

DISEÑO DE FILTROS PASO BAJO USANDO “DEFECTED GROUND STRUCTURES” (DGS)

Ieltxu Aitor Garde Irigoyen
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Universidad Pública de Navarra
e-mail : ieltxu.garde@unavarra.es

Carlos del Río Bocio
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Universidad de Pública de Navarra
e-mail : carlos@unavarra.es

Abstract--In this paper a new method of trully design of filters using Defected Ground Structures is proposed. It makes use of the model proposed in previous developments by the same authors and simplifies it to a first-order model formed only by an inductor. This is done in order to make the process easier and more straight-forward. The tabulation of the inductors which are equivalent to DGS is made varying the perimeter. This allows us to connect to the classical theory and therefore to design any desired filter. The results obtained are very good and can be applied to other cases.

I. INTRODUCCIÓN

Las estructuras “*Defected Ground Structures*” DGS son aplicables a tecnologías de guías de onda planas del tipo microstrip o similar. En concreto consisten en practicar un defecto en el plano de masa justamente por debajo de la línea. Con este tipo de estructuras se pueden observar efectos filtrantes por efecto Bragg, o en algunos casos, se consiguen definir ciertos comportamientos inductivos o capacitivos que pueden ayudar a filtrar ciertas frecuencias no deseadas.

En multitud de artículos y presentaciones en congresos internacionales se han presentado diferentes modelos circuitales de algunos tipos concretos de defectos en el plano de masa, con la idea de comprender mejor el funcionamiento de este tipo de estructuras [1]-[3]. El objetivo último era el de poder diseñar un filtro a partir de unas especificaciones concretas dadas. Sin embargo, el proceso se quedaba, en la mayoría de los casos, en buscar un modelo circuital equivalente a partir de la respuesta frecuencial obtenida. El proceso de diseño necesita saber qué parámetros variar y de qué manera para poder cumplir las especificaciones concretas de un filtro.

En este trabajo se utiliza un tipo de celda o defecto que ya ha sido utilizado por los mismos autores en trabajos previos, y que en este caso, para poder definir un proceso sencillo de diseño de filtros paso bajo, se modelará por una simple bobina en serie. En realidad estas celdas se comportan como resonadores, pero asumiremos que estamos trabajando muy por debajo de la frecuencia de resonancia. Esta aproximación, a costa de perder el control en la banda de rechazo, nos proporciona la herramienta necesaria para cumplir las especificaciones de la banda de paso de una manera precisa y directa.

Tras un tabulado de los valores de inductancia obtenibles, el modelo propuesto proporciona una conexión directa con la teoría clásica, lo cual nos permite fabricar cualquier tipo de filtro. Estos filtros, además, tienen unas dimensiones más reducidas que los filtros obtenidos mediante otras técnicas: si N es el orden del filtro, su longitud total será de $N-1$ veces $\lambda/8$. Esta comunicación incluye las medidas de dos filtros fabricados para demostrar la validez de lo expuesto.

II. DISEÑO DE FILTROS DE PASO BAJO

Las celdas DGS tienen un comportamiento intrínsecamente de rechazo de banda, pero con ellas también se pueden fabricar filtros de paso bajo. Para su diseño se hace nuevamente imprescindible encontrar un modelo simple y adecuado hasta una frecuencia de interés. Si bien el modelo para un rechazo de banda ha de ser necesariamente de segundo orden, para un paso bajo basta con tomar un modelo de primer orden, lo cual facilita mucho el diseño. Obviamente, si una celda presenta un polo a una frecuencia f_0 , el modelo de paso bajo de primer orden será válido para frecuencias menores que f_0 . El modelo escogido es una bobina conectada en serie.

Para el presente trabajo, se escogió un tipo de celda como la que se puede ver en la figura 1. El agujero en el plano de masa que la forma no es “macizo”, sino que se ha tratado en lo posible de que estuviera formado sólo por su perímetro exterior [4]. Todos los parámetros de la celda permanecerán constantes, salvo la distancia a la que nos referimos como “ x ”.

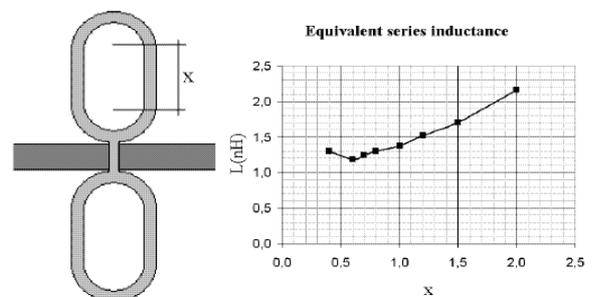


Fig. 1. Celda unidad escogida, vista desde la parte de abajo, (en color claro el slot en el plano de masa, y en oscuro la línea microstrip en el plano superior) y su inductancia serie equivalente en función del parámetro x .

