



HAL
open science

Réseau d'antennes à fentes SIW-creux en bande Ka

Frédéric Parment, Anthony Ghiotto, Tan-Phu Vuong, Jean-Marc Duchamp,
Ke Wu

► **To cite this version:**

Frédéric Parment, Anthony Ghiotto, Tan-Phu Vuong, Jean-Marc Duchamp, Ke Wu. Réseau d'antennes à fentes SIW-creux en bande Ka. XXèmes Journées Nationales Microondes, May 2017, Saint-Malo, France. hal-01525541

HAL Id: hal-01525541

<https://hal.science/hal-01525541>

Submitted on 21 May 2017

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.

Réseau d'antennes à fentes SIW-creux en bande Ka

Frédéric Parment¹, Anthony Ghiotto², Tan-Phu Vuong¹, Jean-Marc Duchamp¹, Ke Wu³

¹ Univ. Grenoble-Alpes, IMEP-LAHC, UMR 5130 INPG-UJF-CNRS, Grenoble, France

² Univ. Bordeaux, Bordeaux INP, CNRS, IMS, UMR 5218, F-33400, Talence, France

³ Centre de recherche Poly-Grames, École Polytechnique de Montréal, QC, Canada, H3T 1J4

Résumé – Un réseau d'antennes à fentes en Guide d'onde Intégré au Substrat creux (SIW creux) basé sur le processus de fabrication des circuits imprimés multicouches est proposé dans ce papier. Pour des raisons de comparaison et de démonstration, deux antennes à réseau de fentes 1x4 en SIW creux et SIW standard ont été fabriquées et mesurées à 30,5 GHz. L'antenne en SIW creux présentée dans ce papier atteint une réduction de la largeur de faisceau à mi-puissance (HPBW) de 44% pour le plan E et de 18% pour le plan H. Avec une amélioration de l'efficacité de rayonnement simulée de 1,6%, et du gain mesuré de 3,5 dB, l'antenne en SIW creux améliore substantiellement les performances. Cette antenne démontre le potentiel pour la conception de réseau d'antennes efficace en technologie SIW creux.

1. Introduction

Une des façons les plus répandues pour implémenter des antennes dans des guides d'onde rectangulaire est d'ouvrir la structure par des fentes rectangulaires espacées de façon périodique. Cette structure est connue comme une antenne à fentes. Nombre de papier publié référence de telle structure basée sur un guide d'onde en plan H [1]. Plus récemment, des essais ont été réalisés en utilisant la technologie SIW [2]. Néanmoins pour des applications nécessitant de hautes performances, une alternative au SIW est désirée. Ainsi, ces dernières années, afin d'offrir une alternative intégrée avec aussi peu de pertes, la technologie Guide d'onde Intégré au Substrat creux (AFSIW ou SIW creux) a été présentée [3]. Dans l'objectif de démontrer le potentiel de la technologie AFSIW pour des antennes, une antenne à fentes basée sur cette technologie est proposée. La conception de cette antenne opérant en bande Ka en SIW et AFSIW est introduite et les mesures des deux antennes sont données.

2. Structure SIW creux

Le SIW creux est basé sur la technologie des circuits imprimés multicouches [4]. Cette structure est illustrée à la Figure 1. Cette topologie récente de SIW nécessite 3 couches. Les substrats 1 et 3 servent à fermer la structure et à maintenir les conditions aux limites comme dans un

SIW standard. La partie contenant le SIW creux est insérée dans le substrat 2. La découpe de cette partie se fait par micro-usinage laser ainsi que le perçage des vias. Comme le champ électrique du mode fondamental TE₁₀ est majoritairement contenu au centre du guide, ceci permet de créer une ligne de transmission avec de faibles pertes et une meilleure tenue en puissance. Pour permettre la métallisation des vias, des parois diélectriques de largeur w sont gardées de chaque côté du SIW creux ($w \geq 0.254 \mu\text{m}$ en utilisant le processus de fabrication disponible au Centre de Recherche Poly-Grames).

