

Síntesis de Diagramas de Radiación de una Antena Leaky-Wave en Tecnología de Guía de Onda Integrada en Substrato

Alejandro Javier Martínez-Ros, José Antonio Lorente Acosta 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, josea.lorente@gmail.com, josel.gomez@upct.es

Resumen. En este trabajo se muestra como la síntesis de diagramas de radiación no convencionales pueden ser obtenidos con una novedosa antena leaky-wave (LWA), en tecnología de guía de onda integrada en sustrato (SIW). Dicha síntesis, se obtiene mediante la correcta modulación de la anchura entre filas W y la separación P de las vías que componen la SIW. De esta forma, se muestra como es posible obtener una variación no convencional de la constante de propagación compleja del modo leaky, que a su vez nos va a permitir sintetizar los diagramas de radiación deseados. Además, con el objetivo de demostrar dichas capacidades de control sobre el modo leaky, distintos diagramas de radiación de características exóticas han sido obtenidos en tecnología planar, preservando una óptima eficiencia de radiación para todos los diseños.

1. Introducción

Las antenas leaky-wave en tecnología *microstrip* (MLWAs), han recibido mucha atención al poseer la ventaja de combinar las características de las antenas planares (perfil bajo, bajo coste y simplicidad de integración con otros circuitos planares), con las de las antenas leaky (fácil alimentación, alta directividad y capacidad de escaneo en frecuencia) [1]. Además, la síntesis flexible de diagramas de radiación (incluyendo el control sobre el nivel de lóbulos secundarios [1] y técnicas más atípicas de modulación *taper* [2]) se puede lograr en LWAs mediante la correcta variación de la constante de propagación compleja del modo leaky a lo largo la longitud de la antena. Sin embargo, el control independiente de la constante de fase β y de la tasa de radiación α que componen el modo leaky ($k_z = \beta - j\alpha$), no se puede realizar en una MLWA convencional ya que solo la anchura de la línea es modulable y por tanto α y β varían de forma simultánea [1]. Recientemente en [3], [4], se ha propuesto una nueva LWA en tecnología planar, en el que a la línea *microstrip* se le han añadido dos filas de postes metálicos, de manera que en una de ellas los postes están suficientemente juntos para comportarse de forma similar a un conductor eléctrico perfecto (PEC), y en la segunda fila, la separación P entre postes permite que parte de la energía traspase dicha fila, comportándose por tanto como una superficie parcialmente reflectante (PRS). Esta configuración se puede considerar como una guía de onda integrada en sustrato (SIW), pero presentando la particularidad de permitir la radiación a través de la PRS, como se demuestra experimentalmente en [3]. A lo largo de este artículo, se exhibirá como esta novedosa estructura, permite sintetizar diagramas de radiación atípicos, mediante el control de una forma simultánea e independiente

de una amplia gama de valores de la constante de fase y de radiación del modo leaky, obtenidos a partir de la correcta selección del ancho W de la SIW y de la distancia P entre postes (ver Fig. 1).

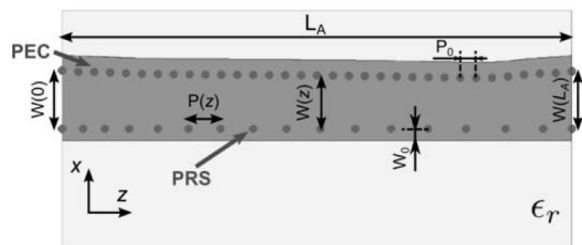


Fig. 1. Vista desde arriba de la LWA junto a sus principales parámetros geométricos.

2. Modulación del Modo Leaky en LWAs en Tecnología SIW

En este apartado, se muestra cómo la LWA diseñada en tecnología SIW permite sintetizar diagramas de radiación a medida, a través de la modulación de las dimensiones del circuito impreso. Para ello, se hace uso de una eficiente técnica de diseño basada en una sencilla red equivalente (TEN) de la sección transversal de la antena [5]. Como resultado, las dimensiones del circuito impreso (W y P) pueden ser obtenidas sistemáticamente para proporcionar la modulación solicitada de la tasa de radiación y de la constante de fase a lo largo de la longitud de la antena (dirección z en la Fig. 1). En las Figs. 4, 6 y 8 se muestran las correspondientes dimensiones del circuito impreso ($W(z)$ y $P(z)$) para diferentes diagramas de radiación, a la frecuencia de diseño de 15 GHz. En todos ellos, se ha utilizado un sustrato comercial Rogers RT-Duroid-5880 ($h = 0,508 \text{ mm}$, $\epsilon_r = 2,2$ y $\tan \delta = 0,0009$). Fig. 2 muestra el caso de una SIW LWA apuntando a $\vartheta_{RAD} = 30^\circ$, cuya

