

ANÁLISIS DEL EFECTO DE PAREDES EBG EN ANTENAS PLANAS DE RANURAS

J.M. Fernández

Departamento de Señales, Sistemas y
Radiocomunicaciones
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Telecomunicación
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail :

jmfdez@gr.ssr.upm.es

M. Sierra Castañer

Departamento de Señales, Sistemas y
Radiocomunicaciones
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Telecomunicación
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail :

m.sierra.castaner@gr.ssr.upm.es

Abstract- In this work we analyze the effect of EBG sidewalls in parallel plate slot antennas. Electromagnetic BandGap (EBG) structures present some interesting properties that may overcome some of the problems of conventional technologies. Recently, several EBG structures have been proposed and demonstrated to be useful in enhancing performances of microwave circuits or antennas. We use these novel structures to realize a perfect magnetic conductor (PMC) surface artificially. The results of the effect using PMC in comparison with perfect electric conductor (PEC) in the sidewalls of the parallel plate slot antennas is presented as examples of application. Using PMC sidewalls in this kind of antennas, relatively uniform fields distribution are improved, so it allows to increase the directivity getting to enhance the efficiency of these antennas.

I. INTRODUCCIÓN

Las estructuras EBG son uno de los temas del electromagnetismo que más rápido está avanzando en los últimos tiempos. Mediante el uso de estos materiales, también llamados PBG(Photonic BandGap) o PC(Photonic Crystal), lapropagación electromagnética se puede manipular hasta un punto que no era posible hasta ahora. Estas estructuras pueden prevenir la propagación de la radiación electromagnética en 1, 2 o en las 3 direcciones del espacio. Desde su descubrimiento y su primera demostración al final de los años 80, el interés en esta clase de estructuras ha crecido enormemente. Debido al potencial de esta tecnología hay una gran cantidad de aplicaciones donde se pueden utilizar. Uno de los campos donde más interés ha despertado el empleo de estructuras EBG ha sido para aplicaciones en microondas o antenas demostrando grandes ventajas con respecto a las soluciones convencionales [1,2]. Por ejemplo, los problemas relacionados con la no-uniformidad de la distribución del campo eléctrico y magnético en una guía de onda de placas paralelas con paredes conductoras eléctricas perfectas (PEC) se pueden evitar mediante el uso de paredes conductoras magnéticas perfectas (PMC). Con el objetivo de uniformizar la distribución de campo, este trabajo presenta

el efecto de las paredes PMC comparado al de las paredes PEC. Para ello, se parte de una guía de onda de placas paralelas en donde las paredes laterales son PEC o PMC. En contraste con los materiales PEC, la obtención de condiciones de contorno magnético es una tarea difícil de conseguir porque no existen materiales convencionales apropiados que se puedan usar como PMC. Sin embargo, las propiedades características asociadas a estructuras EBG periódicas permiten obtener PMC [3]. De esta manera, se consigue imponer una condición de contorno magnético en la guía. Para su diseño, se cuenta con lo descrito en [4] donde Itoh expone la posibilidad de realizar un PMC con estructuras EBG de dos dimensiones, y con simulaciones electromagnéticas. Se diseña y analiza una estructura EBG 2D uniplanar de un array plano de parches microstrip [5]. Estas estructuras uniplanares tienen la ventaja de ser simples y de poderse fabricar con procesos de tecnología plana, mientras que otras estructuras EBG necesitan un tipo de proceso de fabricación más complicado y costoso, como la de hacer vías periódicas. Con el fin de comprobar las ideas propuestas anteriormente, se han realizado simulaciones electromagnéticas 3D basadas en FITD (Finite Integral Time Domain), con la ayuda del programa CST Microwave Studio v. 4.0.

Como ejemplo práctico se va a aplicar estas paredes EBG a antenas planas de ranuras en guía biplaca como las descritas en [6,7,8]. La uniformidad de la distribución de los campos nos va a permitir mejorar la directividad, consiguiendo de esta manera aumentar la eficiencia de estas antenas [9]. Estas aplicaciones nos van a permitir validar las ideas y los resultados obtenidos mediante simulación presentados en este artículo.

