

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXCITACIÓN DE PARCHE RECTANGULAR ALIMENTADO POR CPW EN BANDA Ku.

D. Azpiazu Zúñiga

Dpto. Ingeniería de Comunicaciones
Universidad de Cantabria
dazpia@hotmail.com

J. Basterrechea Verdeja

Dpto. Ingeniería de Comunicaciones
Universidad de Cantabria
basterrj@unican.es

ABSTRACT

This paper presents the design and measures of different aperture coupling configurations for CPW-fed rectangular patch antennas working at Ku band with linear polarization. Coplanar waveguide inside the ground plane allows to use a single substrate layer in aperture coupling[1]. The configurations proposed here have different slot shapes. Two short-circuited: basic rectangular[2] and divided rectangular, and one open-circuited: basic rectangular with matching stub[3] configurations are presented in the article, in which several parameters are available to control patch excitation so as to obtain optimum resonance and matching of the antenna.

Measures prove its conformity in resonance (shift < 0.5 %) and matching with previous simulations, additionally offering a wide bandwidth for this kind of antennas (BW -10 dB > 700 MHz, 4 %). Remarkably, the fabrication process proves to be of high repetibility and versatility against asimetries and moderate errors in real dimensions.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las tecnologías de antenas, las planares se vislumbran como adecuadas para aplicaciones de comunicación personal sin hilos en la banda milimétrica, tanto en exteriores como especialmente en interiores. Sus ventajas incluyen: reducido volumen, poco peso, bajo coste y fabricación sencilla. El elemento radiativo de estas antenas es un parche generalmente rectangular, que viene alimentado por una red de líneas cuya energía se acopla a través del dieléctrico mediante aperturas [1].

La implementación de la red de alimentación con líneas coplanares (CPW) dentro del plano de tierra resulta claramente beneficiosa al ofrecer mayor ancho de banda, menor acoplo mutuo entre líneas cercanas, posibilidad de integración con circuitos activos y no requerir vías. En los extremos centrados de las líneas coplanares, se ubican perpendicularmente las aperturas a través de las cuales se consigue el acoplo entre la alimentación y el parche, controlándose este a través de sus dimensiones y posición relativa[1]. La forma básica más habitual es la apertura rectangular estrecha, cuyas dimensiones (longitud y anchura) condicionan la resonancia y adaptación del conjunto; aunque configuraciones más complejas permiten más parámetros de control. Adicionalmente, se pueden emplear stubs para compensar la $\text{Im}(Z)$ y llegar a la adaptación[3].

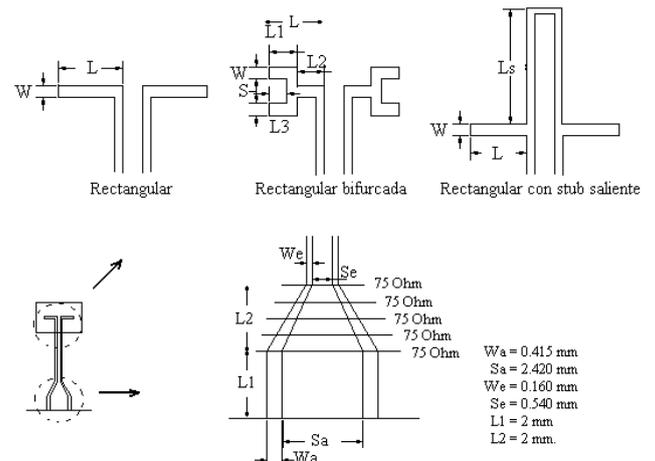


Figura 1. Configuraciones de slot y transición progresiva.

2. TOPOLOGÍA DE LAS ANTENAS

Las antenas referidas poseen la siguiente estructura: se tiene un parche microstrip rectangular en una de las caras del único sustrato, mientras que en la cara opuesta al parche, y dentro del plano de tierra, se emplaza la apertura alimentada por línea CPW.