función de iluminación ha sido modulada para obtener una iluminación de amplitud de tipo coseno, para de esta forma reducir el nivel de lóbulos secundarios (SLL). Como puede verse en la Fig. 3, el SLL se reduce de -13 dB para el caso de la LWA sin taper, a los -26 dB cuando la tasa de radiación es adecuadamente modulada. Para tal fin, P debe ser variada desde $P = 2 \text{ mm}$ en los bordes de la antena (de manera que se obtiene una radiación muy baja) a $P = 7 \text{ mm}$ en la sección central de la LWA para proporcionar $\alpha/k_0 = 0,02$. La anchura W debe ser también modulada para mantener un ángulo de apuntamiento uniforme a 30° a lo largo de la longitud total de la antena, ya que de no ser así se obtendría una disminución de la directividad (ver Fig. 4).

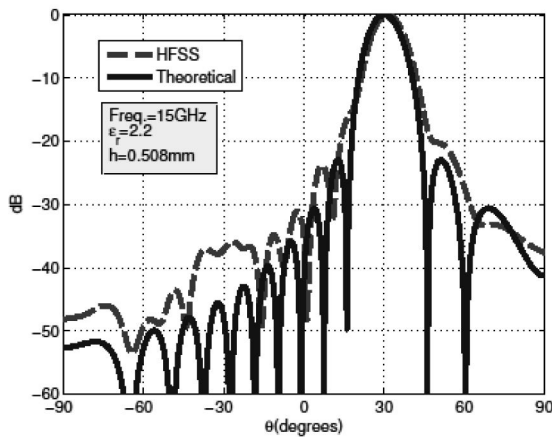


Fig. 2. Diagramas de radiación en el plano H para una LWA con iluminación tipo coseno.

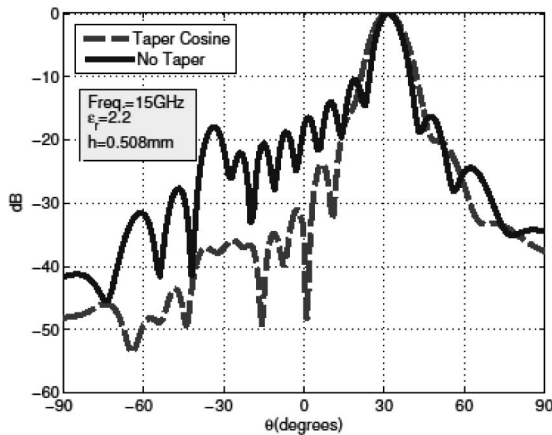


Fig. 3. Diagramas de radiación en el plano H para la LWA con y sin modulación en coseno.

Fig. 5 muestra el caso de una técnica de modulación más inusual, que permite obtener un diagrama de radiación *broadbeam* en la región angular $[10^\circ, 50^\circ]$, mientras se asegura al mismo tiempo un alto rechazo fuera de dicha región angular [2]. En este caso, W debe ser modificado desde $W = 3 \text{ mm}$ en la entrada de la LWA hasta $W = 5 \text{ mm}$ en el final, con el fin de variar la constante fase desde $\beta/k_0 = 0,1$ hasta $\beta/k_0 = 0,7$ que se corresponde con una variación equivalente en el ángulo de apuntamiento desde $\vartheta_{RAD} = 10^\circ$ hasta $\vartheta_{RAD} = 50^\circ$. Además, también se

puede apreciar como P es modulado para obtener una potencia radiada uniforme por unidad de ángulo en el intervalo angular mencionado (véase la Fig. 6).