II. GUÍA DE ONDA DE PLACAS PARALELAS

La guía de onda estudiada es una guía biplaca rectangular de 330mm x 318mm con paredes laterales, entre las que se coloca un material dieléctrico de 7.5mm, en nuestro caso Foam. El contorno exterior final de la guía se termina con un material absorbente (carga adaptada). El funcionamiento ideal de la guía sólo propaga un modo TEM (o quasi TEM).

Para obtenerlo excitamos la guía de placas paralelas utilizando un array de postes. Una característica común a la propagación del citado modo es su degradación a medida que nos alejamos del punto de alimentación, causando una no-uniformidad en la distribución de los campos. Esta caída de amplitud se debe a su expansión por la estructura biplaca con paredes PEC.

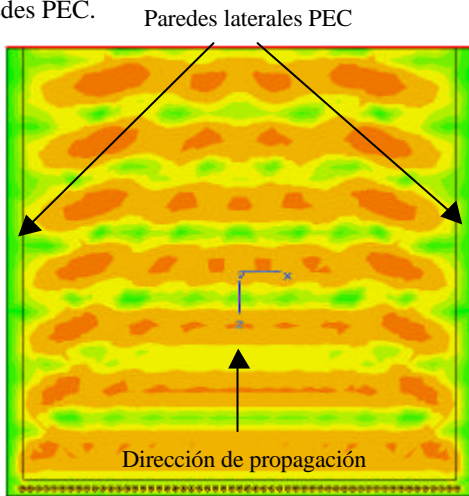


Fig. 1. Distribución de amplitud del campo con paredes PEC.

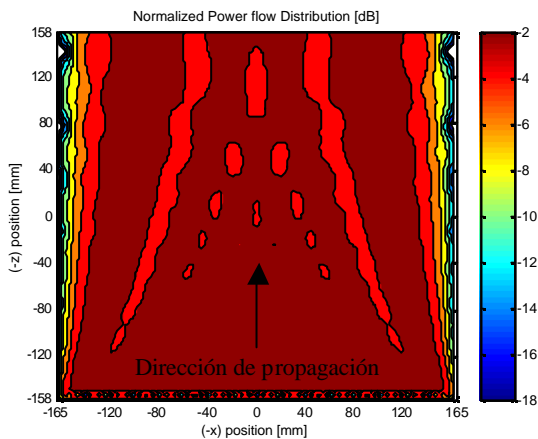


Fig. 2. Distribución de la densidad de potencia con paredes PEC.

Se observa en la figura 3 y la figura 4, la aparición de una mejora de la uniformidad del campo en la guía de onda de placas paralelas cuando la condición de contorno de las paredes laterales son PMC frente a PEC de la figura 1 y la figura 2.

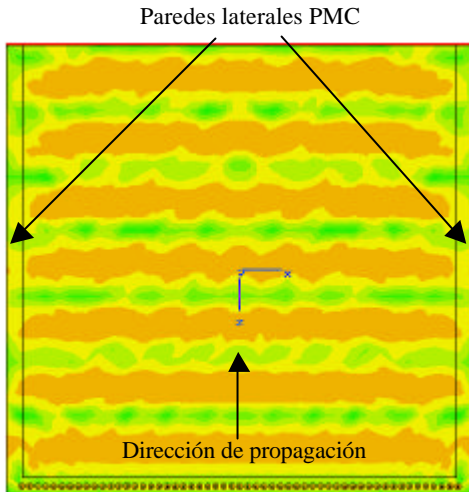


Fig. 3. Distribución de amplitud del campo con paredes PMC.

