

Control del Mecanismo de Radiación de una Antena Leaky-Wave en Tecnología Planar

Alejandro Javier Martínez-Ros, María García-Vigueras, Raúl Gúzman-Quiros y José Luis Gómez-Tornero
 Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
 Universidad Politécnica de Cartagena
 Cartagena 30202, España
 E-mail: alejandro.martinez@upct.es, josel.gomez@upct.es

Resumen. En este artículo se presenta una nueva antena leaky-wave (LWA) con control simultáneo tanto de la constante de fase β como de la tasa de radiación α del modo leaky. La antena ha sido fabricada en tecnología microstrip a la cual se le han añadido dos filas de postes metálicos periódicos separadas una distancia W . Mediante la variación de la periodicidad P entre postes se controla principalmente la tasa de radiación, y a través de la anchura W la constante de fase. En antenas leaky la constante de fase controla el ángulo de apuntamiento ϑ_{RAD} de la antena y la tasa de radiación la anchura de haz $\Delta\vartheta$. Para validar los resultados presentados, se han diseñado y simulado varios diseños a una frecuencia de 15 GHz.

1 Introducción

Las antenas leaky en tecnología planar (PLWA) han recibido un elevado interés tras los primeros trabajos llevados a cabo por Ermert y Menzel [1], [2], ya que combinan las características propias de antenas planares como son: bajo perfil, bajo coste y facilidad de integración con otros dispositivos planares. Con las prestaciones que ofrecen las antenas leaky como escaneo en frecuencia, alta directividad, y facilidad de alimentación. Sin embargo, no fue hasta los trabajos realizados por Oliner y Lee [3] donde se dio una explicación de los fenómenos leaky asociados a estos tipos de antenas.

Las PLWA diseñadas hasta la fecha han contado con el inconveniente de no poder controlar simultáneamente la tasa de radiación α y la constante de fase β del modo leaky. La importancia de dicho control simultáneo radica en que para estas antenas leaky, el control sobre el ángulo de apuntamiento ϑ_{RAD} viene dado principalmente por la constante de fase β y la anchura de haz $\Delta\vartheta$ por la tasa de radiación α . Además, para conseguir una elevada eficiencia de radiación η_{RAD} se requiere combinar ambos parámetros de α y β junto con la longitud de la antena L_A . Por todo ello, no es posible obtener un diseño de antena con unos determinados valores de ϑ_{RAD} , $\Delta\vartheta$ y η_{RAD} , sin un control adecuado de α y β .

Diversos diseños realizados en tecnologías de guía de onda [4] y combinación guía de onda-circuito planar [5] han permitido obtener el control simultáneo de α y β , pero con el inconveniente de ser diseños voluminosos y más difíciles de fabricar que las PLWA. La aparición de la tecnología de guía de onda en sustrato integrado (SIW) [6] ha permitido la aparición de nuevas PLWA [7], sin embargo, el control de α y β todavía no ha sido demostrado.

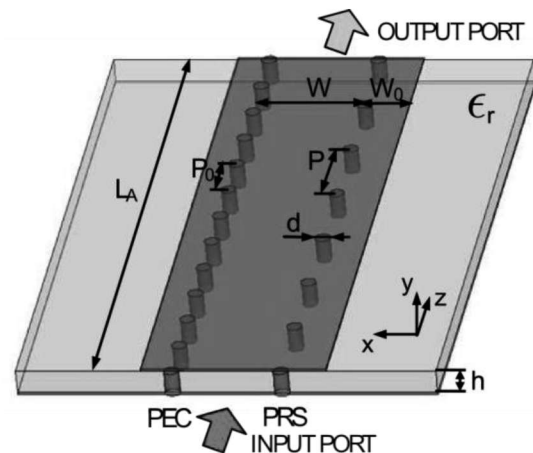


Fig. 1. Vista en tres dimensiones de la PLWA junto a sus principales parámetros geométricos.

