

Diseño de Filtros en guía rectangular usando estructuras PBG's

Luis Mendióroz, Beatriz Martínez, Ramón Gonzalo y Carlos del Río
Dpto. Ing. Eléctrica y Electrónica, Universidad Pública de Navarra,
Campus Arrosadía s/n, 31006, Pamplona, Navarra

Abstract

A new application of dielectric periodic structures (also known as PBG) to build and design waveguide filters is presented. The periodic structures have some stop frequency bands, band gaps, defined by the geometry, within any mode can propagate through the structure. One could use this particular feature of the periodic structures to implement waveguide filters, or any other device with some frequency dependence [1,2].

In particular, we will focus in the description through an example of all the different effects produced by this kind of structures within a rectangular waveguide.

1.- INTRODUCCIÓN

Desde hace unos años, numerosos grupos de investigación están orientando sus esfuerzos a estudiar estructuras periódicas en una, dos y en tres dimensiones, analizando sus propiedades principales. De alguna manera se podría simplificar el proceso a un fenómeno parecido al que se produce en una estructura periódica de una sola dimensión, y que ya era conocido como efecto Bragg. En particular es ampliamente conocido el efecto filtrante que se puede llegar a conseguir con estructuras periódicas. Este efecto filtrante está definido básicamente por una banda de frecuencias prohibidas (atenuadas) y otras permitidas. Este mismo fenómeno a frecuencias ópticas se conoce como "Band Gap", donde existen direcciones espaciales, vector k , prohibidas y otras direcciones permitidas [1].

Alguna de las aplicaciones en el campo de las microondas de estas estructuras periódicas son: la utilización como guías dieléctricas generando defectos, mejorar los rendimientos de antenas parche impidiendo la propagación de modos de superficie por el dieléctrico, etc.

En esta comunicación vamos a verificar la existencia de un BandGap en una estructura periódica 2-D y analizaremos los diferentes efectos observados en simulación. Para ello introducimos una estructura dieléctrica periódica 2-D, en el interior de una guía de onda rectangular WR90, y estudiaremos el problema en transmisión y en reflexión.

2.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PBG

El cálculo de las bandas de frecuencias prohibidas se basa en la obtención del diagrama de dispersión de la estructura mediante el método de las ondas planas. Este método nos permite resolver las ecuaciones de Maxwell en un medio dieléctrico y periódico, obteniendo los autovalores y los autovectores de la estructura y el método de la matriz de transferencia (TMM).

La guía de onda utilizada en la simulación es una guía rectangular estándar WR90 ($a = 23$ mm, $b = 10$ mm).

En primera instancia, la estructura periódica la consideramos infinita en todas las direcciones del espacio, y con periodicidad en dos de ellas. En concreto, la estructura periódica que consideramos es una red triangular-hexagonal de columnas de dieléctrico de permitividad 5 en medio aire. Con los autovalores y autovectores calculados, utilizando el método de la matriz de transferencia (TMM), calculamos la transmisión de una onda plana incidente a través de un número concreto de periodos.

El estudio se ha realizado con una estructura con una relación $R/p=0.45$, siendo p la constante de red y R el radio de las columnas, con cuatro periodos en la dirección de propagación. Para esta estructura, se ha descubierto un Gap, una zona prohibida, entorno a la frecuencia normalizada, $f_p/c=0.31$. Diseñando para una frecuencia central del Gap de 13.8 GHz obtenemos los valores de los anchos de las columnas y el espaciado entre ellas, $p=6.745$ mm y $R=3.035$ mm (ver figura 1).

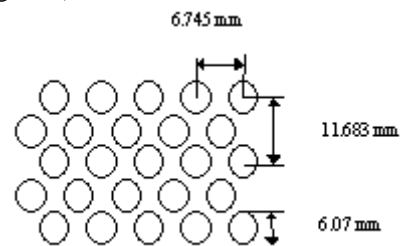


Figura 1.- Corte transversal de la estructura periódica.

Teóricamente se obtiene que el tamaño del Gap será aproximadamente de unos 3.5 GHz, con una atenuación de la señal transmitida máxima a través de la estructura de -7 dB.

3.- SIMULACIÓN Y RESULTADOS

Lo primero que se observó en la simulación era una gran oscilación en las bandas de paso, debido a la desadaptación producida a la entrada y a la salida de la estructura. Con objeto de reducir este rizado, se realiza un pequeño ajuste de los radios de los periodos inicial y final de la estructura a 2.5 mm. En la simulación vamos a considerar únicamente 4 periodos (longitud total = 45.894 mm).

Los resultados obtenidos para S_{21} y S_{11} (en módulo) los tenemos presentados en la figura 2.