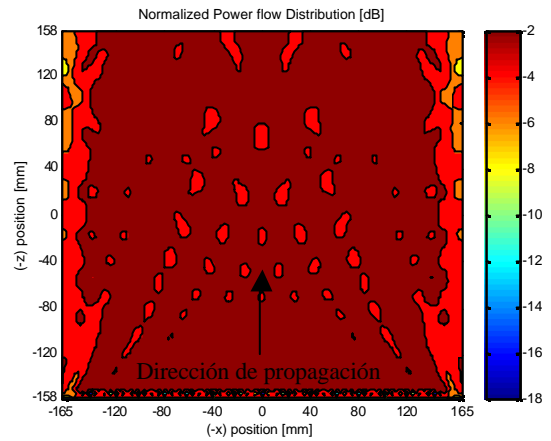


Fig. 4. Distribución de la densidad de potencia con paredes PMC.

En la distribución de amplitud del campo representado en la figura 1 se observa también una degradación a medida que nos alejamos de los puntos de excitación. Esta caída de amplitud se debe a su expansión por la estructura biplaca con paredes PEC. En los resultados de simulación obtenidos en la figura 3, se muestra el efecto del uso de paredes laterales PMC en este tipo de antenas. La distribución del campo es mucho más uniforme cuanto más nos alejamos de la excitación por imponer condiciones de contornos magnéticos en las paredes laterales de la guía de onda biplaca.

III. DISEÑO DEL PMC CON EBG

La principal diferencia de las propiedades eléctricas entre PEC y PMC puede ser caracterizada por el coeficiente de reflexión para una onda plana uniforme incidente. La amplitud del coeficiente de reflexión es igual en los dos casos, y vale 1; pero la fase difiere en 180° . Por otra parte, la estructura conductora se comporta como un circuito abierto en el caso del PMC, mientras que el PEC se comporta como un cortocircuito. Una manera de conseguir condiciones de circuito abierto y cortocircuito son las estructuras periódicas. Los PMC muestran propiedades interesantes y están recibiendo cada vez más interés en aplicaciones para antenas, porque ofrecen grandes ventajas con respecto a los PEC convencionales. Por lo tanto el análisis y el diseño de un PMC es importante.

Se va a diseñar una estructura EBG 2D uniplanar basada en [3].

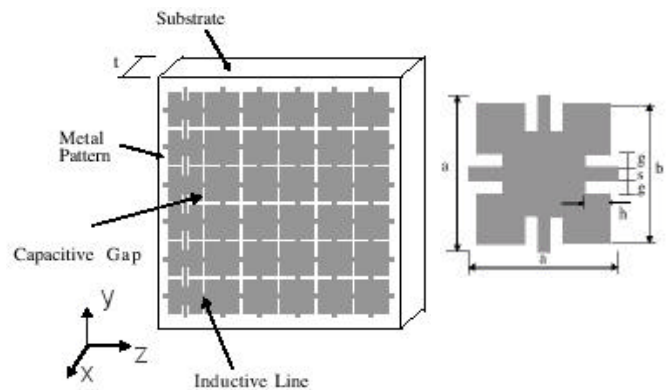


Fig. 5. Estructura EBG 2D uniplanar utilizada para realizar un PMC

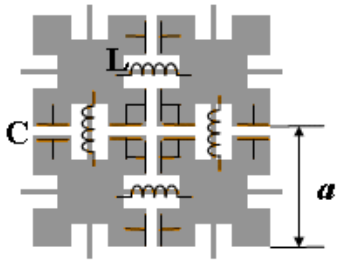


Fig. 6. Esquema circuito equivalente estructura EBG periódica.

Cada elemento de la estructura periódica es un circuito resonante inductivo L y capacitivo C paralelo equivalente, que permite cambiar la impedancia de la estructura. Cuando las frecuencias se acercan a la frecuencia de resonancia del circuito LC, correspondiente a la frecuencia central de la banda eliminada, la parte imaginaria de la impedancia de entrada de esta estructura es infinita, indicando un comportamiento en circuito abierto. De esta manera, a las frecuencias donde la estructura periódica se comporta como un circuito abierto conseguimos que esta estructura actúe como un PMC.

Esta estructura EBG presentada tiene varias ventajas incluyendo tamaño compacto, tecnología plana, bajas pérdidas y banda ancha.

