HAL
open science

Transition large bande entre un SIW et un demi-SIW (HMSIW) utilisant de l'air comme diélectrique

Isaac Silva Sousa Lima, F Parment, A Ghiotto, T.-P Vuong, K Wu

To cite this version:

Isaac Silva Sousa Lima, F Parment, A Ghiotto, T.-P Vuong, K Wu. Transition large bande entre un SIW et un demi-SIW (HMSIW) utilisant de l'air comme diélectrique. Assemblée Générale GDR Ondes "Interférences d'ondes", Oct 2015, Lyon, France. hal-01345731

HAL Id: hal-01345731

https://hal.science/hal-01345731v1

Submitted on 20 Jul 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Transition large bande entre un SIW et un demi-SIW (HMSIW) utilisant de l'air comme diélectrique

I. S. S. Lima[1], F. Parment[1], A. Ghiotto[2], T.-P. Vuong[1], K. Wu[3]
[1] : *Laboratoire IMEP – LAHC, UMR 5130 INPG-UJF-CNRS, 38016 Grenoble, France*
[2] : *Université de Bordeaux, Laboratoire IMS, CNRS UMR 5218, IPB, 33405 Talence, France*
[3] : *Poly-Grames Research Center, École Polytechnique de Montréal, QC, Canada, H3T 1J4*
isaac.silva@imep.grenoble-inp.fr

Résumé

Ce papier présente une transition large bande entre un guide d'onde dans le substrat (SIW) et un demi-mode SIW (HMSIW) remplir d'air. Avec un design compact, la transition a obtenu de bons résultats lors des mesures. En utilisant des techniques de circuit imprimé, une structure multicouche a été fabriquée et caractérisée, validant le potentiel de cette transition. Le prototype, réalisé sur du substrat RT/Duroid ROGERS 6002 (ε_r = 2,94), a été divisé en quatre parties: la transition CBCPW à SIW, le SIW classique, la transition SIW à HMSIW et enfin le HMSIW remplir d'air. Le dispositif obtient une adaptation inférieure à -15 dB et des pertes d'insertion plus petites que 1,2 dB pour toute la gamme de fréquence en bande Ka (26 GHz à 40 GHz).

1. Introduction

Ces dernières années des guides d'ondes intégrés au substrat (GIS - mieux connu sous son acronyme anglais "SIW" pour *substrate integraded waveguide*) ont acquis une grande notoriété de la part de la communauté scientifique grâce à ses bonnes performances en termes de faibles pertes et de son facteur de qualité relativement élevé [1]. Différents dispositifs ont été développés avec la technologie SIW : des guides d'ondes simples, des filtres et des antennes pour les fréquences millimétriques [2]-[4].

Il y a aussi quelques variantes par rapport à la structure du SIW classique pour certaines applications spécifiques comme le cas du demi-mode SIW (connu sous son acronyme anglais "HMSIW" pour *half mode substrate integraded waveguide*) [5]. Sa largeur est un peu plus grande que la moitié d'un SIW classique et dispose approximativement des mêmes propriétés. Comme c'est une structure ouverte, il peut être une alternative optimale pour le développement d'antennes [6].

Basé sur ces arguments, le présent document propose une transition compacte large bande entre un SIW rempli de diélectrique et HMSIW rempli d'air.

2. Moyen mode SIW rempli d'air

Le HMSIW est une structure multicouche, illustré sur la Fig. 2. Les couches supérieure et inférieure peuvent être constituées d'un substrat à faible coût, comme du FR4. Pour le substrat interne, un substrat à faible perte est préféré comme le ROGERS 6002 *(ε_r = 2,94).*

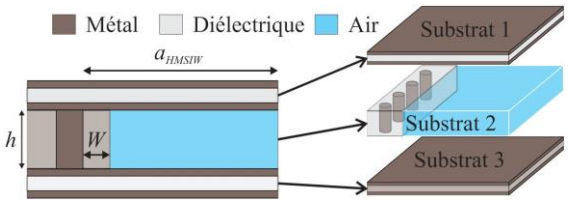

Figure 1. HMSIW rempli d'air sur une vue en coupe transversale avec une représentation des différentes couches.

