



HAL
open science

Transition PCB/guide d'onde ridgé par cavité SIW

Gwendal Cochet, Anne-Charlotte Amiaud, J Ph Coupez, Alexandre Manchec,
Thomas Merlet, Christian Person, Cédric Quendo

► **To cite this version:**

Gwendal Cochet, Anne-Charlotte Amiaud, J Ph Coupez, Alexandre Manchec, Thomas Merlet, et al.. Transition PCB/guide d'onde ridgé par cavité SIW. XXIIèmes Journées Nationales Microondes, XLIM Limoges, Jun 2022, Limoges, France. hal-04342581

HAL Id: hal-04342581

<https://cnrs.hal.science/hal-04342581v1>

Submitted on 13 Dec 2023

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 PCB/guide d'onde ridgé par cavité SIW

G. Cochet¹, A.-C. Amiaud², J.-P. Coupez³, A. Manchec¹, T. Merlet², C. Person³, C. Quendo⁴

¹ Elliptika, 2 rue Charles Jourde, 29200 Brest

²Thales LAS, 2 avenue Gay Lussac, 78995 Elancourt cedex

³IMT Atlantique, Lab-STICC, UMR 6285, F-29200 Brest

⁴Univ. Brest, Lab-STICC, UMR 6285, F-29200 Brest

gwendal.cochet@elliptika.com

Résumé – Cet article présente une transition entre un guide d'onde et un circuit imprimé sans connecteur intermédiaire. Elle permet une transition orthogonale dans le plan du champ électrique vers un guide d'onde ridgé. La transition est composée d'une cavité SIW alimentée par une ligne microruban et disposant d'une fente au centre de la cavité qui permet la transmission du signal vers le guide d'onde. La transition, conçue sur un substrat Ro4350, permet une bande passante de 130 MHz et résonne à 10 GHz. Elle se révèle particulièrement intéressante pour alimenter un réseau d'antennes à balayage électronique grâce à sa largeur inférieure à $0,5\lambda_0$. Une variante topologique ayant une bande passante deux fois plus large est également présentée.

1. Introduction

Depuis plusieurs années, les besoins en termes de performances des systèmes de télécommunication hyperfréquences vont grandissant et ce aussi bien pour les performances électriques que pour la mise en œuvre matérielle de ces dispositifs. Les domaines de la défense, du spatial, de l'aéronautique et de l'automobile sont particulièrement demandeurs de systèmes intégrant non seulement de nouvelles fonctions telles que le balayage électronique, mais aussi de dispositifs moins encombrants, d'un poids toujours réduit et avec une contrainte de coût forte.

Pour répondre à certaines de ces contraintes, des options s'offrent aux concepteurs. L'utilisation de guide d'onde de section réduite, par exemple ridgé, permet non seulement de réduire l'encombrement de certains dispositifs, mais permet aussi un balayage électronique de forte amplitude angulaire grâce à l'utilisation de réseau d'antennes guide à fentes [1]. En effet, la réduction de la section du guide permet une périodicité des guides dans leur largeur pouvant être de l'ordre d'une demi longueur d'onde, distance qui permet théoriquement un dépointage électronique illimité du faisceau.

Afin de réduire l'encombrement et les pertes du système complet dues à la transition entre le circuit d'alimentation et de réception et l'antenne guide à fentes, une interconnexion directe par le circuit imprimé, ou PCB (Printed Circuit Board) est possible pour éviter l'utilisation de connecteurs coaxiaux. Cependant, ce type d'interconnexion est souvent limité aux guides d'onde à section rectangulaire [2][3] et/ou nécessite des éléments

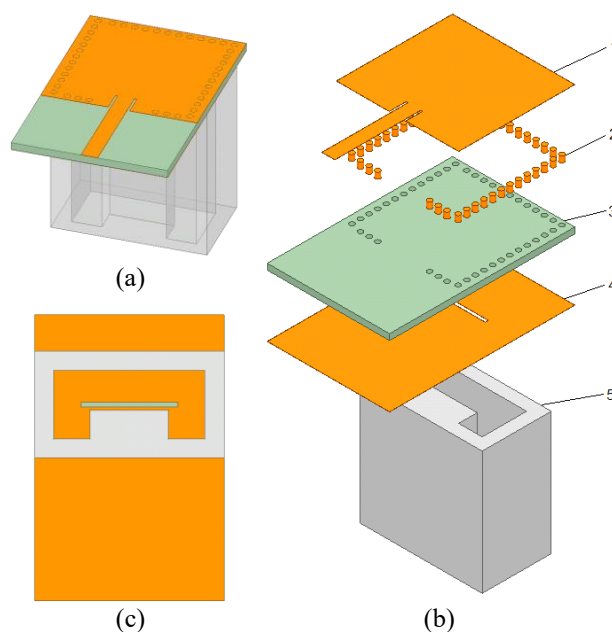


Figure 1. (a) vue de la transition PCB/guide d'onde, (b) vue éclatée de la transition et (c) vue de la transition coté guide d'onde.

supplémentaires tels que des capots [2][4] augmentant l'encombrement, le poids et le coût du système.