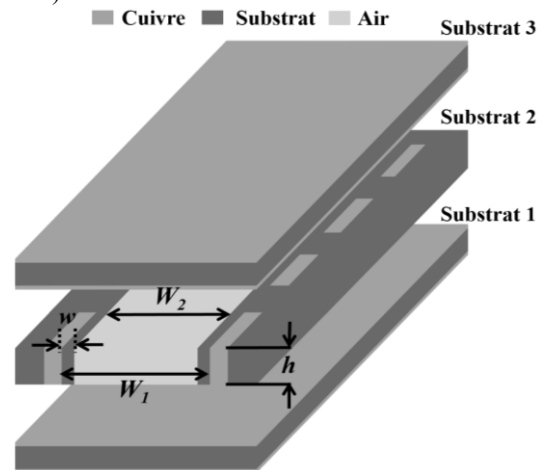


Figure 1. Structure du SIW creux.

3. Structure et mesures des antennes

Comme la ligne AFSIW est plus proche d'un guide d'onde, l'antenne en AFSIW est présentée en première. La modélisation de ce type d'antenne en guide d'onde a été d'abord étudiée par R. S. Elliot in [5] and A. F. Stevenson in [6]. Récemment, ces équations ont été simplifiées et présentées par [7] et [8]. Ainsi, en implémentant ces formulations, et en négligeant l'influence des parois diélectriques de l'AFSIW, il est possible de concevoir théoriquement ce type d'antenne en AFSIW. En effet, il a été montré dans [9] que l'influence de ces parois diélectrique est négligeable car peu de champ électrique y circule.

La structure de l'antenne en AFSIW est montrée à la Figure 2(a). La partie antennaire est composée de 4

fentes, fabriquées par une découpe au laser et ensuite métallisées, et ce sur la couche supérieure. De façon générale, la dernière fente est placée à une distance $\lambda_g/4$ du court-circuit, et la distance entre deux fentes est d'environ $\lambda_g/2$.

La ligne d'alimentation en AFSIW est composée de 3 couches Rogers 6002 avec une épaisseur de 0,508 mm. La forme de l'antenne est en « H » de façon à éviter une inclinaison due à une non-symétrie géométrique de la partie alimentant l'antenne, mais aussi des trous d'alignement diagonalement opposés utilisés pour l'assemblage des trois couches de l'antenne AFSIW comme illustré à la Figure 3. En tenant compte des équations provenant de [7] et [8], et en tenant compte des spécificités liées à la fabrication, les dimensions peuvent être obtenues théoriquement et par optimisation, voir Figure 2(a).

L'antenne de référence en SIW est très similaire à celle réalisée en AFSIW. Un schéma est donné à la Figure 2(b). Les fentes sont, cette fois-ci, gravées chimiquement. Basées sur une approche théorique assez similaire que pour l'antenne AFSIW, les dimensions de l'antenne SIW peuvent en être déduites. Pour des raisons de comparaison, la forme du plan de masse en « H » est maintenue.

