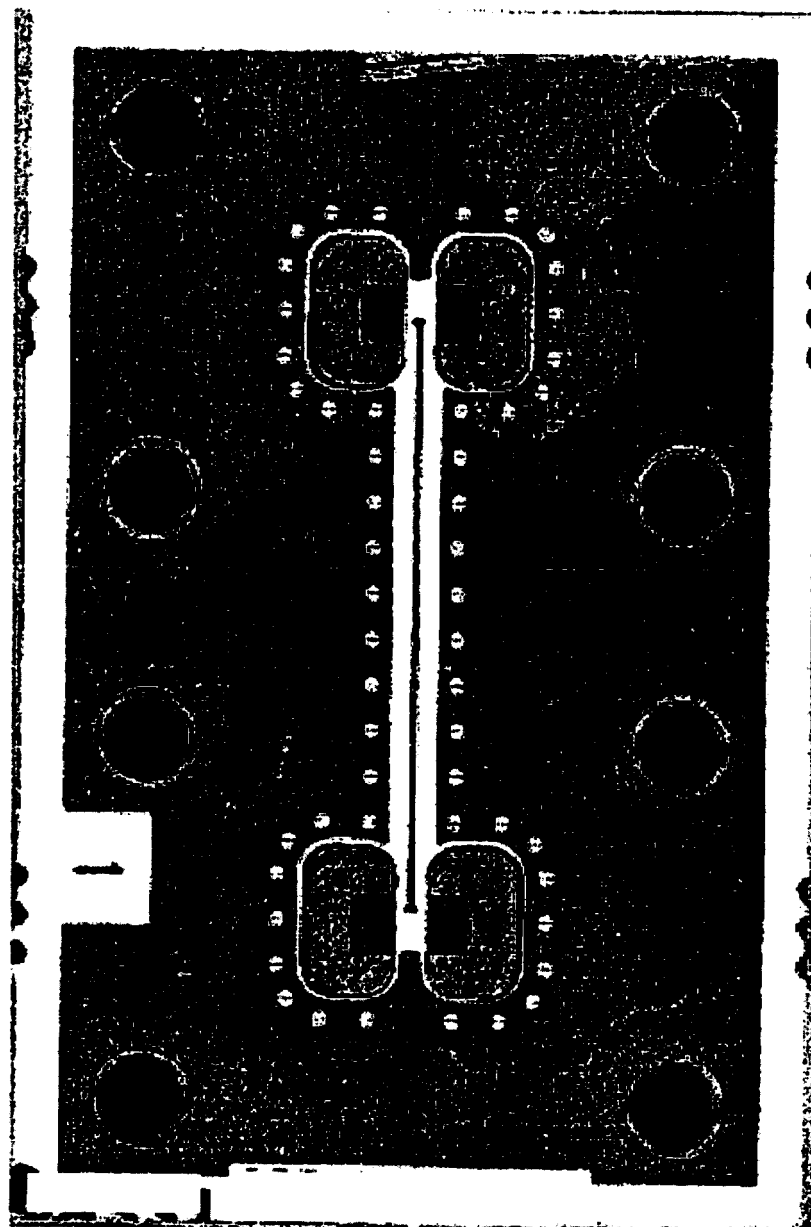


FIG. 9b

MEDIDA DE LAS PERDIDAS DE RETORNO (S_{11})

58 GHz (Roger) transición back-to-back con terminación adaptada

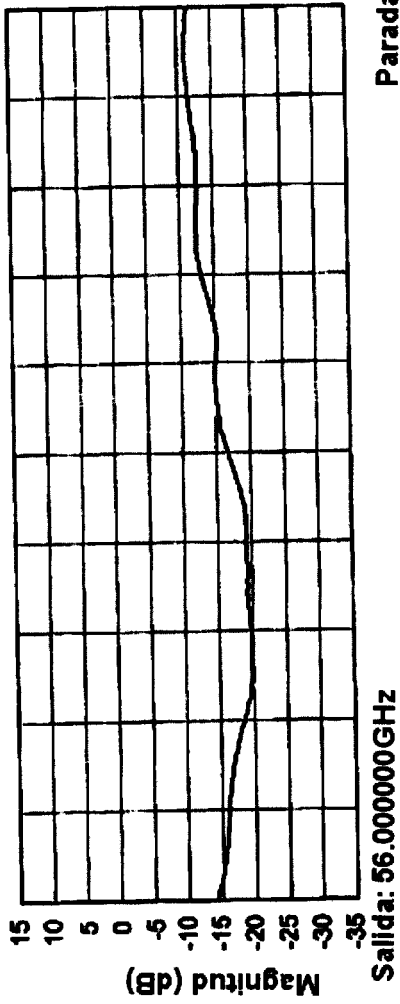


FIG. 10

Frecuencia (GHz)

Salida: 56.000000GHz

Parada: 60.000000 GHz

MEDIDA DE LAS PERDIDAS DE INSERCIÓN (S_{21})