Las dimensiones del parche se calculan siguiendo el modelo de Balanis[4] y se emplaza centrado sobre la apertura.

En el plano de tierra se ubican la red de alimentación con líneas CPW, las aperturas excitadoras y los posibles stubs de adaptación. La línea CPW se diseña con una Z_c de $\approx 75 \Omega$ [5], a fin de poder alimentar el circuito con conectores de 75 o 50 Ω modificando ligeramente las dimensiones de los slots. Los diseños propuestos se optimizan para conector tipo SMA Hembra de 50 Ω , debido a lo cual se presenta una pequeña onda estacionaria en el puerto. Las dimensiones de la línea coplanar garantizan estrechez para un buen confinamiento de campos en su longitud. No obstante, en las cercanías del puerto de acceso, y debido al conector empleado, resulta conveniente una mayor anchura de línea a fin de que la energía del SMA se acople completamente en los gaps de la CPW. En caso contrario, la energía no se capta correctamente y el comportamiento real de la antena se ve seriamente deteriorado. Esta dualidad en la anchura requerida en la línea coplanar se ve satisfecha implementando una transición progresiva en donde se va manteniendo el valor de Z_c conforme se produce el estrechamiento (Fig.1).

La apertura excitadora se emplaza centrada bajo el parche y perpendicular a la red de alimentación CPW a fin de obtener el máximo acoplo. La forma de la apertura y su posición, así como el grosor del sustrato, determinan la fuerza del acoplo, teniéndose que dentro de las geometrías básicas, la apertura rectangular estrecha ($long < \lambda/2$, $ancho < \lambda/20$) presenta los mejores resultados, aunque complicando la figura se puede incrementar el nivel de acoplo y se dispone de más parámetros para obtener la resonancia y adaptación deseada. Así, mientras en la configuración rectangular básica se dispone de dos parámetros (longitud y anchura del slot), en la rectangular bifurcada se ofrecen cinco (tres longitudes y dos anchuras). Adicionalmente, se pueden emplear stubs para compensar la $Im(Z)$, con lo que se tiene otra variable más (su longitud) para conseguir la adaptación. Los stubs entrantes reducen la radiación hacia atrás (confinan la energía) aunque son estrechos y complejos, mientras que los salientes son fácilmente realizables aunque aumentan la radiación hacia atrás (más superficie para almacenar energía) (Fig.1).

Las variaciones de estos parámetros se traducen en la carta de Smith del siguiente modo: alargando o ensanchando las ramas, el lazo aumenta su diámetro, la resonancia baja en frecuencia (giro) y el centro del lazo se acerca a $Z=1$; acortando o estrechando, se tiene el efecto contrario. Con esto, se facilita la optimización.

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Las configuraciones propuestas se simularon en Ansoft Ensemble 6 y HP-ADS Momentum sobre el dieléctrico GML 1000 de 20 mils (0.508 mm) de GIL, buscando resonancia y adaptación centradas en 17.2 GHz. El parche optimizado mide 6.057 x 4.138 mm. Las dimensiones óptimas de los parámetros de las aperturas son las siguientes: para la apertura rectangular simple $L=1.69$ mm y $W=0.333$ mm, para la bifurcada $L=L_1+L_2=1.44$ mm, $W=0.34$ mm y $S=1.453$ mm, y para la de stub saliente $L=1.53$ mm, $W=0.333$ mm y $L_s=2.76$ mm (Fig.1). Se observa que la bifurcación de la apertura estabiliza la ganancia (5.5 dB) y las pérdidas mejorando el ancho de banda, mientras que el stub permite afinar en la adaptación a cuenta de generar mayor radiación hacia atrás.

Posteriormente, se fabricó un diseño de cada configuración mediante la técnica de fresado. Los circuitos se midieron en un analizador de redes HP8150-C, recogiendo los resultados en la Tabla 1. Se observa una deriva muy reducida en la frecuencia de resonancia ($< 0.5\%$, debida al propio método de los momentos), adaptación incluso mejor que la esperada y ancho de banda extenso para un parche simple ($BW_{2:1} > 700$ MHz, $> 4\%$, por la proximidad entre la resonancia del slot y del parche) (Fig.2).