Pour des raisons liées aux propriétés mécaniques de la structure, un morceau de diélectrique de largeur *W* (*W* > 0,254 mm en raison des règles de processus de fabrication) doit rester le long de la paroi métallique latérale du HMSIW. L'impact des morceaux de diélectriques restant est négligeable, car le champ électrique du mode $TE_{0.5,0}$ est faible dans cette région [2].

La fréquence d'opération du HMSIW correspond à 1,25 fois la fréquence de coupure f_c pour éviter des phénomènes de dispersion. Pour déterminer la f_c, l'équation caractéristique donnant la fréquence de coupure en fonction de la géométrie de la structure est extraite de la théorie des guides d'onde rectangulaires classiques. Cette équation simplifiée pour le mode de propagation en HMSIW est écrit en (1).

$$f_{c_{0.5,0}} = \frac{c}{4\pi\sqrt{\varepsilon_r}} \frac{1}{a_{HMSIW}} . \qquad (1)$$

3. Transition large bande

La transition consiste en l'insertion d'une pointe en diélectrique fonctionnant comme une antenne au milieu du substrat de faible constante diélectrique. Dans le cas de la transition d'un SIW rempli de diélectrique à HMSIW rempli d'air, la sonde est insérée à une distance a_{HMSIW} des vias conducteurs tel qu'illustré à la Fig. 2.

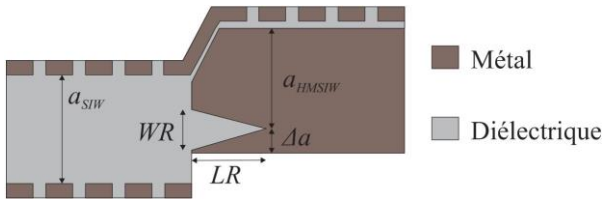

Figure 2. Schéma de la transition entre un SIW rempli de diélectrique et un HMSIW rempli d'air.

Les dimensions de la pointe sont définies par les variables *LR* et *WR* et peuvent être calculées à partir des équations issues de [7]:

$$LR \approx \left(1-\frac{\sqrt{\varepsilon_0}}{\sqrt{\varepsilon_r}}\right)\times\frac{\lambda_0}{z}, \quad (2)$$

$$WR \approx \frac{\lambda_0}{4}\left(\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0}}-\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}}\right), \quad (3)$$

où λ_0 est la longueur d'onde de la fréquence de coupure et ε_0 est la permittivité du vide.

Afin de réduire les pertes d'insertion dans le HMSIW, la valeur de Δa peut être modifiée pour obtenir la réponse désirée pour une meilleure adaptation.

4. Résultats

Basé sur les procédures de conception décrite précédemment, un prototype a été réalisé en bande KA. Il s'agit d'une structure multicouche et utilisant le processus des PCBs classiques. Les substrats 1 et 3, tel que montré à la Fig. 1, peuvent être fabriqués avec un substrat diélectrique de faible coût comme FR-4. Le substrat 2 utilise Rogers RT/Duroid 6002 avec une épaisseur h = 0,508 mm et une constante diélectrique ε_r = 2,94. Les paramètres du prototype calculés sont: a_{SIW} = 4,16 mm, a_{HMSIW} = 3,535 mm, Δa = 1,23 mm, *WR* = 1,43 mm and *LR* = 2,94 mm.

Une photo du substrat 2 est donnée à la Fig. 3. Cette figure montre que le prototype est divisé en quatre parties: CBCPW à SIW transition (I), le SIW classique (II), le SIW à HMSIW transition (III) et enfin le HMSIW (IV).

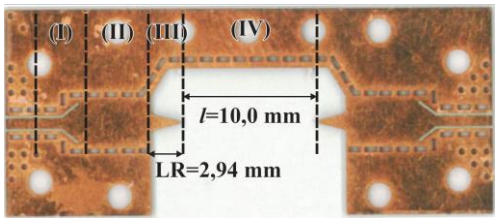

Figure 3. Photo du substrat 2 et les différentes parties: CBCPW à SIW transition (I), le SIW classique (II), le SIW à HMSIW transition (III) et enfin le HMSIW (IV).