2 Estructura de la LWA Planar

En la Fig. 1 se muestra una vista tridimensional de la PLWA propuesta en este artículo junto con sus principales parámetros geométricos. La antena está formada por una línea microstrip, a la que se le han añadido dos filas de postes metálicos periódicos separados una distancia W . Esta configuración es similar a una SIW convencional [6] pero con la particularidad de que el periodo P entre postes de una de esas filas es suficientemente grande para permitir el paso de energía. De hecho, la fila de postes se comporta como una superficie parcialmente reflectante (PRS) cuya transparencia es controlada por P . Además, la energía que pasa a través de la PRS se acopla a la sección de la línea microstrip de anchura W_0 , que a su vez permite que se radie hacia el exterior.

Una estructura similar fue propuesta en [8] pero limitando el plano de masa a la sección W_0 de la línea microstrip. Esta limitación provoca que la energía se

radie de forma lateral en vez de obtener una radiación vertical, como es característica en antenas *leaky* microstrip [1-4], [9].

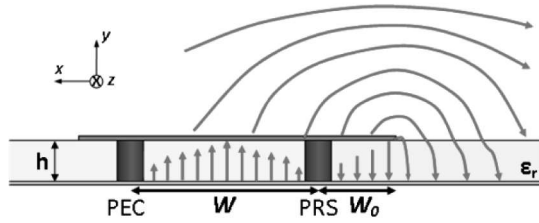


Fig. 2. Distribución de campo eléctrico de la PLWA en el plano x - y (plano E).

En la Fig. 2 se representa la distribución de campo eléctrico en el plano x - y (plano E). Se observa como las líneas de campo eléctrico se acoplan hacia el exterior consiguiendo una radiación orientada en el eje y . También se puede observar como la energía pasa a través de la PRS, al contrario de lo que ocurre en la fila de postes con periodo P_0 , donde debido a que el periodo es suficientemente pequeño no permite el paso de energía y esta se encuentra confinada. De hecho, la fila de postes con periodo P_0 se puede considerar como un conductor eléctrico perfecto (PEC).

3 Mecanismo de Radiación en LWA

Las propiedades de radiación en LWA vienen descritas por la constante de propagación compleja del modo *leaky* [4]:

$$k_z = \beta - j\alpha \quad (1)$$

donde la constante de fase β es directamente proporcional en la dirección de radiación (2) y la tasa de radiación α de la anchura de haz (3) y a la eficiencia de radiación η_{RAD} (4).

$$\sin \vartheta_{RAD} \approx \frac{\beta}{k_0} \quad (2)$$

$$\Delta\vartheta \approx \frac{1}{\frac{LA}{\lambda_0} \cos \vartheta_{RAD}} \quad (3)$$

$$\eta_{RAD} = 1 - e^{-2\alpha LA} = 1 - e^{-4\pi \frac{\alpha LA}{k_0 \lambda_0}} \quad (4)$$

En LWA preferiblemente se escoge un valor entorno a $\eta_{RAD} = 90\%$ para poder realizar un control viable de la función de iluminación [4].

3.1 Control de la Constante de Propagación del Modo Leaky

Una vez que se ha comprendido la necesidad de conseguir un control simultáneo de α y β , para obtener los valores deseados de ϑ_{RAD} y de $\Delta\vartheta$, mientras se mantiene una alta eficiencia de radiación, se van a explicar los mecanismos para controlar dichos parámetros en la antena propuesta.

Por medio de la variación de la periodicidad P entre postes y de la anchura W de la línea microstrip se va a

poder realizar dicho control. En la Fig. 3 y Fig. 4 se muestra la evolución de ϑ_{RAD} y α/k_0 en función de P y W . Para estas curvas se ha utilizado una frecuencia de diseño de 15 GHz y los siguientes valores del sustrato: $h = 1.57 \text{ mm}$ y $\epsilon_r = 2.2$. El resto de parámetros de diseño son los siguientes: $d = 1 \text{ mm}$, $P_0 = 2 \text{ mm}$ y $W_0 = 1.7 \text{ mm}$. Se observa como ambos parámetros se encuentran influenciados mutuamente, por lo que se hace necesario un control sobre ambos para poder realizar diseños con una eficiencia de radiación de $\eta_{RAD} = 90\%$.