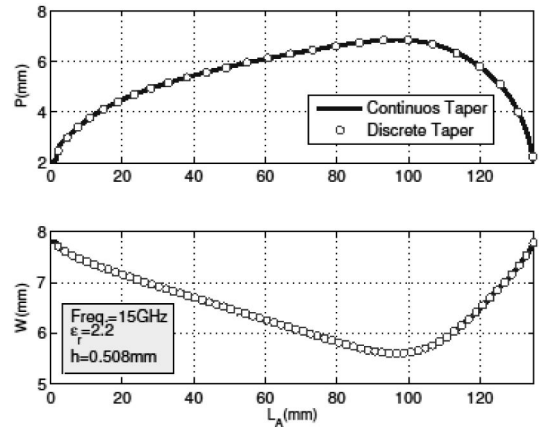


Fig. 4. Modulación de $W(z)$ y $P(z)$ para sintetizar una función de iluminación de amplitud coseno.

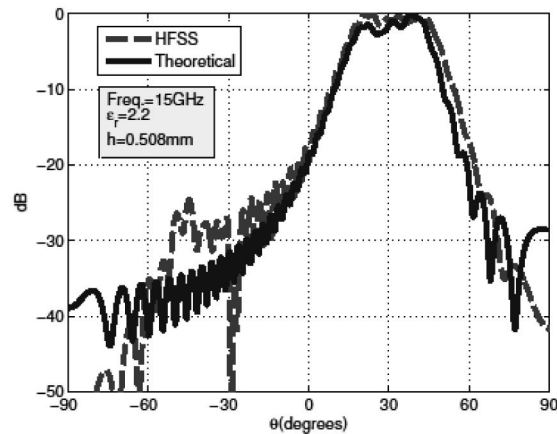


Fig. 5. Diagramas de radiación en el plano H para una LWA *broadbeam*.

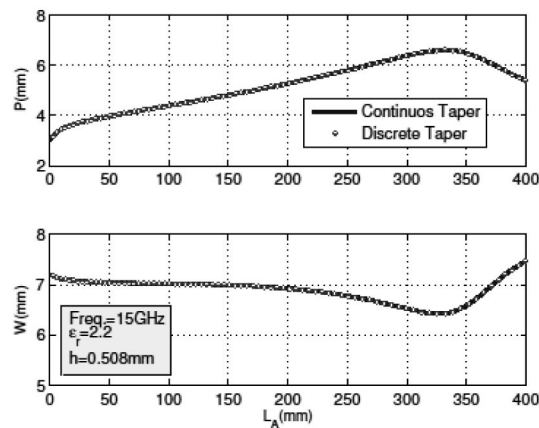


Fig. 6. Modulación de $W(z)$ y $P(z)$ para sintetizar un diagrama de radiación tipo *broadbeam*.

Finalmente, la Fig. 7 ilustra un diseño de una LWA que sintetiza un nulo de radiación en la región angular $[0^\circ, 10^\circ]$, como se describe en [2]. Con el fin de obtener esta radiación nula, sutiles variaciones de $W(z)$ y $P(z)$ son necesarios a lo largo de la longitud de la antena, como se muestra en la Fig. 8. No obstante,

estas variaciones son sintetizados de forma correcta, observando una muy buena concordancia entre los resultados teóricos y los simulados. Con el propósito de clarificar la influencia de este nulo sobre el diagrama de radiación, una comparativa entre un diseño *broadbeam* con y sin nulo de radiación se muestra en la Fig. 9. Cabe destacar que todas las LWA diseñadas, presentan un 90% de eficiencia de radiación.

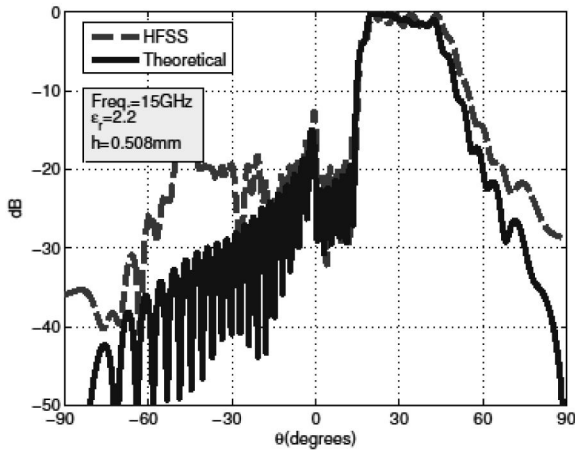


Fig. 7. Diagramas de radiación en el plano H para una LWA *broadbeam* con un nulo de radiación.