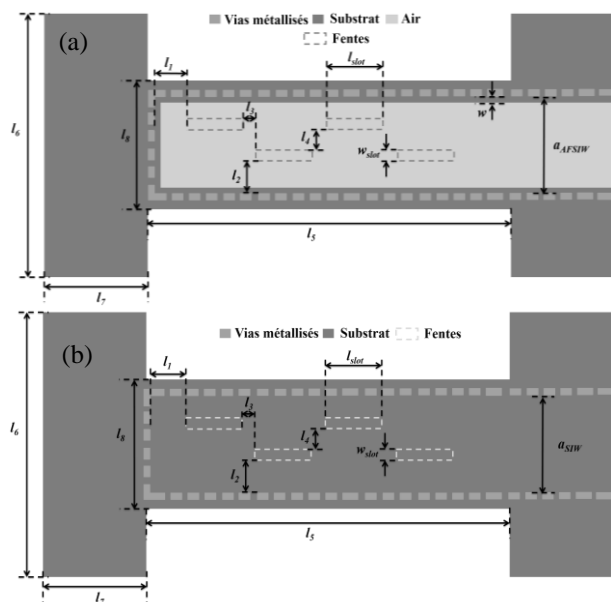


Figure 2. Structure de l'antenne à fentes en (a) SIW creux ($a_{AFSIW}=7,04$, $w=0,508$, $w_{slot}=0,54$, $l_{slot}=4,91$, $l_1=2,52$, $l_2=2,73$, $l_3=1,03$, $l_4=0,51$, $l_5=31,58$, $l_6=17$, $l_7=12,1$, $l_8=6,61$ en mm) et (b) SIW ($a_{SIW}=4,11$, $w_{slot}=0,7$, $l_{slot}=3,2$, $l_1=0,42$, $l_2=1,3$, $l_3=0,16$, $l_4=0,16$, $l_5=20,383$, $l_6=17$, $l_7=12,1$, $l_8=10,8$ en mm).

Une photo des antennes à fentes fabriquées est donnée à la Figure 3(a) et 3(b) pour la technologie AFSIW, et 3(c) pour celle en SIW. L'adaptation ($|S_{11}|$) de chaque antenne a été mesurée en utilisant un kit de calibration qui enlève l'effet de toutes les transitions et connecteurs nécessaires pour la mesure. Les plans de référence sont montrés à la Figure 3.

Ainsi, sur la Figure 4(a) et (b), on peut voir une bande passante mesurée à -10 dB (et la fréquence centrale) de 1,12 GHz (30,63 GHz) pour l'antenne SIW, et de 2,64 GHz (29,86 GHz) pour l'antenne en AFSIW. La légère différence observée entre la fréquence de résonance simulée et mesurée est inférieure à 1%.

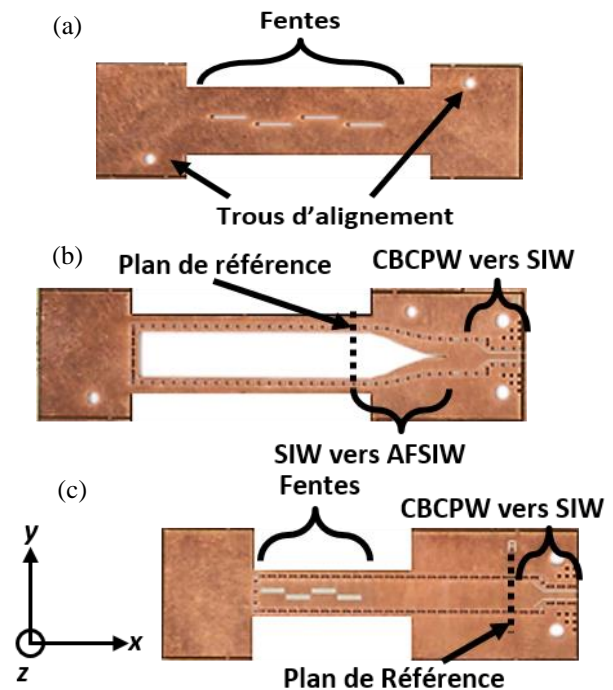


Figure 3. Prototypes fabriqués AFSIW et SIW : Couches du dessus (a) et intérieures (b) du AFSIW, et (c) l'antenne en SIW.

