

# Bocina activa plano-H en tecnología SIW

Nuria Esparza, L.F. Herrán

nesparza@tsc.uniovi.es, herranluis@uniovi.es

<sup>(1)</sup> Dpto. de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, de Computadores y de Sistemas. Edif. Polivalente de Viesques, mod. 8, Campus Universitario s/n, 33203 Gijón (Asturias).

**Abstract-** This paper presents an H-plane active horn antenna based on SIW technology. The antenna is implemented in SBFSS-SIW by replacing top and bottom layers with FSS working in stop band. The return losses and the radiation pattern of the antenna are compared with its SIW counterpart showing very good agreement between them. The amplifiers are fully integrated within the SIW structure thanks to SBFSS-SIW technology which allows the compatibility between biased active devices and SIW. Results show 3 to 5 dB gain improvement in the H-plane and E-plane measurements.

## I. INTRODUCCIÓN

La tecnología SIW está teniendo un gran desarrollo desde que fue presentada. El interés está basado en la gran versatilidad y prestaciones que ofrece esta tecnología. La mayoría de los circuitos que se han implementado usando esta tecnología han sido elementos pasivos tales como filtros, acopladores, antenas, etc. todos ellos con un coste y tamaño reducido. La mayoría del esfuerzo que se ha llevado a cabo en este campo está concentrado en realizar circuitos multidimensionales para conseguir grandes densidades de integración [1]. A pesar de esto se han llevado a cabo pocos experimentos para integrar amplificadores en guías de onda SIW. En los experimentos que se han realizado, el amplificador no estaba completamente integrado en la estructura SIW sino que hacían la integración mediante una transición microstrip-SIW y posteriormente la integración se hacía en esta última tecnología [2]. Otra aproximación es el uso de modificaciones de la propia tecnología SIW aumentando el tamaño de la estructura completa [3]. En la literatura aparecen también algunos experimentos para implementar elementos activos en antenas SIW de parche siguiendo la misma estrategia del uso de transiciones SIW-microstrip [4].

En este trabajo se presenta una bocina plano-H activa en tecnología SIW con el amplificador completamente integrado dentro de la estructura SIW. Para realizar esto se utiliza tecnología SBFSS-SIW que reemplaza las capas superior e inferior por FSS que trabajan en su banda de rechazo. La implementación con esta tecnología mantiene las dimensiones de la estructura original intacta. Dicha tecnología también permite aislamiento entre DC y los planos de masa haciendo que la antena SIW sea completamente compatible con la alimentación de los amplificadores.

## II. DISEÑO DE LA ANTENA SBFSS

La antena que se ha tomado como referencia es una bocina sectorial plano-H con corrección de fase que opera en banda-X. La topología se presenta en la Fig. 1. Está basada en tecnología SIW de manera que las paredes laterales están compuestas por un conjunto de vías metalizadas [5]. La guía

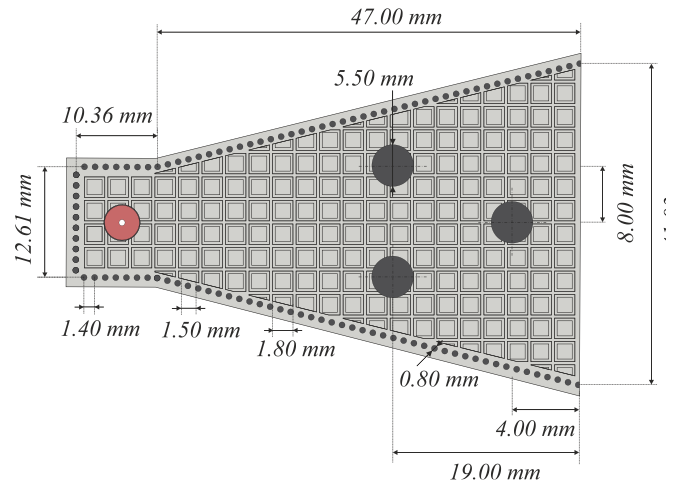


Fig. 1. Esquema de la antena con tecnología SBFSS propuesta.