Afin de palier à ces problèmes, une nouvelle transition PCB/guide d'onde sera présentée dans cet article [5]. Cette nouvelle transition permet une interconnexion directe entre PCB et guide d'onde, i.e. sans élément complémentaire. Pour une application industrielle, cette transition a l'avantage d'être très simple à monter. Elle peut être adaptée à n'importe quel type de guide quelle que soit la géométrie de sa section transverse, autorisant ainsi une périodicité des guides de $0,5\lambda_0$.

2. Conception et simulation de la transition

Le but de cette nouvelle transition est de pouvoir assurer une transmission du signal efficace entre un circuit imprimé et un guide d'onde ridgé tout en assurant un encombrement limité et une bonne efficacité électrique. Le PCB est ainsi directement en contact avec le guide d'onde placé de façon orthogonale sur le circuit imprimé, Figure 1 (a). La transition proposée est alimentée par (1) une ligne d'accès microruban connectée au plan de masse

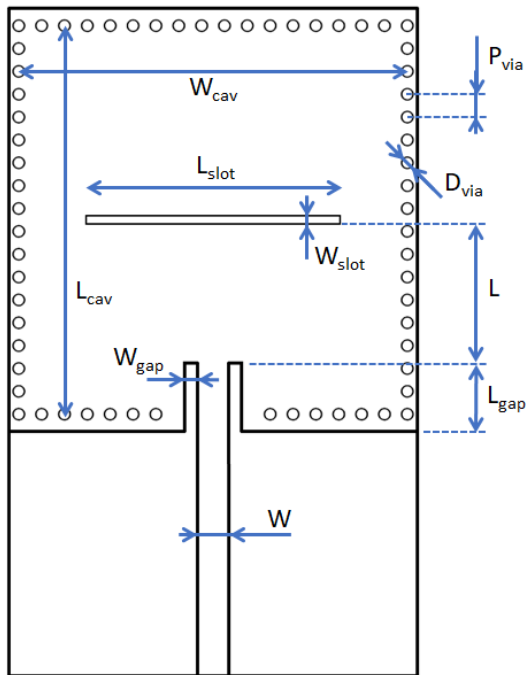


Figure 2. Schéma de la transition.

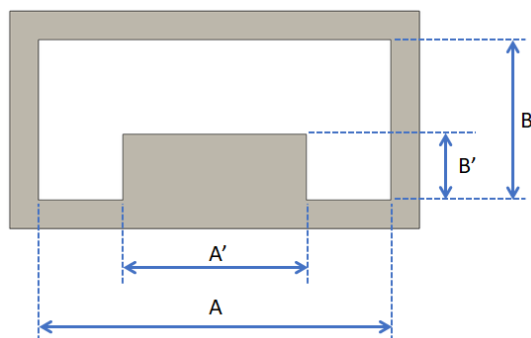


Figure 3. Section du guide d'onde.

Lcav	13.5	Wgap	0.15
Wcav	13.5	L	5.1
Lslot	7.74	W	1.09
Wslot	0.3	Dvia	0.4
Lgap	1.5	Pvia	0.8

Tableau 1. Dimensions en millimètres de la transition à 10GHz sur substrat Ro4350.

supérieur de la cavité SIW (Substrate Integrated Waveguide) ; la cavité SIW est délimitée par (2) des vias connectant les plans de masse à travers (3) un substrat et (4) d'un plan de masse inférieur percé d'une fente, Figure 1 (b). Cette dernière est placée au centre de la cavité SIW orthogonalement à la ligne d'accès et entre le ridge et la paroi supérieure du guide, Figure 1 (c). La longueur de la cavité SIW est d'environ une longueur d'onde dans le milieu de propagation, ainsi la fente est placée au niveau du maximum de champ magnétique.

La transition est conçue sur un substrat Rogers Ro4350 de 508 μ m d'épaisseur, ayant une permittivité de 3.66 et une tangente de pertes de 4.10⁻³. Les dimensions de la

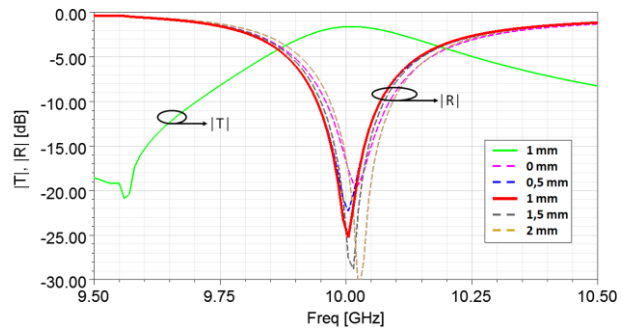


Figure 4. Paramètres S simulés de la transition en fonction de la distance entre le haut du ridge et la fente

transition sont fournies en Figure 2 et Tableau 1 pour un fonctionnement à 10 GHz.