En un amplio rango de frecuencias todavía lejanas a f_0 (siempre menores a ella), una onda que viajara por la línea microstrip sufriría una cierta atenuación y desfase, ambos crecientes con la frecuencia. La línea microstrip con esta celda DGS presenta por tanto un comportamiento básicamente inductivo (aún no estamos tan cerca de f_0 como para que el comportamiento capacitivo sea apreciable), y se puede calcular qué valor de bobina corresponde a este comportamiento mediante un optimizador.

Al variar el parámetro x se modifica el perímetro, lo cual desplaza f_0 , lo cual a su vez modifica el valor de inductancia equivalente. Así construimos la gráfica de la derecha de la figura 1.

Una vez tenemos la información que proporciona dicha gráfica podemos aplicar la teoría clásica [5] para diseñar cualquier filtro cuyos valores de bobinas estén dentro del rango recogido en la figura 1, con sólo consultar el valor de x requerido. En concreto, hemos elegido el método de Kuroda para transformar bobinas en condensadores mediante líneas $\lambda/8$, como se ilustra en la figura 2. Ello implica que la anchura del strip será distinta para las secciones entre las celdas DGS, como se puede ver en la foto de la parte superior del circuito, figura 3.

III. FABRICACIÓN Y MEDIDAS

En primer lugar, construimos un filtro paso bajo de orden 3 de tipo Chevyshev con una frecuencia de corte de 4 GHz y un rizado de 0.5 dB en la banda de paso. En la figura 4 se presentan los resultados obtenidos, comparados con los obtenidos por simulación. Dichos resultados son muy buenos, pues habiéndonos propuesto un rizado tan pequeño como 0.5 dB hemos obtenido un valor de 0.8 dB máximo, y la atenuación a 4 GHz, que debería ser 0.5 dB, es de 0.44 dB. Estos errores pueden muy bien estar debidos a defectos en la fabricación y en la medida, así como en la precisión en los cálculos de las bobinas, pero son lo suficientemente pequeños como para validar el método seguido. Por supuesto, a partir de 4 GHz no tienen por qué coincidir los resultados con un filtro convencional, porque en ese caso los efectos capacitivos sí se hacen notables y no los habíamos tenido en cuenta en el diseño.

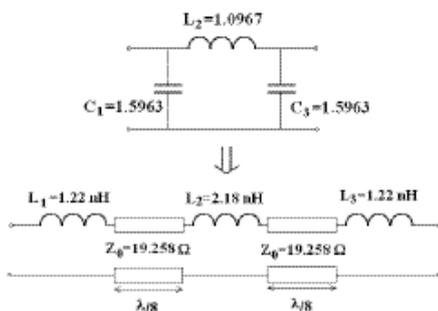


Fig. 2. Paso de las especificaciones del filtro formado por bobinas y condensadores a un filtro formado por bobinas y líneas $\lambda/8$ mediante el método de Kuroda.

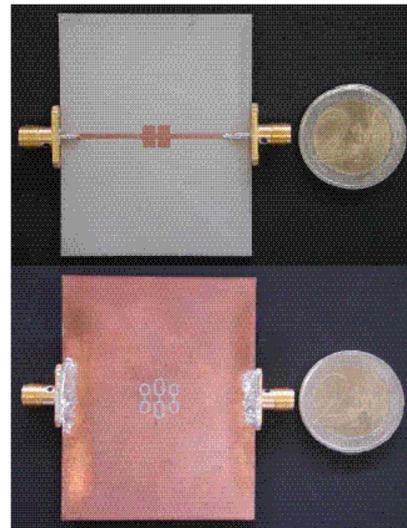


Fig. 3. Foto del circuito fabricado: filtro Chevyshev de orden 3, con frecuencia de corte a 4GHz y rizado de 0.5 dB en la banda de paso. La foto de arriba es la parte superior de la línea (strip), y la de abajo la inferior (plano de masas).

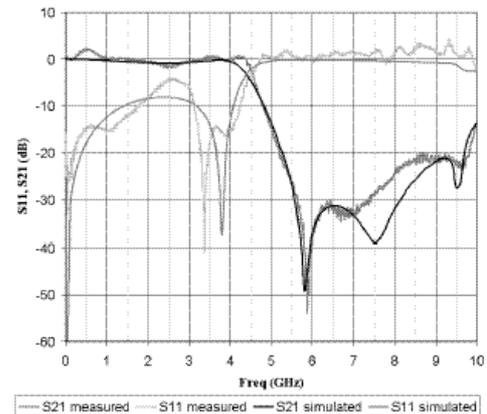


Fig. 4. Resultados obtenidos para el filtro fabricado. Se incluye en la comparación los resultados medidos con los de simulación.