de onda rectangular de alimentación, se comporta como una guía WR-90 rellena de dieléctrico preparada para propagar solamente el modo dominante  $TE_{10}$  en el rango de funcionamiento de la estructura. Para evitar radiación no deseada entre el conector y la propia guía, se ha usado una transición coaxial-guía de onda. Las dimensiones de la antena se han calculado usando las técnicas usuales para una bocina sectorial plano-H en guía de onda [6], pero se han incluido unos postes inductivos para dar rigidez mecánica a las tres capas y como correctores de fase [7]. Sus dimensiones y posiciones se han ajustado para conseguir la fase deseada en el problema a resolver. La capa metálica superior e inferior, se han reemplazado por FSS con celdas unidad cuadradas que tienen una banda de rechazo en el rango de operación de la antena y cuya banda de paso está situada al menos al doble de la frecuencia de operación para no perturbar el funcionamiento como bocina SIW [8]. Para calcular las dimensiones preliminares de la celda unidad se han utilizado las ecuaciones presentadas en [9] y sus dimensiones finales se han optimizado para obtener la respuesta en frecuencia deseada teniendo en cuenta las limitaciones del proceso de fabricación y el mínimo tamaño necesario para conectar los elementos activos en las capas metálicas de la antena. La antena se ha fabricado usando un substrato RO4003C de 60 mil de altura.

La comparativa entre las pérdidas de retorno de la antena convencional en SIW y la antena en SBFSS, incluyendo los efectos parásitos del conector coaxial se muestran en la Fig. 2. El rango de operación ( $|S_{11}| < -10$  dB) de ambas antenas es del orden de 200 MHz. En la gráfica se muestra un rango de funcionamiento algo mayor para mostrar el ligero desplazamiento en frecuencia que se produce debido a la introducción de las FSS en la estructura.

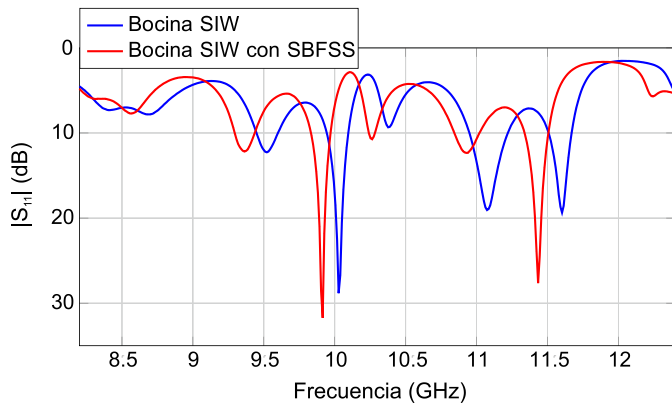


Fig. 2. Pérdidas de retorno medidas de la antenna SBFSS y la bocina SIW.

La distribución de campo eléctrico simulado asociado con el modo  $TE_{10}$  en el interior de la bocina SBFSS y de la bocina SIW se muestran en las Fig. 3(a) y Fig. 3(b) respectivamente. El campo se muestra a 10,3 GHz. Estos resultados muestran que ambas estructuras se comportan de manera similar y que la radiación a través de las FSS es prácticamente nula con lo que avalan la viabilidad de fabricación de bocinas sectoriales plano-H en tecnología SBFSS.

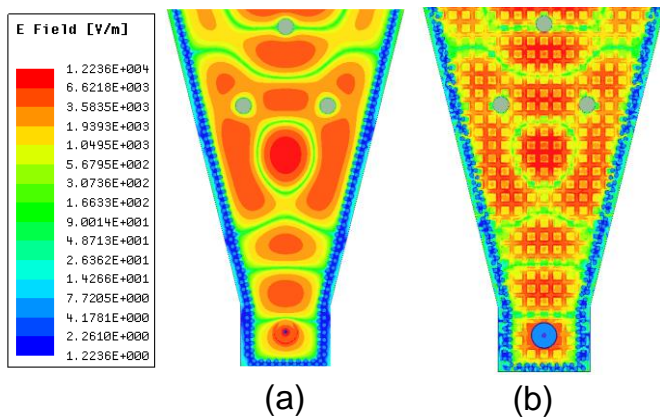


Fig. 3. Distribución de campo eléctrico simulado a 10,3 GHz en el interior de: (a) Bocina SIW y (b) Bocina SBFSS

### III. TOPOLOGÍA DE LA ANTENA ACTIVA Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para diseñar la antenna activa se ha partido de la estructura del apartado anterior ya que la celda unidad está eléctricamente desacoplada en DC haciendo que la estructura sea compatible con la alimentación de elementos activos en su superficie. Para obtener la máxima energía de la SIW e introducirla a los amplificadores se han utilizado dos taper que se comportarían de manera similar a los tapers SIW-microstrip pero con la salvedad de que al estar en el interior de la propia SIW, no producen discontinuidades y permiten la introducción de los amplificadores en la zona abocinada de la antenna. Estas estructuras concentran la energía alrededor del taper y la concentra en el elemento activo. La cantidad de energía que concentra el taper depende en gran medida de la posición en que se encuentre y el modo de propagación en la SIW. Por ejemplo, si los tapers están situados cerca del eje de simetría de la antenna y por la misma se está propagando el modo dominante, el taper tomará más energía que en el caso de que