La transition a été simulée à l'aide du logiciel de simulation électromagnétique Ansys HFSS. La transition alimente un guide d'onde simple ridge ayant une section d'une largeur A de 12.3 mm et une hauteur B de 5.6 mm. Le ridge a quant à lui une hauteur B' de 2.3 mm et une largeur A' de 6.4 mm, Figure 3. Cette section de guide d'onde à une fréquence de coupure de 9.6 GHz. La fente de la cavité SIW et placée à 1 mm du haut du ridge parallèlement à celui-ci. La transition résonne à 10 GHz et dispose d'une bande passante adaptée à -10 dB de 130 MHz autour de la résonance, Figure 4.

3. Discussion

L'utilisation d'une cavité SIW à fente permet d'obtenir une transition ayant une très petite empreinte grâce à la permittivité du milieu. En effet, la largeur de la cavité de 13.5mm permet une périodicité de la transition selon cet axe de 0.45 λ_0 à la fréquence de résonance. Cette faible périodicité permet à la transition d'être utilisée pour alimenter des réseaux de guides à fentes pour un balayage électronique 1D nécessitant un fort angle de dépointage. En effet, le balayage électronique est limité par l'espacement entre éléments rayonnants, un espacement de 0.5 λ_0 étant nécessaire afin d'assurer un dépointage maximal sans apparition de lobes de réseau.

De plus, cette transition à l'avantage d'être basée sur une technologie de SIW, relativement simple et maîtrisée à l'échelle industrielle. Cette technologie étant éprouvée, son coût de fabrication est modéré et n'augmentera pas le coût de fabrication de la carte électronique nécessaire au fonctionnement d'un réseau d'antennes.

Les résultats de simulation montrent une faible sensibilité des paramètres S au positionnement du guide vis-à-vis de la fente, Figure 3. Cela, couplé à l'absence d'éléments intermédiaires tels qu'un capot, permet une mise en œuvre très simple de la transition.

La transition PCB / guide d'onde présente des pertes comprises entre 1.5 et 2 dB sur sa bande de fonctionnement. La plus grande partie de ces pertes (~1 dB) est attribué aux pertes diélectriques du substrat, ce qui est confirmé par une simulation électromagnétique en utilisant un substrat sans pertes. Une plus faible partie peut être attribué à la proximité de la résonance et de la

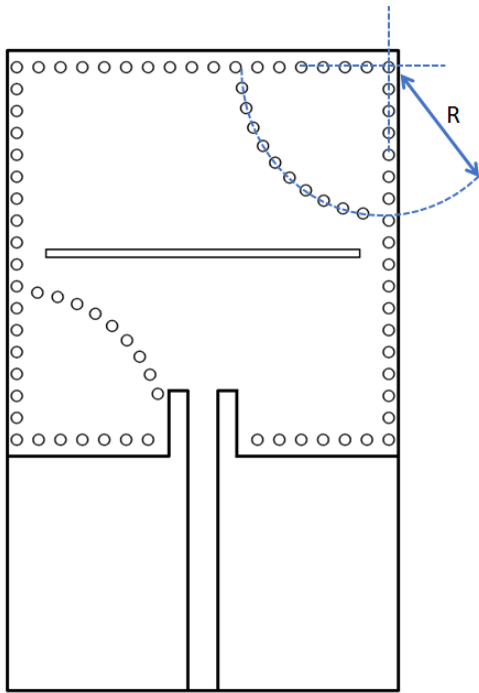


Figure 5. Schéma de la transition large bande.

Lcav	13.62	Wgap	0.7
Wcav	13.62	L	4.86
Lslot	11.5	W	1.09
Wslot	0.3	Dvia	0.4
Lgap	2.4	Pvia	0.8
		R	5.43

Tableau 2. Dimensions en millimètres de la transition large bande à 10GHz sur substrat Ro4350.

fréquence de coupure du guide d'onde, respectivement à 10 et 9.6 GHz.

4. Variante topologique

La topologie présentée en Figure 2 montre une bande passante relative adaptée à -10 dB de 1.3%. Une variante topologique de cette transition PCB/guide d'onde ridgé est présentée ici. Cette variante utilise des perturbations circulaires au sein de la cavité SIW afin d'augmenter la bande passante de la transition [6].