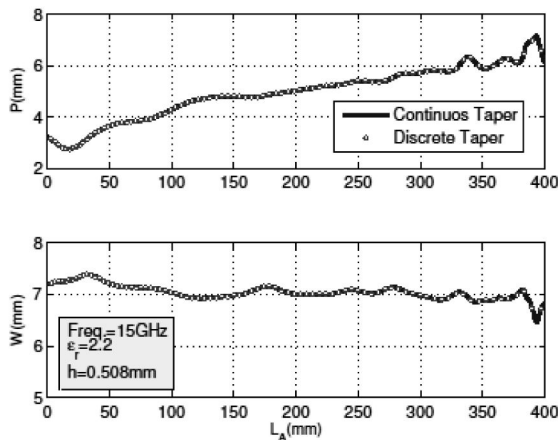


Fig. 8. Modulación de $W(z)$ y $P(z)$ para sintetizar un diagrama tipo *broadbeam* con nulo de radiación.

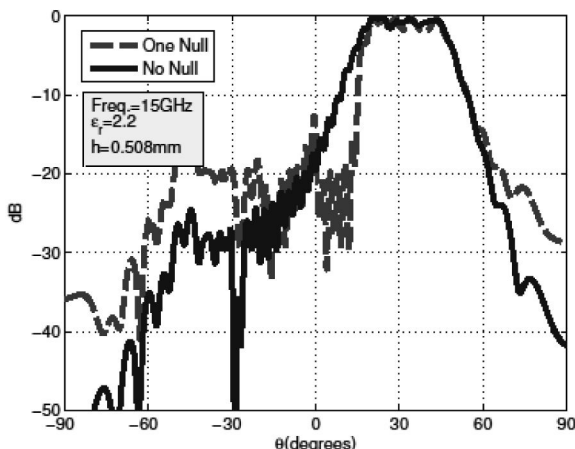


Fig. 9. Diagramas de radiación en el plano H para una LWA *broadbeam* con y sin nulo de radiación.

3. Conclusiones

Una síntesis flexible del diagrama de radiación en antenas *leaky-wave* (LWA), ha sido demostrada en tecnología de guía de onda integrada en sustrato (SIW). Mediante la modulación de la anchura W y de la distancia P entre las vías que conforman la SIW, se muestra cómo una inusual modulación de la constante de propagación compleja del modo *leaky* es eficientemente lograda. Con el objetivo de demostrar dicha versatilidad, varios ejemplos, como la reducción del nivel de lóbulo secundario (SLL), un diagrama de radiación tipo *broadbeam* y un diagrama tipo *broadbeam* con un nulo de radiación han sido diseñados para la frecuencia de operación de 15 GHz. Los parámetros geométricos de la antena necesarios para sintetizar correctamente el modo *leaky* modulado, han sido obtenidos mediante una técnica eficiente de resonancia transversa. Además, todos los diagramas de radiación han sido comparados con simulaciones obtenidas a través de simuladores comerciales de onda completa y muy buenas similitudes han sido obtenidas.

Referencias

- [1] A. A. Oliner, “Leakage from higher modes on microstrip line with application to antennas,” *Radio Sci.*, vol. 22, pp. 907–912, Nov. 1987.
- [2] J.-L. Gomez-Tornero, “Unusual tapering of leaky-wave radiators and their applications,” in *Proc. of the 5th European Conf. on Antennas and Propagation (EUCAP)*, Rome, Italy, Apr. 2011, pp. 821–824.
- [3] A. Martinez-Ros, J. Gomez-Tornero, and G. Goussetis, “Independent control of the leakage rate and pointing angle of a novel planar leaky-wave antenna,” in *Proc. of the 5th European Conf. on Antennas and Propagation (EUCAP)*, Rome, Italy, Apr. 2011, pp. 1919–1922.
- [4] A. Martinez-Ros, J. Gomez-Tornero, and G. Goussetis, “Planar leaky-wave antenna with flexible control of the complex propagation constant,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 3, pp. 1625–1630, Mar. 2012.
- [5] A. J. Martinez-Ros, J. L. Gomez-Tornero, F. Quesada-Pereira, and A. Alvarez-Melcon, “Transverse resonance analysis of a planar leaky wave antenna with flexible control of the complex propagation constant,” in *2011 IEEE Int. Symp. on Antennas and Propagation (APSURSI)*, Spokane, USA, 2011, pp. 1289–1292.