Config.	fr_{teo}	RL_{teo}	BW_{teo}	fr_{real}	RL_{real}	BW_{real}
Simple	17.25	-28.5	640	17.23	-40	910
Bifurcada	17.3	-25	680	17.26	-32	1290
Con stub	17.1	-40	980	17.16	-33	850

Tabla 1. Resultados teóricos frente a medidas. ($freq=GHz$, $R.L.=dB$, $BW=MHz$).

Las formas complejas de las aperturas mejoran la adaptación y el ancho de banda, aunque también se ven más afectadas por los errores de fabricación. Precisamente por esto, se consiguen la mejor adaptación con la apertura rectangular simple fabricada.

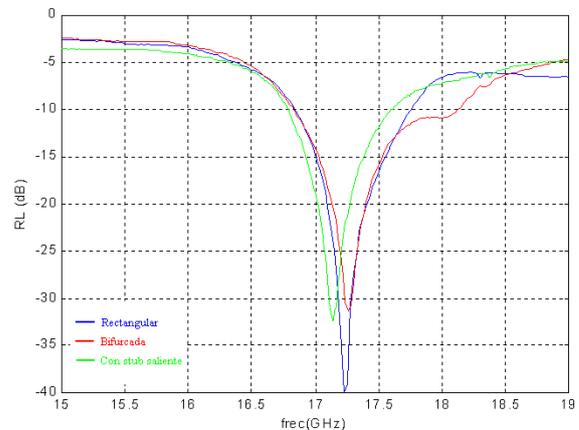


Figura 2. Comparativa de los circuitos reales.

Se verifica la versatilidad de los diseños presentados frente a los errores propios de la fabricación (asimetrías y diferencias en los slots, grosor de las líneas y la transición progresiva). Además el método presenta una buena repetibilidad (se fabricaron dos unidades de la configuración y las medidas respectivas diferían muy ligeramente). Adicionalmente, se han diseñado otras antenas a 17.8 GHz, proporcionando también resultados satisfactorios.

4. CONCLUSIONES

Se han diseñado, construido y verificado tres métodos de excitación del parche rectangular alimentado por líneas CPW con transición progresiva cerca del puerto de acceso. Las configuraciones propuestas ofrecen medidas muy próximas a las simulaciones, especialmente en la frecuencia de resonancia.

La comprensión del influjo de las dimensiones de los slots en la excitación del parche permite utilizar un diseño patrón de la red de alimentación CPW, transferible a frecuencias relativamente cercanas simplemente modificando las dimensiones del parche y de los slots según las reglas presentadas. Así pues, se define un método preciso, sencillo, efectivo y barato para la fabricación de antenas planas simples, compactas y ligeras, con buenas prestaciones en banda Ku.

5. REFERENCIAS

- [1] K.Hettak, G.Delisle, M. Boulmalf: "A Novel Integrated Antenna for Millimeter-Wave Personal Communications Systems", IEEE Trans. On Antennas and Propagation, Vol.46, No.11, pp.1757-1758, Nov.1998.
- [2] L.Giauffret, J.-M.Laheurte, A.Papiernik: "Study of Various Shapes of the Coupling Slot in CPW-Fed Microstrip Antennas". IEEE Trans. On Antennas and Propagation, Vol.45, No.4, pp.642-646, Apr.1997.
- [3] L.Giauffret, J.-M.Laheurte: "Theoretical and experimental characterisation of CPW-fed microstrip antennas", IEE Proc.-Microw.Antennas Propag., Vol 143, No.1, pp.13-17, Feb1996.
- [4] C.A.Balanis: "Antenna Theory". 2nd Ed., 1997, pg. 727-731.
- [5] R.E.Collin: "Foundations for microwave engineering", 2nd Ed., Mc.Graw-Hill, 1992, pg.175-180.