

DISEÑO DE ARRAYS DE ANTENAS INTEGRADAS SOBRE SUBSTRATOS PBG – 3D A FRECUENCIAS MILIMÉTRICAS

Cristina Sagaseta, M^a Teresa Royo, Iñigo Ederra, Beatriz Martínez, Ramón Gonzalo

Peter de Maagt

Chris M. Mann

Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
Universidad pública de Navarra
ramon@unavarra.es

Electromagnetics Division.
ESA-ESTEC. The Netherlands
Peter.de.Maagt@esa.int

Millimetre-Wave Technology Group
R.A.L. Chilton. Didcot. England
C.M.Mann@rl.ac.uk

ABSTRACT

In this paper two PBG – 3D structures have been proposed as perfectly reflecting substrate for dipole arrays in order to reduce mutual coupling between antennas thus improving directivity and far field radiation pattern. Furthermore, an only dipole antenna performance has been enhanced by integrating it inside a cavity made of those PBG – 3D structures.

1. INTRODUCCIÓN

Los cristales fotónicos (PBG) son estructuras periódicas en una, dos o tres dimensiones cuya principal propiedad es impedir la propagación electromagnética en cierto rango de frecuencias y para algunos ángulos de incidencia. En el caso de un PBG tridimensional la propagación está prohibida en cualquier dirección dentro de la estructura. Esta propiedad facilita su aplicación como sustrato de antenas ya que elimina los posibles modos de sustrato y por tanto mejora las características de radiación de dichas antenas. Para comprobar esta propiedad, en este artículo se proponen dos estructuras PBG - 3D diferentes: la Woodpile y un nuevo PBG – 3D basado en estructuras 1D+2D.

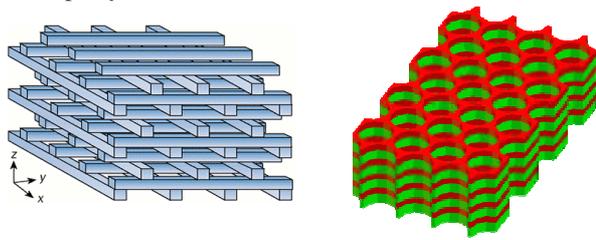


Figura 1. (Izquierda) Woodpile, (derecha) 1D+2D.

Ambos diseños funcionan correctamente como estructuras PBG [1, 2]. Se eligió como frecuencias de trabajo el rango de las milimétricas (alrededor de 500 GHz) para aplicaciones de emisión de gases en el espacio y análisis de diversos fenómenos atmosféricos.

En este tipo de aplicaciones, los diseños actuales de arrays de antenas integradas o antenas bocinas presentan los inconvenientes de un tamaño excesivo o un peso elevado, además de la generación de modos de sustrato. Como alternativa tecnológicamente viable se propone el diseño de un array de antenas dipolo sobre las anteriores estructuras PBG - 3D. Además se analizará su comportamiento al integrar las

antenas en el interior de una cavidad creada en los PBG – 3D con el fin de aumentar su directividad.

2. ESTUDIO DE ARRAYS DE ANTENAS SOBRE SUBSTRATOS PBG - 3D

Uno de los principales problemas que presentan los arrays son el acoplo entre las antenas debido a la generación de modos de sustrato. Si se utiliza un PBG - 3D como sustrato de dicho array se reducirán estos modos y por tanto, también el acoplo entre las antenas, mejorando así sus diagramas de radiación y evitando también el fenómeno de “Scan Blindness”. Para comprobar las ventajas de utilizar un PBG se ha simulado (mediante Ansoft HFSS) el comportamiento de un array de dipolos ($\lambda/2$ en el caso de la Woodpile y dipolo doble para 1D+2D) colocando la antena en la posición relativa a la estructura que proporciona una mayor directividad [3]. En las simulaciones no se han considerado las líneas de alimentación de los dipolos.