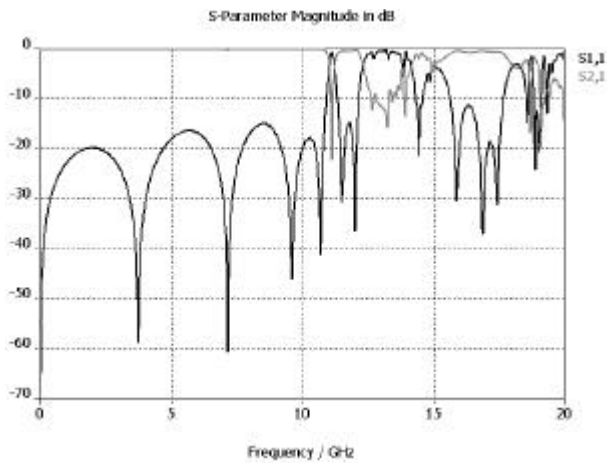


Fig. 7. Parámetros S de una línea microstrip 50 Ω sobre plano de masa EBG 2D uniplanar.

En la figura 7 se presenta los resultados de simulación de los coeficientes de reflexión y de transmisión de una línea microstrip 50 Ω sobre plano de masa EBG 2D uniplanar. Se observa la aparición de una banda rechazada entre 12 y 14 GHz. En dicha banda, el EBG se comporta como un PMC a una frecuencia.

IV. APLICACIÓN PRÁCTICA

La estructura PMC conseguida realizando una estructura periódica EBG 2D uniplanar, se va a aplicar en antenas planas de ranuras en guía biplaca con polarización lineal a la frecuencia de 13 GHz [7].

Las antenas están formadas por una guía de placas paralelas, excitada bien a través de un array resonante de ranuras sobre una guía rectangular representado en la figura 8 [10], bien por circuito de excitación construido en tecnología microstrip como se muestra en la figura 9. Estas excitaciones generan una onda plana TEM propagándose en la dirección perpendicular al eje de la guía de placas paralelas. Esta onda plana excita la estructura de radiación, que consiste en un array plano de ranuras resonantes en la placa superior de la guía biplaca.

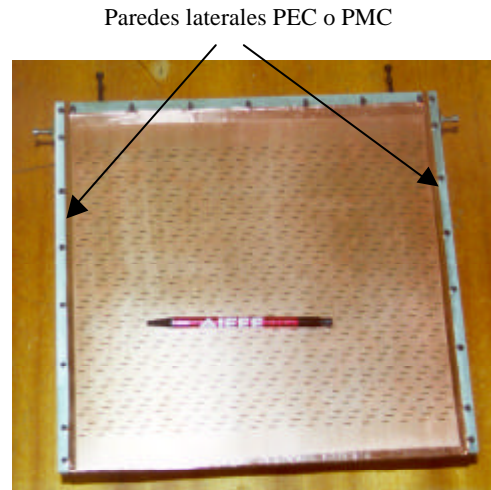


Fig. 8. Antenas ranuradas de polarización lineal excitada por una guía rectangular.

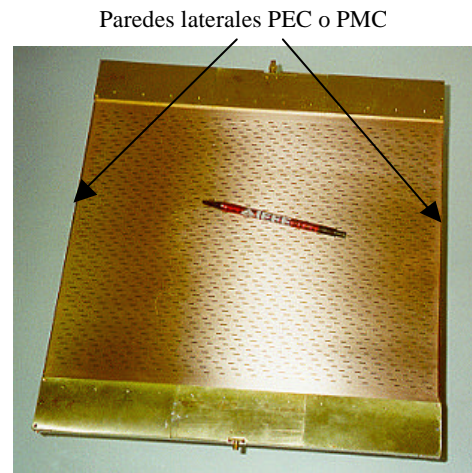


Fig. 9. Antenas ranuradas de polarización lineal excitada por circuito en tecnología microstrip.