58 GHz (Roger) transición back-to-back con terminación adaptada

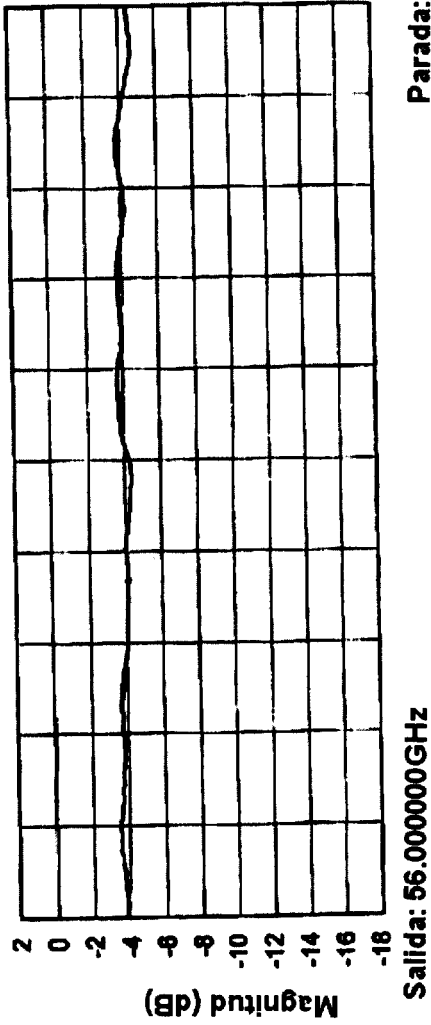


FIG. 11

Frecuencia (GHz)

Salida: 56.000000GHz

Parada: 60.000000 GHz

TRANSICION DE MICROCINTA A GUIA DE ONDA CIRCULAR

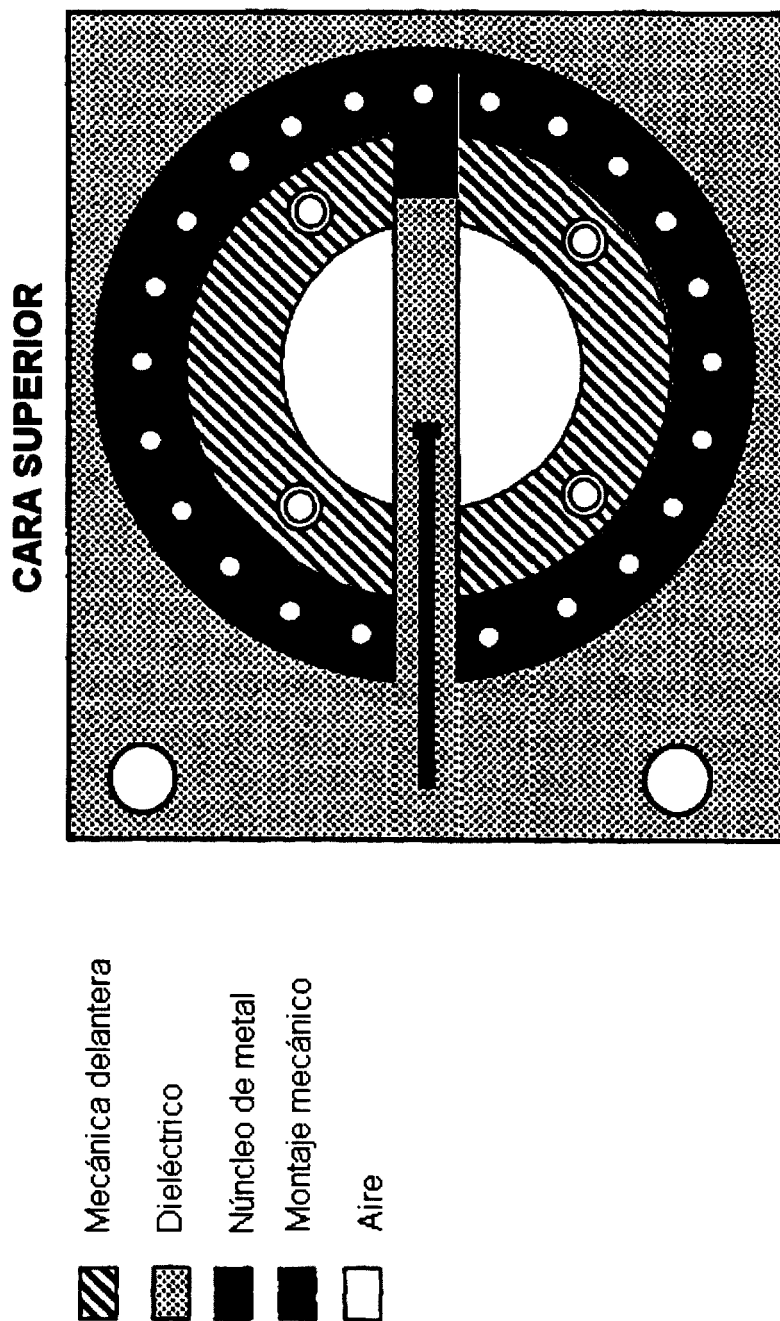


FIG. 12