Para que la reducción del acoplo entre antenas sea máxima se han colocado entre ellas el máximo número posible de periodos tratando de evitar la generación de *grating lobes* (ver figuras 2.a y 3.a).

Por otra parte, cuanto menor sea la distancia entre los dipolos más compacto será el sistema final, por lo que también se ha considerado este caso en las simulaciones (ver figuras 2.b y 3.b).

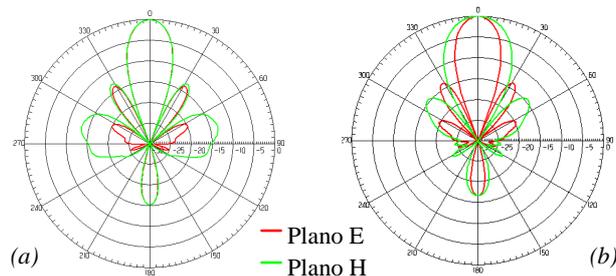


Figura 2. (a) Array 3x3. Distancia entre dipolos: 0.9λ en los planos E y H; (b) Array 3x3. Distancia entre dipolos: 0.9λ en el plano E y 0.6λ en el plano H.

En los diagramas de radiación de los arrays mostrados en las figuras 2 y 3 se observa debido a la reducción de los modos de sustrato una gran disminución de la radiación trasera, así como una reducción de la radiación lateral, lo que indica un bajo acoplo entre las antenas del array.

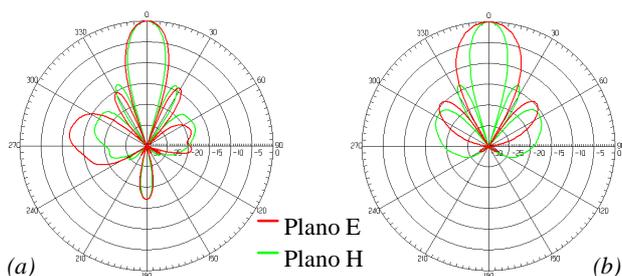


Figura 3. (a) Array 3x3. Distancia entre dipolos: 0.95λ en el plano E y 1.1λ en el H.; (b) Array 3x3. Distancia entre dipolos: 0.635λ en el plano E y 1.1λ en el H.

Los arrays de 3x3 dipolos de las figuras 2 y 3 poseen las directividades (en dB) que se muestran en la tabla 1.

Woodpile $0.9\lambda_E-0.9\lambda_H$	Woodpile $0.9\lambda_E-0.6\lambda_H$	1D+2D $0.95\lambda_E-1.1\lambda_H$	1D+2D $0.63\lambda_E-1.1\lambda_H$
18.18	17.34	19.16	18.55

Tabla 1. Directividad (en dB) de arrays de 3 x 3 dipolos sobre estructuras PBG - 3D (Woodpile y 1D+2D).

3. ESTUDIO DE UN DIPOLO INTEGRADO EN UNA ESTRUCTURA PBG - 3D

Con el fin de aumentar la directividad de un único dipolo se propone integrarlo en el interior de una cavidad con forma de antena bocina (ver figura 4). Al igual que en el caso de los arrays, se han colocado los dipolos en la posición que mayor directividad proporcionan y no se han considerado las líneas de alimentación de los mismos.

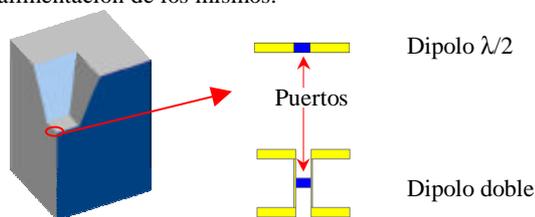


Figura 4. Corte de la cavidad con forma de antena bocina.

En las figuras 5 y 6 se comparan los diagramas de radiación de un dipolo sobre una estructura PBG - 3D y al colocarlos dentro de la cavidad.

