



**HAL**  
open science

## Une Méthodologie Performante Pour Designer Le Filtre Passe-bande En Technologie SIW Creux

Nhu Huan Nguyen, Frédéric Parment, Anthony Ghiotto, Anne Vilcot, Ke Wu,  
Tan-Phu Vuong

► **To cite this version:**

Nhu Huan Nguyen, Frédéric Parment, Anthony Ghiotto, Anne Vilcot, Ke Wu, et al.. Une Méthodologie Performante Pour Designer Le Filtre Passe-bande En Technologie SIW Creux. Assemblée générale GDR ONDES “Interférences d’Ondes”, Oct 2017, Sophia Antipolis, France. hal-01612658

**HAL Id: hal-01612658**

**<https://hal.science/hal-01612658>**

Submitted on 15 Feb 2018

**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.

## Une Méthodologie Performante Pour Designer Le Filtre Passe-bande En Technologie SIW Creux

Nhu Huan Nguyen<sup>1,2,3</sup>, Frédéric Parment<sup>1</sup>, Anthony Ghiotto<sup>2</sup>, Anne Vilcot<sup>1</sup>, Ke Wu<sup>3</sup>, Tan Phu Vuong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Grenoble Alpes, Grenoble, INP Grenoble, Laboratoire IMEP-LaHC, Grenoble, France

<sup>2</sup>Univ. Bordeaux, Bordeaux INP, CNRS, IMS Laboratory, UMR 5218, F-33400, Talence, France

<sup>3</sup>Centre de Recherche Poly-Grames, École Polytechnique de Montréal, QC, Canada

### Résumé

Dans cet article, une méthodologie basée uniquement sur la théorie est présentée pour faciliter la conception d’un filtre passe-bande en technologie SIW creux. Le filtre d’ordre 5 type Tchebychev et couplage par IRIS est montré pour valider la méthodologie.

### 1. Introduction

Récemment, les filtres en technologie guide d’onde intégré au substrat (SIW) attirent de nombreuse recherche, grâce à la compromise de performance entre le guide d’onde métallique (RWG) et circuit imprimé (PCB) [1-3]. La technologie SIW creux est présentée meilleure performance que la technologie SIW [4]. Elle a appliqué pour concevoir le filtre [5].

Cependant, il n’y a pas encore une méthodologie claire et performante pour calculer les dimensions du filtre. Dans la perspective de faciliter la conception de filtre en technologie SIW et SIW creux, cet article présente une méthodologie basée uniquement sur la théorie dans la partie II et valider par la simulation dans la partie III. La partie IV va conclure ce travail.

### 2. Méthodologie

La méthodologie proposée est basée sur deux méthodes combinées pour calculer l’impédance normalisée de chaque fente IRIS comme la topologie dans Fig. 1. Dans cette figure,  $w_i$  et  $L_i$  représentent l’ouverture et la longue physique de la cavité.

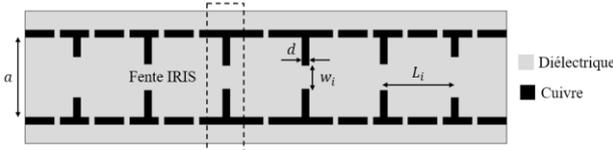


Fig. 1. Topologie de filtre basé sur la technologie SIW

Le diagramme de méthodologie est présenté dans Fig. 2. Cette méthodologie est une procédure de trois étapes. Elle est basée sur la comparaison de l’impédance obtenue par [6] et [7].

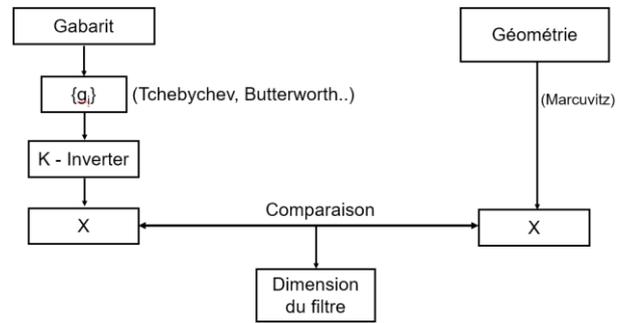


Fig. 2. Le diagramme de la méthodologie.