Los resultados del análisis del efecto de paredes PEC y PMC en prototipos de guía de onda de placas paralelas y de antenas planas de ranuras se compararán con las simulaciones y se presentarán en el Congreso URSI'04.

V. CONCLUSIONES

Se ha presentado el efecto de paredes PMC con estructuras EBG en vez de PEC en guía de onda de placas paralelas.

Con el fin de comprobar la validez de las ideas propuestas anteriormente y los resultados obtenidos mediante simulación, se están fabricando en estos momentos unos prototipos de PMC con estructuras periódicas EBG 2D uniplanares. Montarlos, medirlos y comparar los efectos de paredes PMC en estas guías de onda y en estas antenas planas de ranuras en guía biplaca. De este modo se observará conseguir una mejora de la uniformidad de la distribución de los campos aplicando condiciones de contornos magnéticos utilizando EBG en vez de condiciones de contorno eléctricas. Las paredes laterales PMC en este tipo de antenas nos va a permitir mejorar la directividad, consiguiendo de esta manera aumentar la eficiencia de estas antenas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a CST (Computer Simulation Technology GmbH) la licencia de uso del software CST Microwave Studio v. 4.0, utilizada en las simulaciones que se han realizado en este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] C. Caloz and T. Itoh, "Novel Artificial Metamaterial Concepts and Structures for Microwave Applications", 2nd International PhD School on Selected Topics in Applied Electromagnetics "Metamaterials and RF MicroElectroMechanical Systems", Perugia, Italy, 2003.
- [2] F.-R. Yang, K.-P. Ma, Y. Qian and T. Itoh, "A novel TEM waveguide using uniplanar compact photonic-bandgap (UC-PBG) structure", IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, Vol. 47, N° 11, pp.2092-2098, November 1999
- [3] K.-P. Ma, K. Hirose, F.-R. Yang, Y. Qian and T. Itoh, "Realization of magnetic conducting surface using novel photonic bandgap structure", IEE Electronic Letters, Vol. 34, N° 21, pp.2041-2042, October 1998.
- [4] C.C. Chang, Y. Qian and T. Itoh, "Analysis and Applications of Uniplanar Compact Photonic BandGap Structures", Progress in Electromagnetics Research, PIER 41, pp.211-235, 2003.
- [5] Y.Zhang, J. von Hagen, M. Younis, C. Fischer and W. Wiesbeck, "Planar Artificial Magnetic Conductors and Patch Antennas", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 51, N° 10, pp.2704-2712, October 2003.
- [6] J. Hirokawa, M. Ando and N. Goto, "Waveguide-Fed Parallel Plate Slot Array Antenna", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 40, N° 2, pp.218-223, February 1992.
- [7] M. Sierra Castañer, "Contribución a las Técnicas de Diseño y Análisis de Antenas de Ranuras sobre Placas Paralelas", Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Febrero 1999.
- [8] J.A. García-Hidalgo, M. Sierra Castañer, M. Sierra Pérez and M. Vera Isasa, "Diseño de Antenas Planas de Ranuras con Polarización Lineal", Simposio Nacional U.R.S.I 1998, Pamplona, Septiembre 1995.
- [9] H. Kai, J. Hirokawa and M. Ando, "Field Distribution in Multi-mode Rectangular Waveguides", Antennas and Propagation Society International Symposium IEEE, Vol. 1 pp. 110-113, July 2000.
- [10] T. Kai, J. Hirokawa and M. Ando, "Analysis of a Feeding Structure for TEM Wave Excitation in a Oversized Rectangular Waveguide", Antennas and Propagation Society International Symposium IEEE, Vol. 2, pp. 1177-1180, June 2003.
- [11] M. Sierra Castañer, J. Hirokawa, M. Ando, "Moment Method Analysis of Parallel Plate Slot Antenna", IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Vol.2, pp. 850-853, 1999.
- [12] C.A. Balanis, "Advanced Engineering Electromagnetics", John Wiley & Sons, New York, 1989.
- [13] C.A. Balanis, "Antenna Theory, Analysis and Design", John Wiley & Sons, New York, 1997.