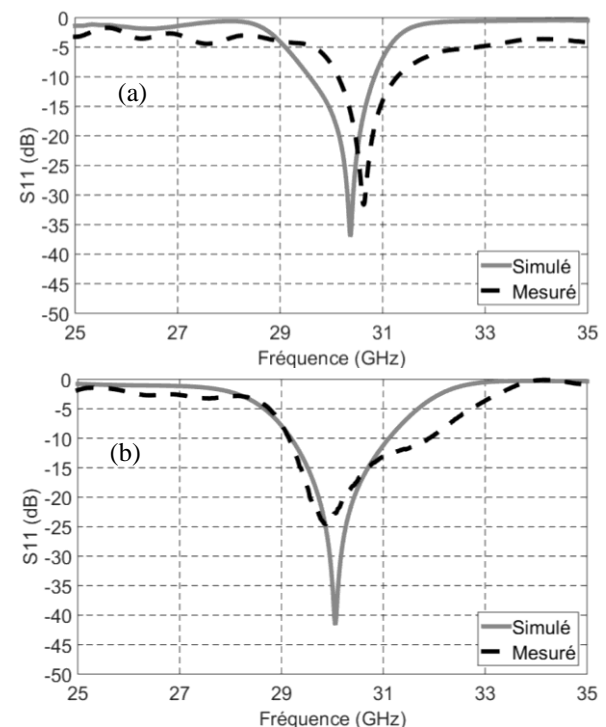


Figure 4. $|S_{11}|$ mesuré et simulé pour l'antenne (a) SIW et (b) AFSIW.

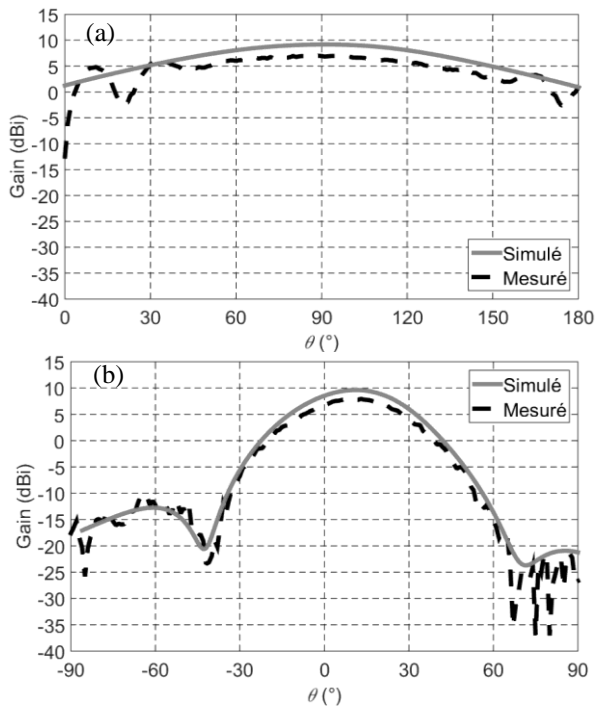


Figure 5. Gain de l'antenne SIW : (a) plan E, (b) H.

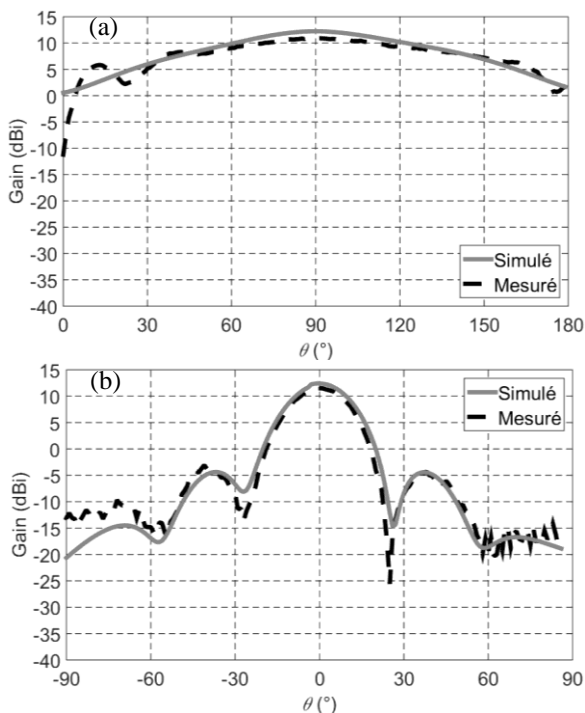


Figure 6. Gain de l'antenne AFSIW: (a) plan E, (b) H.