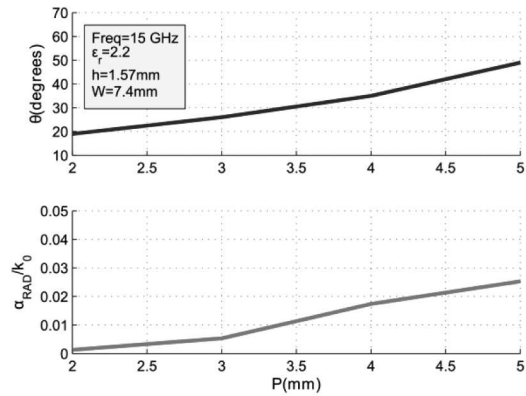


Fig. 3. Curvas de ϑ_{RAD} y de α/k_0 variando el periodo P y un valor constante de $W = 7.4 \text{ mm}$ a 15 GHz.

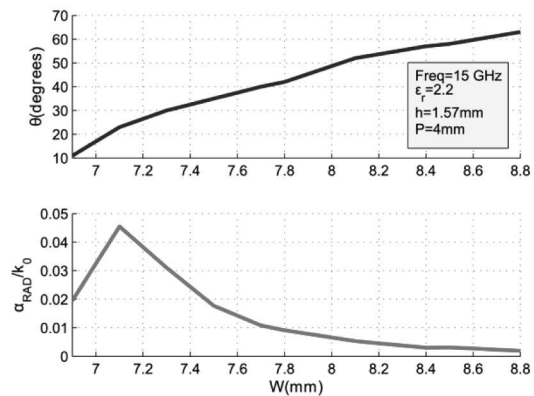


Fig. 4. Curvas de ϑ_{RAD} y de α/k_0 variando la anchura W y un valor constante de $P = 4 \text{ mm}$ a 15 GHz.

4 Diagramas de Radiación

En esta sección se van a mostrar diferentes diagramas de radiación obtenidos a partir de curvas similares a las presentadas en Fig. 3 y Fig. 4, para demostrar la capacidad de controlar el diagrama de radiación para la antena propuesta. Los diseños han sido realizados a partir del software comercial de análisis electromagnético HFSS [10].

En la Fig. 5 se ha representado un diagrama de radiación en coordenadas polares para el plano H (plano y - z). Se puede observar como se ha mantenido una anchura de haz constante para los tres diseños de

$\Delta\vartheta = 20^\circ$ mientras que el ángulo de apuntamiento varía desde $\vartheta_{RAD} = 10^\circ$ a $\vartheta_{RAD} = 50^\circ$.

Por el contrario en la Fig. 6 se ha mantenido constante el ángulo de apuntamiento en $\vartheta_{RAD} = 30^\circ$ y se ha variado la anchura de haz de $\Delta\vartheta = 5^\circ$ a $\Delta\vartheta = 20^\circ$.

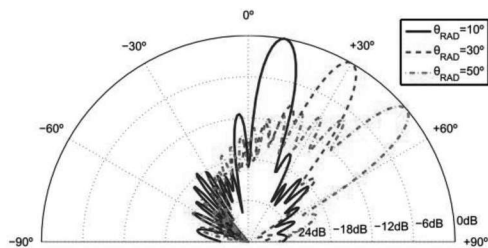


Fig. 5. Diagrama de radiación en el plano H , para tres ángulos de apuntamiento diferentes ($\vartheta_{RAD} = 10^\circ$, $\vartheta_{RAD} = 30^\circ$ y $\vartheta_{RAD} = 50^\circ$) y una anchura de haz constante de $\Delta\vartheta = 10^\circ$ a 15 GHz.