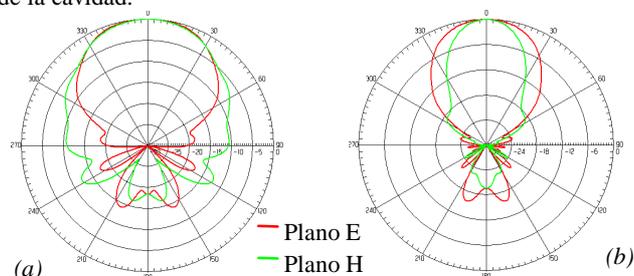


Figura 5. (a) Dipolo sobre Woodpile; (b) Dipolo en una cavidad con apertura $2\lambda \times 2\lambda$, base 0.5λ (plano E) x 0.8λ (plano H) y altura 1.033λ

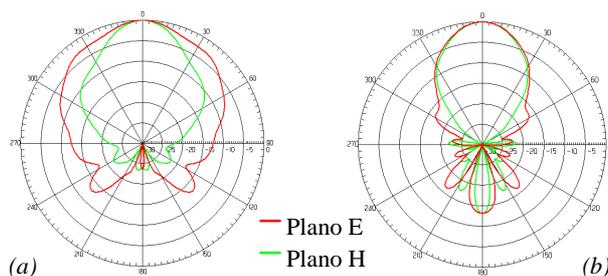


Figura 6. (a) Dipolo doble sobre la estructura 1D+2D; (b) Dipolo doble en una cavidad con apertura $1.25\lambda \times 1.25\lambda$, base 0.65λ (plano E) x 0.55λ (plano H) y altura 0.7λ .

Los dipolos de las figuras 5 y 6 poseen las directividades (en dB) que se muestran en la tabla 2.

Sobre Woodpile	Cavidad Woodpile	Sobre 1D+2D	Cavidad 1D+2D
8.38	13.91	10.19	12.26

Tabla 2. Directividad (en dB) de dipolos sobre estructuras PBG (Woodpile y 1D+2D) y dentro de cavidades.

Al integrar el dipolo en una cavidad aumenta su directividad, obteniéndose además diagramas de radiación bastante simétricos. Su comportamiento es parecido al que se esperaría en un dipolo integrado en una cavidad de paredes metálicas.

4. CONCLUSIONES

El uso de un PBG - 3D como sustrato de un array de dipolos proporciona diagramas de radiación altamente directivos y simétricos. Además se puede minimizar la distancia entre las antenas, consiguiendo una gran directividad y un tamaño total del array reducido, lo que posibilita su integración.

Por el hecho de integrar un único dipolo en el interior de una cavidad creada en este tipo de estructuras se ha conseguido un aumento en la directividad de aproximadamente 5.5 dB en el caso de la Woodpile. En el caso de la estructura 1D+2D este incremento no ha sido tan apreciable debido a los problemas de convergencia en la simulación.

Por otra parte, aunque las mejoras obtenidas con el uso de la estructura 1D+2D no son tan apreciables como las obtenidas con la Woodpile, la nueva estructura presenta la ventaja añadida de una mayor sencillez en su fabricación y la posibilidad de alimentar los dipolos a través de los cilindros de aire.

5. REFERENCIAS

- [1] Sagaseta, C., Gonzalo, R., De Maagt, P. y Mann, C., "Diseño y medida de un PBG tridimensional a frecuencias milimétricas", URSI, Zaragoza, España, pp. 249-250, 2000.
- [2] Royo, M. T., Gonzalo, R. y De Maagt, P., "Un nuevo PBG tridimensional obtenido a partir de estructuras 1D+2D", URSI, Zaragoza, España, pp. 253 - 254, 2000.
- [3] Sagaseta, C., "Diseño y medida de un cristal fotónico 3D a frecuencias milimétricas como sustrato de una antena dipolo", PFC, Universidad Pública de Navarra, España, Marzo 2001.