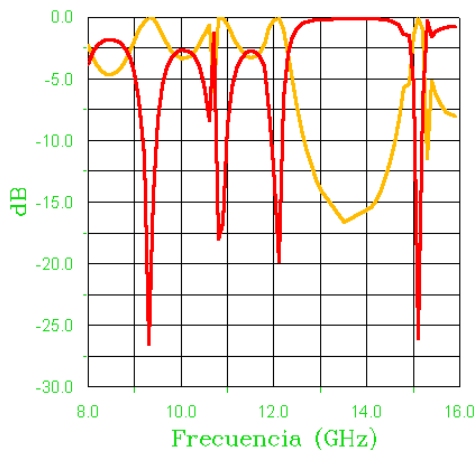


Figura 2.- Respuesta del dispositivo en reflexión, S_{11} (oscuro) y en transmisión, S_{21} (claro).

Como podemos observar existe un gap, una zona donde no hay transmisión a través de la estructura, centrado aproximadamente a 13.5 GHz y con una anchura de 3 GHz. La transmitividad mínima es de -16.61 dB.

Podemos observar como a una frecuencia del centro de la banda del Gap, se produce una atenuación considerable de los campos al entrar en la estructura periódica. A 13.5 GHz obtenemos la distribución de campos de la figura 3.

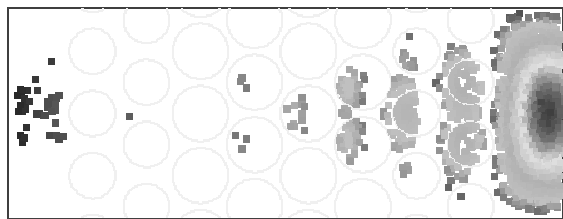


Figura 3.- Distribución de campos a lo largo del dispositivo a 13.5 GHz.

Según se observa en la figura 3, los campos se reflejan totalmente, no hay ninguna posibilidad de propagar modos a través de la estructura periódica.

Del mismo modo existe una transmitividad con un rizado de 5 dB fuera del Gap. Este valor se puede disminuir mejorando la adaptación, generando un enventanado mucho más suave.

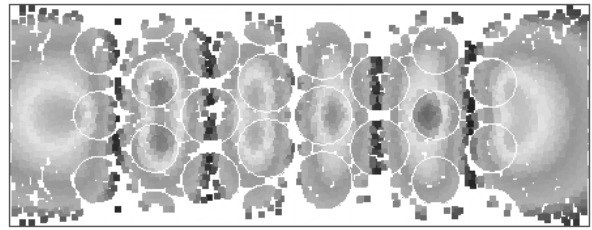


Figura 4.- Distribución transversal de los campos a 9.3 GHz.

Se puede observar en la figura 4, como el modo fundamental de guía TE_{10} , se convierte en un modo de la estructura periódica, y se vuelve a reconvertir al TE_{10} al volver a pasar a guía lisa.

Señalar dos resonancias a frecuencias 10.7 GHz y 15.3 GHz. En concreto a 10.7 GHz, los campos los tenemos representados en la figura 5.

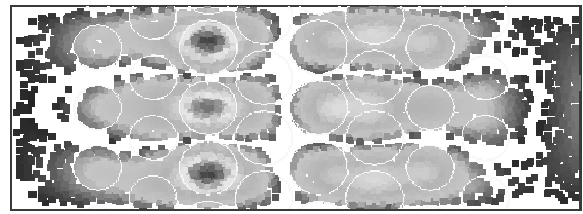


Figura 5.- Distribución de campos a lo largo de la estructura para una frecuencia de 10.7 GHz.

Estas resonancias son producidas por la presencia de una onda estacionaria en la estructura periódica (en las figuras podemos ver sus máximos y mínimos) como consecuencia de las desadaptaciones en las interfaces entre la estructura periódica y la guía de ondas rectangular

4.- CONCLUSIONES

Comprobamos la existencia de un bandgap (PBG) en una estructura periódica 2-D. Se han presentado los resultados iniciales de una nueva forma de generar filtros en guía. Estos filtros se podrían incorporar en cualquier tramo de guía recta, sin necesidad de alargar la línea de transmisión. Bastaría con abrir la línea e introducir un trozo de dieléctrico con el formato adecuado.

5.- REFERENCIAS

- [1] Joannopoulos, J. et al "Photonic Crystals, Moulding the Flux of Light" Princeton University Press, 1998.
- [2] Caloz, C. et al "Measurement of a 2D Photonic Crystal in a Waveguide", Int. Sym. On Antennas, pp. 627-630, Nice, 1998.