La Fig. 4. montre une photo du prototype assemblé avec les autres couches. La longueur totale du prototype est de 36,5 mm et sa largeur est de 15,5 mm.

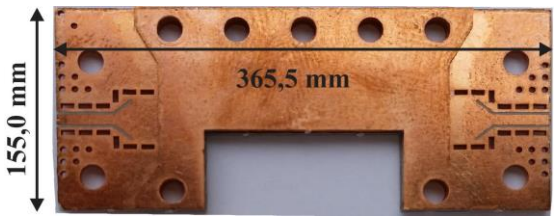

Figure 4. Photo du prototype assemblé.

Les mesures de la transition ont été effectuées sur un analyseur de réseau vectoriel (VNA) et en utilisant un kit de calibrage TRL pour éliminer les effets des connecteurs et de la transition de CBCPW au SIW. La comparaison entre les résultats simulés et mesurés est montrée dans la Fig. 5.

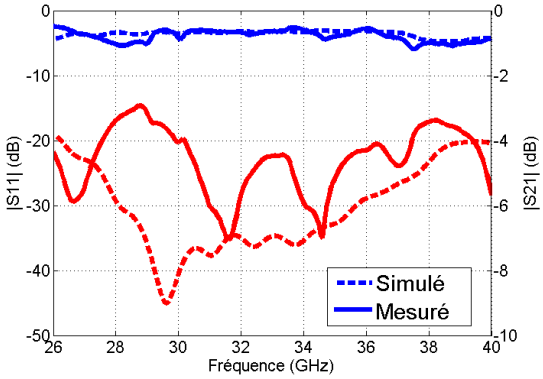

Figure 5. Comparaison entre les résultats mesurés et simulés.

Tous les résultats, mesurés et simulés, sont relativement proches. Dans les deux cas, les pertes d'insertion sont de 1,2 dB et l'adaptation |S11| est inférieure à -15 dB sur toute la bande Ka. Ceci démontre le potentiel de la transition.

5. Conclusion

Dans ce papier, une transition SIW à HMSIW a été démontrée avec des résultats expérimentaux et simulés. Une procédure de conception d'une telle transition a été décrite avec de la théorie. Les résultats montrent un bon potentiel pour la compacité et les faibles pertes pour ce type de transition.

6. Bibliographie

[1] D . Deslandes, K. Wu, "Single-substrate integration technique of planar circuits and waveguide filters," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 51, no. 2, pp. 593-596, Feb. 2003.

[2] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Broadband transition from dielectric-filled to air-filled substrate integrated waveguide for low loss and high power handling millimeter-wave substrate integrated circuits," in Proc. IEEE MTT-S Int. Microw. Symp., pp. 1-4, Jun. 2014.

[3] F. Parment, A. Ghiotto, T.P. Vuong, J.M. Duchamp, and K. Wu, "Air-filled substrate integrated waveguide for low loss and high power handling millimeter-wave substrate integrated circuits," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 63, no. 4, pp. 1228-1238, Apr. 2015.

[4] A. Niembro-Martin, V. Nasserddine, E. Pistono, H. Issa, A.-L. Franc, T.-P. Vuong, and P. Ferrari, "Slow-wave substrate integrated waveguide," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 62, no. 8, pp. 1625-1633, Aug. 2014.

[5] Q. Lai, C. Fumeaux, W. Hong, and R. Vahldieck, "Characterization of the propagation properties of the half-mode substrate integrated waveguide," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 57, no. 8, pp. 1996-2004, Aug. 2009.

[6] S. A. Razavi, M. H. Neshati, "Design investigation of a leaky wave antenna using HMSIW technique," in Proc. Sixth International Symposium on Telecommunications (IST), pp. 29-32, 6-8 Nov. 2012.

[7] N. Ghassemi, I. Boudreau, D. Deslandes, and K. Wu, "Millimeter-wave broadband transition of substrate integrated waveguide on high-to-low dielectric constant substrates," IEEE Trans. on Compon., Packag. and Manufactur. Tech., vol. 3, no. 10, pp. 1764-1770, Oct. 2013.