A. *Étape 1: Calcul de l’impédance normalisée basé sur le modèle K-inverter.*

Chaque fente IRIS de la Fig. 1 est représentée par un modèle K-inverter équivalent [6] comme sur la Fig. 3.

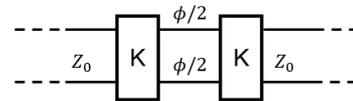


Fig. 3. Le modèle K-inverter équivalent.

L’impédance normalisée est donc calculée comme les équations (1) ci-dessous [6] où  $n$  est l’ordre du filtre,  $\lambda_{g0}, \lambda_{g1}, \lambda_{g2}$  sont respectivement la longueur d’onde guidée SIW correspondant à la fréquence centrale, la fréquence inférieure et la fréquence supérieure du filtre,  $\omega_\lambda$  est la bande passante fractionnée,  $g_i$  sont les éléments passe-bas type Tchebychev.

$$\begin{aligned} \lambda_{g0} &= \frac{\lambda_{g1} + \lambda_{g2}}{2} \\ \omega_\lambda &= \frac{\lambda_{g1} - \lambda_{g2}}{\lambda_{g0}} \\ \frac{K_{0,1}}{Z_0} &= \sqrt{\frac{\pi}{2} \frac{\omega_\lambda}{g_0 g_1 \omega_1}} \\ \frac{K_{i,i+1}}{Z_0} &= \frac{\pi \omega_\lambda}{2 \omega_1} \frac{1}{\sqrt{g_i g_{i+1}}}, \quad i = 1: n-1 \\ \frac{K_{n,n+1}}{Z_0} &= \sqrt{\frac{\pi}{2} \frac{\omega_\lambda}{g_n g_{n+1} \omega_1}} \\ \frac{X_{i,i+1}}{Z_0} &= \frac{\frac{K_{i,i+1}}{Z_0}}{1 - \left(\frac{K_{i,i+1}}{Z_0}\right)^2} \end{aligned} \quad (1)$$

B. *Étape 2: Calcul de l’impédance normalisée basé sur la méthode de Marcuvitz.*

Dans [7], Marcuvitz a présenté la relation de l’inductance normalisée  $jX/Z_0$  et la dimension de la fente IRIS comme illustrée sur la Fig. 4.

Comme la largeur du guide d'onde  $a$  et le gabarit du filtre sont fixés, la fonction  $X/Z_0 = f(a, w, \lambda, \lambda_g)$  devient une fonction croissante  $X/Z_0 = f(w)$ , où  $\lambda$  et  $\lambda_g$  sont respectivement la longueur d'onde dans diélectrique et la longueur d'onde guidée comme Fig. 5.

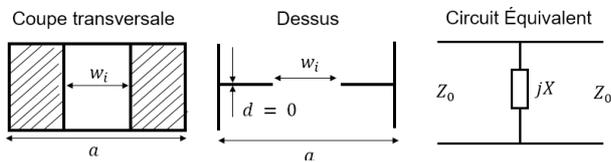


Fig. 4. La fente IRIS et le circuit équivalent.

C. Étape 3: Comparer les deux impédances normalisées afin d'obtenir la dimension du filtre.

À partir de l'impédance normalisée obtenue par [6], il est possible de calculer l'ouverture de la fente IRIS équivalente basé sur le modèle K-inverter [7] comme illustrée sur la Fig. 5. Grâce à la dépendance monotone, il est possible d'utiliser un algorithme de recherche avec l'aide d'ordinateur.