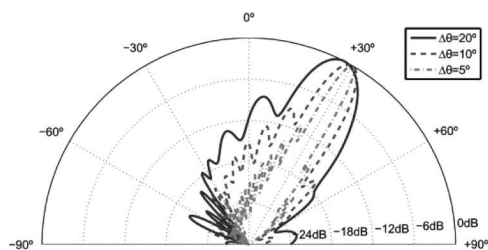


Fig. 6. Diagrama de radiación en el plano H , para tres anchuras de haz diferentes ($\Delta\vartheta = 5^\circ$, $\Delta\vartheta = 10^\circ$ y $\Delta\vartheta = 20^\circ$) y un ángulo de apuntamiento constante de $\vartheta_{RAD} = 30^\circ$ a 15 GHz.

5 Conclusiones

En este artículo se ha presentado una nueva antena *leaky-wave* en tecnología planar con la capacidad de controlar el diagrama de radiación para diseños con una eficiencia de radiación de $\eta_{RAD} = 90\%$. La antena propuesta está formada por una línea microstrip a la que se le han añadido dos filas de postes metálicos periódicos. Dichos postes permiten que la estructura se comporte como una guía SIW, además el control de la periodicidad de una de las filas permite que parte de la energía pueda ser radiada hacia el exterior y de esta forma se controle la tasa de radiación α . Por otro lado, la constante de fase β es controlada principalmente por la separación W que existe entre las filas de postes. Para demostrar la capacidad de controlar el diagrama de radiación, se han diseñado cinco prototipos a una frecuencia de 15 GHz en donde se ha variado el ángulo de apuntamiento ϑ_{RAD} y la anchura de haz $\Delta\vartheta$ de forma independiente.

Referencias

- [1] H. Ermert, "Guiding and radiation characteristics of planar waveguides," *Microwaves, Optics and Acoustics, IEE Journal on*, vol. 3, no. 2, pp. 59–62, Mar. 1979.
- [2] W. Menzel, "A new travelling wave antenna in microstrip," *Arch. Elektron. Uebertrag. Tech.*, vol. 33, pp. 137–140, April 1979.
- [3] A. A. Oliner and K. Lee, "Microstrip leaky wave strip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 24, pp. 443–446, Jun. 1986.
- [4] A.A. Oliner, "Leaky-wave antennas", in *Antenna Engineering Handbook*, 3rd ed, R.C. Johnson, Ed. New York, McGraw-Hill, 1993, Ch. 10.
- [5] J. L. Gómez, A. de la Torre, D. Cañete, M. Gugliemi, and A. A. Melcón, "Design of tapered leaky-wave antennas in hybrid waveguide-planar technology for millimeter wave band applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.: Special Issue on Antennas Propag. Applicat.*, pt. I, vol. 53, no. 7, pp. 2563–2577, Jul. 2005.
- [6] D. Deslandes and K. Wu, "Integrated microstrip and rectangular waveguide in planar form," *IEEE Microwave Wireless Compon. Lett.*, vol. 11, pp. 68–70, Feb. 2001.
- [7] W. Hong, B. Liu, G. Q. Luo, Q. H. Lai, J. F. Xu, Z. C. Hao, F. F. He, and X. X. Yin, "Integrated microwave and millimeter wave antennas based on SIW and HMSIW technology," in *Proc. IEEE Int. Workshop Antenna Tech. Small Smart Antennas Metamater. And Applicat.*, Mar. 2007, pp. 69–72, (iWAT07).
- [8] D. Deslandes and K. Wu, "Substrate integrated waveguide leaky-wave antenna: Concept and design considerations," in *Proc. Asia-Pacific Microw. Conf.*, Suzhou, China, 2005.
- [9] J.S. Radcliffe, G.A. Thiele, and G.M. Zelinski, "A Microstrip Leaky Wave Antenna and Its Properties", *Symposium of the Antenna Measurement Techniques Association*, Oct. 2004.
- [10] "Ansoft HFSS v11," <http://www.ansoft.com>, Palo Alto, CA, USA, 2007.