

TECNOLOGÍA DE MONTAJE DE CIRCUITOS DE BAJO RUIDO EN LA BANDA DE MILIMÉTRICAS

Eduardo Artal, Marco Detratti, Carmen Palacios, Juan Pablo Pascual

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones.
ETSI Telecomunicación
Universidad de Cantabria
artal@dicom.unican.es

ABSTRACT

Main technological issues to take into account in the millimetre wave circuits assembly from 27 to 50 GHz are presented: microstrip line circuits and their transitions from waveguide or coaxial, handling and assembly of active devices (transistors and MMIC) and passive devices (capacitors, resistors). Some details of circuits for low noise receivers are shown.

RESUMEN

Se presentan los principales aspectos tecnológicos a tener en cuenta en el montaje de circuitos en las bandas de ondas milimétricas entre 27 y 50 GHz: circuitos con líneas microstrip y sus transiciones desde guía de onda o coaxial, manipulación y montaje de componentes activos (transistores y MMIC) y pasivos (condensadores y resistencias). Como ejemplo se muestran algunos detalles de circuitos para receptores de bajo ruido.

1. INTRODUCCIÓN

En las bandas de ondas milimétricas entre 27 y 50 GHz las longitudes de onda manejadas son muy pequeñas. Los circuitos requieren dimensiones críticas, con valores por debajo del milímetro, lo que dificulta las tecnologías de montaje, que requieren mucha precisión. Las transiciones entre distintos medios de transmisión (guía, coaxial, microstrip) introducen desadaptaciones y pérdidas. Los circuitos microstrip encerrados en caja presentan resonancias de tipo cavidad. Los componentes activos para receptores de bajo ruido son muy sensibles a descargas electrostáticas y a transitorios de polarización. Los componentes pasivos están sujetos a efectos parásitos que enmascaran su comportamiento. Estas cuestiones y otras más se tratan a continuación.

2. CIRCUITOS EN MICROSTRIP. TRANSICIONES.

La tecnología microstrip sigue siendo la más adecuada para la realización de amplificadores de bajo ruido en las bandas de milimétricas. La utilización de componentes activos (transistores ó MMIC) directamente en chip, conectados con hilo de oro a las líneas microstrip es el método más habitual. El tipo de sustrato

dieléctrico determina el margen de impedancias características realizable y las pérdidas. La limitación de la anchura de las líneas, para evitar la aparición de propagación transversal o de modos superiores, fija el margen de impedancias realizable [1]. El primer modo transversal TE del microstrip tiene como frecuencia de corte:

$$f_T = \frac{5.90 \times 10^3}{\sqrt{\epsilon_r (W + 0.4h)}} \quad (\text{GHz}) \quad (1)$$

donde W es la anchura de la línea y h el grosor del sustrato, ambos expresados en mils (milésimas de pulgada). Para un sustrato de $\epsilon_r=2.17$ y $h=0.254$ mm si se desea tener $f_T = 60$ GHz la anchura máxima de línea a usar es de 1.6 mm. Si el sustrato es de Alúmina (Al_2O_3) con $\epsilon_r=9.9$ y $h=0.254$ mm y la misma f_T , la anchura máxima es de 0.69 mm.

El circuito microstrip debe ir apantallado por paredes de sección rectangular, con dimensiones de una guía con todos sus modos en corte para la frecuencia más alta de la banda (Figura 1).

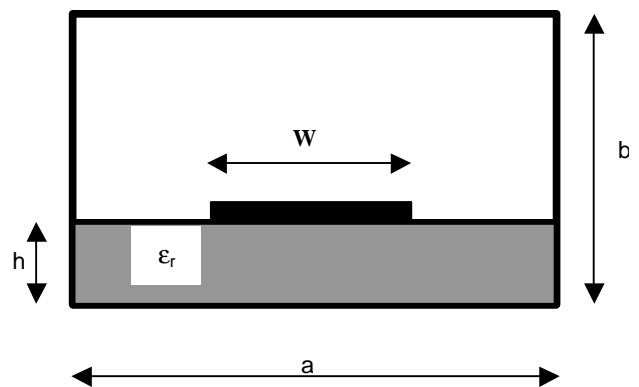


Figura 1. *Microstrip apantallado*

De esta forma se asegura que no hay modos de propagación de tipo guía rectangular y que no aparecen resonancias de efecto cavidad. Un apantallado de dimensiones $a=2.6$ mm y $b=2$ mm tiene 57.7 GHz como frecuencia de corte del primer modo TE, valor suficiente para montar cualquier circuito en las bandas Ka (26.5 – 40 GHz) y Q (33 – 50 GHz).