Les diagrammes de rayonnement en plan E (plan-xy) et en plan H (plan-yz) sont donnés à la Figure 5(a) et (b) pour l'antenne SIW, et la Figure 6(a) et (b) pour celle en AFSIW. Les gains mesurés sont de 7,98 et 11,5 dBi à 30,5 GHz pour l'antenne SIW et AFSIW respectivement. La simulation de l'efficacité de radiation à 30,5 GHz pour l'antenne SIW donne un résultat de 95,8% et pour celle en AFSIW de 97,4%. Ainsi, à 30,5 GHz, la version AFSIW permet une augmentation du gain et l'efficacité de radiation de 3,5 dB et 1,6% respectivement. Les performances des deux antennes sont comparées dans le

Tableau 1. L'antenne en SIW creux dispose d'une bande-passante à -10 dB deux fois plus grande que celle en SIW. L'antenne SIW creux fournit aussi un HPBW plus étroit, ce qui se traduit par un gain plus élevé. Enfin par la réduction des pertes diélectriques, liée à l'utilisation du SIW creux, une meilleure efficacité de radiation est atteinte. En effet, dans la fabrication de l'antenne SIW creux, le diélectrique entre les deux parties antennaires est tout simplement enlevé améliorant les performances de l'antenne.

*à 30.5 GHz	Antenne SIW	Antenne SIW creux	Unité
Mesure BP à -10 dB	1.12	2.64	GHz
	3.7	8.7	
Mesure HPBW en plan E*	114	93	°
Mesure HPBW en plan H*	36	20	°
Efficacité de radiation simulée*	95.8	97.4	%
Gain mesuré*	7.98	11.5	dBi

Tableau 1. Comparaison des performances entre les antennes SIW creux et SIW standard.

4. Conclusion

Dans ce papier, une antenne à fentes basée sur la technologie AFSIW a été reportée pour la première fois. Les résultats mesurés ont montré une amélioration du gain et de l'efficacité de radiation comparée à l'antenne de référence SIW, due à un faisceau plus étroit et une diminution légère des pertes. Cette structure à faible coût et faibles pertes est pressentie pour être déployée dans les systèmes millimétriques à haute performance.

Références

- [1] D. J. Kim and J. H. Lee "Compact resonant slot array antenna using partial H-plane waveguide", *IEEE Anten. and Wire. Propa. Letters*, 2010, 9, pp. 530-533.
- [2] Li Yan, Wei Hong, Guang Hua, Jixin Chen, Ke Wu and Tie Jun Cui, "Simulation and experiment on SIW slot array antennas," in *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 14, no. 9, pp. 446-448, Sept. 2004.
- [3] 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," *2014 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS2014)*, Tampa, FL, 2014, pp. 1-3.
- [4] 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. on Micro. Theory and Tech.*, 2015, 63, (4), pp. 1228-1238.
- [5] G. Stern and R. Elliott, "Resonant length of longitudinal slots and validity of circuit representation: Theory and experiment," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 33, no. 11, pp. 1264-1271, Nov 1985.
- [6] A. F. Stevenson, "Theory of slots in rectangular waveguide," *Journal of Applied Physics*, vol. 19, no. 2, pp. 24-38, 1948.

- [7] F. Qingyuan, S. Lizhong, and J. Ming, "Design and simulation of a waveguide slot antenna", 5th Global Symposium on Millimeter Waves (GSMM), 2012, pp. 131-134.
- [8] H. M. El Misilmani, M. Al-Husseini and K. Y. Kabalan, "Design of slotted waveguide antennas with low sidelobes for high power microwave applications", Progress In Electromagnetics Research C, 2015, 56, pp. 15-28.
- [9] A. Ghiotto; F. Parment; T. P. Vuong; K. Wu, "Millimeter-Wave Air-Filled SIW Antipodal Linearly Tapered Slot Antenna," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters , vol.PP, no.99, pp.1-1.