los tapers estén cerca de las paredes metálicas de la estructura. Por este motivo la mejora de ganancia que se produzca en la antenna podrá ser distinta a la máxima ganancia del elemento activo que se introduzca como consecuencia de la posición del taper. Sin embargo, la modificación de la posición de los elementos activos en determinadas zonas de la antenna, podrían utilizarse para modificar el diagrama de radiación de la antenna como consecuencia de un efecto de amplificación y variación de fase localmente localizado en el taper. Como en cualquier estructura donde se tengan varios amplificadores conectados en paralelo, para que el rendimiento del elemento conjunto sea el óptimo, los elementos deben ser idénticos para garantizar un comportamiento lo más simétrico posible. La estructura propuesta, mostrada en la Fig. 4, está formada por cuatro amplificadores divididos en dos niveles. Los amplificadores no están situados en la zona de máximo campo así que la ganancia esperable será menor que la máxima ganancia que puedan proporcionar los elementos activos implementados. Esta disposición se ha elegido de esta manera porque el objetivo de la antenna no es conseguir la máxima ganancia sino demostrar la viabilidad de este tipo de estructuras.

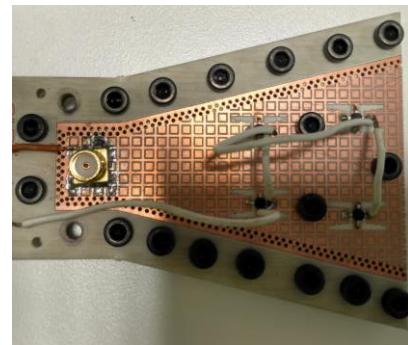


Fig. 4. Fotografía de la bocina activa implementada

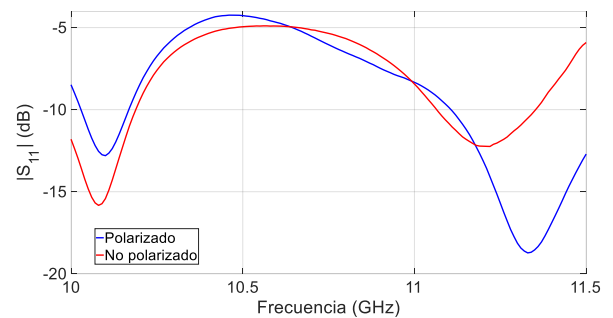


Fig. 5. Medida de las pérdidas de retorno de la antenna activa.

Las pérdidas de retorno de la antenna activa se muestran en la Fig. 5. La representación está realizada dentro del rango donde se han medido los diagramas de radiación porque es la zona de funcionamiento óptimo del elemento activo que se ha utilizado. Las pérdidas de retorno entre la antenna polarizada y la no polarizada son bastante similares y se ve que varían con respecto a la de la antenna sola (Fig. 2). Por este motivo en el diseño de la estructura completa habrá que tener en cuenta este efecto. Las pérdidas de retorno no son especialmente buenas en el rango de funcionamiento. Esto es debido a que las bocinas sectoriales implementadas en SIW no tienen buenas pérdidas de retorno. Si se quisiera mejorar se podrían aplicar las técnicas mostradas en [10].

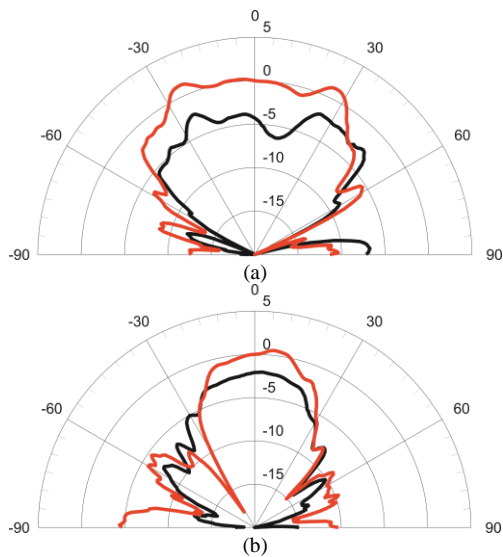


Fig. 6. Diagrama de radiación plano-H. Línea roja: amplificadores polarizados. Línea negra: amplificadores no polarizados. (a) 10,25 GHz. (b) 11,5 GHz.