Una vez visto que el método es correcto fabricamos siguiendo los mismos pasos un segundo filtro Chevyshev con frecuencia de corte 4 GHz, rizado de 0.1dB y orden 7, que se puede ver en la figura 5. La longitud total del filtro es seis veces $\lambda/8$ (menor que una longitud de onda). Los resultados pueden verse en la figura 6. Como los errores antes comentados se han agravado al aumentar el número de celdas que forman el filtro, también ha aumentado el error, sin que ello suponga una degradación apreciable en el filtro. No obstante, la frecuencia de corte es sensiblemente inferior a 4 GHz y el rizado se ha mantenido en 0.64 dB. En cualquier caso, los resultados son muy buenos en comparación con lo que habríamos obtenido usando EBG, pues las dimensiones serían mucho mayores.

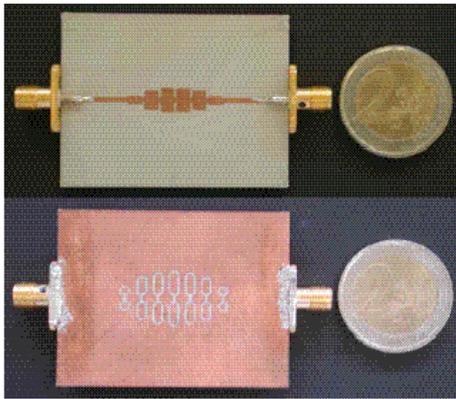


Fig. 5. Foto del circuito fabricado: filtro Chebyshev de orden 7, con frecuencia de corte a 4GHz y rizado de 0.1 dB en la banda de paso.

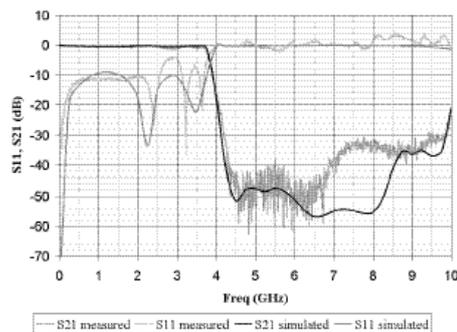


Fig. 6. Resultados obtenidos para el filtro fabricado. Se incluye en la comparación los resultados medidos con los de simulación.

IV. CONCLUSIONES

Las ventajas de los EBG y DGS sobre otro tipo de implementaciones de filtros ha sido descrita en diversos trabajos. No obstante, en ninguno de ellos se había propuesto un método de diseño de filtros mediante DGS. En este paper se han aplicado las conclusiones de [4] y se ha ampliado el estudio; ambos trabajos intentan resolver, en un primera aproximación, la carencia de un método de diseño.

En este trabajo se completa la unión con la teoría clásica de diseño de filtros en microstrip mediante un modelado paso-bajo de las celdas DGS, formado por una bobina serie. Un tabulado de los distintos valores de bobina para un tipo de celda permite construir filtros de cualquier orden. Los resultados son claramente superiores a los que habríamos obtenido con un filtro con EBG de las mismas dimensiones, y que hubiera requerido quizá un tedioso proceso de optimización de la multitud de parámetros que tienen influencia en su respuesta en frecuencia.

REFERENCIAS

- [1] C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and J.B. Lim. "A Novel 1-D Periodic Defected Ground Structure for Planar Circuits", *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, vol. 10, no. 4, pp. 131-133, April 2000.
- [2] D. Ahn, J. S. Park, C. S. Kim, J. Kim, Y. Qian, and T. Itoh, "A Design of the Low-Pass Filter using the Novel Microstrip Defected Ground Structure", *IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques*, vol. 49, no.1, pp. 86-92, Jan. 2001.
- [3] J. S. Park, J. S. Yun, and D. Ahn, "A Design of the Novel Coupled-Line Bandpass Filter Using Defected Ground Structure with Wide Stopband Performance", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 50, no. 9, pp. 2037-2043, September 2002.

- [4] I. A. Garde, C. Del Río, "A Stopband Filter Design using a 1-D Non-Periodic Defected Ground Structure", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 37, issue 3, pp. 249-250, 20th February 2003.
- [5] David M. Pozar, "Microwave Engineering", John Wiley & Sons, 2^d edition, chapter 8, 1998.
- [6] I. A. Garde, M.J. Yábar, C. Del Río, "Simple Modelling of DGS to design 1D-PBG Low-Pass Filters", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 36, issue 4, pp. 228-232, 5th May 2003.