La conexión entre subsistemas se puede realizar con conector coaxial o con conector de guía de onda rectangular. Dado que los circuitos están hechos en microstrip, se utilizan transiciones para pasar a uno u otro tipo de conexión. Las transiciones a coaxial son más sencillas de instalar pero dan peores adaptaciones que las transiciones a guía. El coeficiente de reflexión a la entrada de una transición coaxial de tipo 2.4 mm a línea microstrip de 50 Ohm, sobre Alúmina de 0.254 mm, es como mucho del orden de 15 dB en la banda de 30 a 50 GHz. Con transiciones a guía rectangular mediante secciones cuarto de onda de guía "ridge" [2], se consiguen valores algo mejores. Las pérdidas asociadas a cada transición son del orden de 0.3 dB.

3. COMPONENTES ACTIVOS.

Los transistores de bajo ruido para las bandas Ka y Q son de tipo HEMT de AsGa o de InP para conseguir ganancia suficiente en cada etapa. Los amplificadores MMIC incorporan igualmente dicho tipo de transistores. Estos dispositivos son muy sensibles a descargas electrostáticas durante su manipulación y montaje. El lugar de montaje debe tener una instalación de tapetes y alfombras antiestáticas según las normas ESD, con el personal técnico usando pulseras antiestáticas, y con conexiones de todos los equipos a un punto de masa común. La manipulación de los dispositivos en chip solo puede hacerse con herramientas especiales que no dañen su superficie (pinzas, punteros, etc.). El montaje del dispositivo se hace depositando epoxy conductor, como el Epotek H20E, en la parte inferior del dispositivo que se conecta a la base metálica de la caja (terminal de masa). El resto de conexiones se realiza por microsoldadura con hilo de oro, mediante termocompresión o ultrasonidos. Los diámetros del hilo son de 17 micras o de 25 micras. En la figura 2 se muestra el montaje de un transistor EC2612 (UMS) de tamaño 630 x 370 micras.

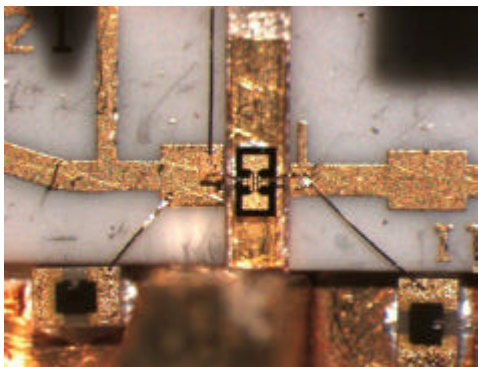


Figura 2. Transistor EC2612 en un amplificador de bajo ruido a 44 GHz. Conexiones a líneas microstrip y a resistencias.

El transistor está montado sobre un pedestal de 100 micras de grosor y 500 micras de ancho. En la parte inferior de la figura 2 se distinguen los hilos de oro conectados a dos resistencias, que forman parte de las redes de polarización y estabilización. Un aspecto crítico es la longitud de los hilos en los accesos del transistor (terminales de Gate y Drain).

4. COMPONENTES PASIVOS.

Los efectos parásitos presentes en los componentes pasivos, condensadores y resistencias, son muy importantes en las bandas de 27 a 50 GHz. Durante el diseño se precisan modelos muy precisos del componente para que la simulación se corresponda con la medida. Para el bloqueo de continua se utilizan condensadores de placas paralelas, como los del tipo DiCap de Dielectric Labs, con valores del orden de 0.3 ó 0.5 pF. Las pérdidas de inserción son bajas, del orden de 0.2 dB, dando mejor comportamiento que los bloqueos con líneas acopladas.

Los transistores de milimétricas son siempre potencialmente inestables a frecuencias bajas o incluso en la misma banda de diseño. Para estabilizar el amplificador hay que usar resistencias de montaje superficial, lo más pequeñas posible para minimizar sus parásitos. Un modelo adecuado es un circuito en π con capacidades en paralelo y resistencia en serie. La figura 2 muestra dos resistencias (State of the Art, tipo 0302) de tamaño 750 x 500 micras utilizadas tanto para las redes de polarización como para las de estabilización. Para asegurar la estabilidad del amplificador se conectan, muy cerca del transistor, combinaciones de resistencias y condensadores (redes RC) en cada acceso de polarización.

5. CONCLUSIONES

La tecnología de montaje de circuitos amplificadores de bajo ruido en las bandas de milimétricas, entre 27 y 50 GHz, se caracteriza por la necesidad de alta precisión mecánica, por las precauciones para evitar resonancias y problemas de estabilidad, por la sensibilidad de los dispositivos activos y por los efectos parásitos de los componentes pasivos. Todos estos factores deben tenerse en cuenta desde que se inicia el diseño.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha financiado con la ayuda 1FD97-1769-C04-02 de la CICYT y la Comisión Europea.

7. REFERENCIAS

- [1] K. Chang, F. Hsu, J. Berenz, K. Nakano, "Find optimum substrate thickness for millimeterwave GaAs MMICs", *Microwaves and RF*, September 1984, pp 123-128.
- [2] W. Hofer, M. Burton, "Closed-Form Expressions for the Parameters of Finned and Ridged Waveguides", *IEEE Transactions on Microwaves Theory and Techniques*, vol MTT-30, No 12, December 1982, pp 2190-2194.