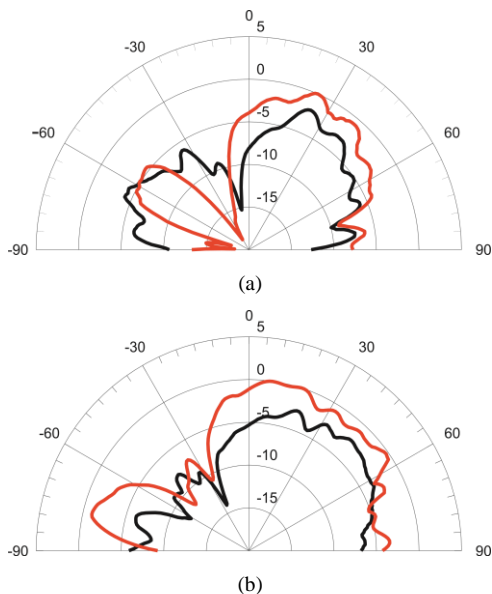


Fig. 7. Diagrama de radiación plano-E. Línea roja: amplificadores polarizados. Línea negra: amplificadores no polarizados. (a) 10,25 GHz. (b) 11,5 GHz.

Los diagramas de radiación se muestran en la Fig. 6 y la Fig. 7. Ambos diagramas de radiación están medidos en dos condiciones de polarización de los amplificadores: polarizados y sin polarizar. Todos los diagramas de radiación están normalizados al valor máximo cuando la antena está polarizada. Como se puede ver la forma del diagrama de radiación no es el típico que se podría esperar de una antena de este tipo. Esto es debido a tres factores principalmente. El primero es la utilización de los postes inductivos para la variación de la fase. El segundo es un pequeño desalineamiento entre las capas que conforman la antena. El tercer motivo es el uso de amplificadores que varían el campo en el interior de la antena. Dependiendo de la frecuencia que se considere la mejora de la ganancia que se produce es de 3 a 5 dB. Como se ha explicado anteriormente, los amplificadores no están situados en la zona de máxima energía de manera que solamente toman una pequeña porción del total de la energía que fluye por la guía. Para este caso en particular la máxima

mejora de ganancia está en torno a 8 dB. Sin embargo, los resultados demuestran que se pueden implementar antenas activas en SIW y que la ganancia total dependerá de la posición de los elementos activos

#### IV. CONCLUSIONES

Se ha presentado una antena activa multicapa en tecnología SIW. Para añadir elementos activos en la parte superior de la antena, se ha reemplazado la capa metálica por una FSS que opera en su banda de rechazo, permitiendo compatibilidad con elementos que necesitan ser polarizados. Los resultados demuestran que las adiciones de amplificadores a la estructura mantienen prácticamente sin alterar las pérdidas de retorno. La estructura propuesta incrementa la ganancia total de la antena. Dicho incremento de ganancia, dependerá del número de amplificadores y de la posición de los mismos. Los resultados demuestran la viabilidad de implementar bocinas sectoriales plano-H activas.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad a través del proyecto TEC2017-86619-R.

#### REFERENCIAS

- [1] Ali Doghri et al., "Multi-dimensional substrate integrated waveguide for high density integration", *2015 Global Symposium on Millimeter waves (GSM)*, May 2015.
- [2] M. Abdolhamidi et al., "X-Band substrate integrated waveguide amplifier", *IEEE microwave and wireless components letters*, vol. 18, no12, December 2008.
- [3] K.W. Eccleston, "Corrugated Substrate Integrated Waveguide distributed Amplifier", *Asia Pacific Microwaves conference*, 2012.
- [4] F. Giuppi et al., "Active substrate integrated waveguide (SIW) antenna with phase-shifterless beam-scanning capabilities", *International IEEE MTT-S*, 2012.
- [5] Bozzi, M. et al., "Review of substrate-integrated waveguide circuits and antennas", *Microwaves, Antennas & Propagation, IET*, Vol. 5, 909-920, 2011.
- [6] Balanis, C., *Antenna Theory-Analysis and Design*, John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [7] Wang, L. et al, "Phase corrected substrate integrated waveguide H-plane horn antenna with embedded metal-via arrays", *IEEE trans. on Antennas and Propagation*, vol. 62, 1854-1861, 2014.
- [8] N. Esparza et al., "Substrate Integrated Waveguides Structures using Frequency Selective Surfaces Operating in Stop-Band (SBFSS-SIW)", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 2016.
- [9] B.A. Munk, *Frequency Selective Surfaces*, N.Y. Wiley Ed. 2000.
- [10] M.Esquis-Morote et al., "A printed transition for matching improvement of SIW Horn Antennas", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 61, no.4, pp. 1923-1930, April 2013.