La topologie de cette version de la transition est très proche de la version précédente et sa mise en œuvre est identique à celle présentée en Figure 1. La cavité SIW est toujours d'une longueur et largeur d'environ une longueur d'onde et est percée d'une fente orthogonale à la ligne d'alimentation placée au centre de la cavité. La différence topologique vient des vias disposés en quart de cercle dans deux coins opposés de la cavité, Figure 4. Les dimensions obtenues après optimisation par simulation électromagnétique sont présentées en Tableau 2.

Les deux quarts de cercle de vias permettent de séparer les résonances des modes TE₁₂₀ et TE₂₁₀, ce qui augmente la largeur de la bande passante sans augmenter ni l'empreinte ni la complexité de fabrication de la transition.

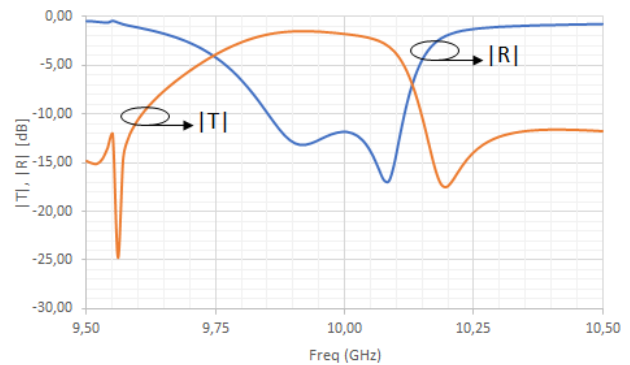


Figure 6. Paramètres S simulés de la topologie large bande de la transition.

Les coefficients de réflexion et de transmission de la transition sont donnés en Figure 6. La transition présente une réflexion inférieure à -10 dB de 9.85 à 10.12 GHz, soit une bande passante de 270 MHz. Cela représente une augmentation de 108 % de la bande passante de la transition sans les perturbations circulaires.

La majeure partie des pertes observées sur la transmission dans la bande passante sont attribuées aux pertes dans le substrat, ~1 dB. Une plus faible partie des pertes est attribuée à la proximité de la fréquence de fonctionnement de la transition et de la fréquence de coupure.

5. Conclusion

La compacité est un critère important pour les systèmes de communication embarqués. De plus, lorsque ces systèmes reposent sur des antennes à balayage électronique, le pas entre éléments rayonnants doit être compatible des valeurs de dépointage visées. La transition présentée dans ce papier permet d'alimenter directement un guide d'onde via un circuit imprimé sans utilisation de connecteurs intermédiaires. Compacte, simple à fabriquer et à mettre en œuvre, elle peut être utilisée pour alimenter des guides de faible section transverse. Elle se révèle donc particulièrement intéressante dans les cas d'application nécessitant une grande compacité comme les antennes à balayage électronique. En effet la transition proposée, associée à un guide d'onde ridgé, permet un pas entre voies de $0.45\lambda_0$. Deux versions de cette transition sont proposées, la première permet d'obtenir une bande passante relative de 1.3% à 10 GHz et la deuxième topologie proposée permet une bande passante de 2.7% à 10 GHz grâce à l'utilisation de perturbation au sein de la cavité SIW.

Références

- [1] Wei Wang, Shun-Shi Zhong, Yu-Mei Zhang and Xian-Ling Liang, "A broadband slotted ridge waveguide antenna array," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 54, no. 8, pp. 2416-2420, Aug. 2006, doi: 10.1109/TAP.2006.879216.
- [2] K. Seo, "Planar Microstrip-To-Waveguide Transition in Millimeter-Wave Band", in Advancement in Microstrip Antennas with Recent Applications. London, United Kingdom, IntechOpen, 2013 [Online].

<https://www.intechopen.com/chapters/43413> doi:
10.5772/54662

- [3] L. Li, X. Chen, R. Khazaka and K. Wu, "A transition from substrate integrated waveguide (SIW) to rectangular waveguide," 2009 Asia Pacific Microwave Conference, 2009, pp. 2605-2608, doi: 10.1109/APMC.2009.5385245.
- [4] P. Ligander, O. Tageman, V. Pasku, P. Sanchirico, O. Persson, « A transition between a SIW and a waveguide interface», Brevet EP 2 979 321 B1, 24 03 2013.
- [5] G. Cochet, A.-C. Amiaud, J.-P. Coupez, A. Manchec, T. Merlet, C. Person, «Dispositif de transmission d'un signal à un guide d'ondes», France Brevet 19 14748, 18 Décembre 2019.
- [6] F. Heidarzadeh and M. H. Neshati, "Bandwidth enhancement of the SIW cavity backed slot antennas using symmetric circular perturbation," 2017 Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE), pp. 1987-1991, doi: 10.1109/IranianCEE.2017.7985382.