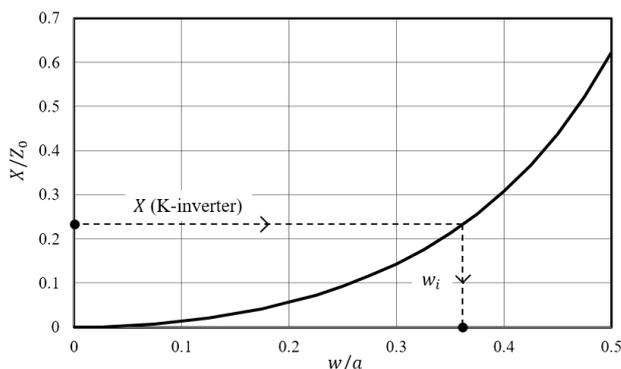


Fig. 5. L'impédance normalisée en fonction de l'ouverture par la largeur du guide SIW.  
 $a = 7.04$  mm,  $f_1 = 30$  GHz,  $f_2 = 31$  GHz,  $\epsilon_r = 1.00059$ ,  $L_{ar} = 0.1$  dB.

Dès que la largeur de l'ouverture  $w_i$  est trouvée, nous pouvons calculer la longueur électrique  $\phi$  et la longueur physique de la cavité  $L_i$  par équation (2) ci-dessous [6].

$$\phi_i = -\tan^{-1}\left(\frac{2X_{i,i+1}}{Z_0}\right), i = 0:n$$

$$L_{i+1} = \frac{\lambda_{g0}}{2\pi} \left( \pi + \frac{1}{2}(\phi_i + \phi_{i+1}) \right), i = 0:n-1 \quad (2)$$

### 3. Conception d'un filtre basé sur la technologie SIW creux

Pour la validation de la méthodologie proposée, un filtre d'ordre 5 type Tchebychev est choisi avec la bande passante de 30 GHz à 31 GHz, le ripple dans la bande passante est 0.1 dB ( $S_{11} \approx -16$  dB). La topologie du filtre étudiée en technologie SIW creux est présentée sur Fig. 6.

Dans le premier temps, les dimensions sont calculées par la méthodologie proposée dans le paragraphe II, pour le cas où tous sont en l'air à l'intérieur du guide SIW, les largeur  $d, d_s$  et  $d_p$  sont 0 mm (Fig. 6).

Dans le deuxième temps, les slab en RT6002 avec la largeur  $d_s$  de 0.508 mm,  $d_p$  de 1.397 mm sont ajoutées pour la tenue mécanique, et le IRIS est fixé de 0.381 mm pour lancer l'optimisation par le CST-Microwave Studio.

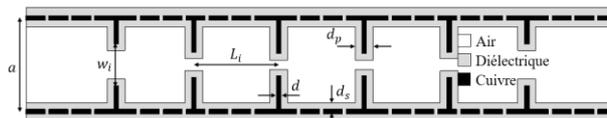


Fig. 6. La topologie du filtre en technologie SIW creux étudiée

Fig. 7 présente la comparaison des paramètres S entre le filtre avec les dimensions calculées théoriquement et le filtre optimal par logiciel. Comme elle est montrée dans cette figure, les résultats de la théorie et ceux obtenus par l'optimisation par la simulation sont bien accords. Le filtre obtenu a ordre de 5 et  $S_{11} < -14.5$  dB pour la théorie et -20 dB pour la simulation. La méthodologie est donc bien validée.

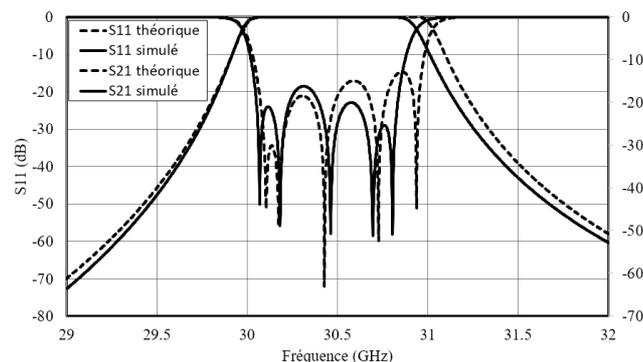


Fig. 7. Paramètres S du filtre en technologie SIW creux obtenus par simulation et du filtre obtenus par le calcul théorique.

### 4. Conclusion

Cet article présente une méthodologie performante pour calculer les dimensions d'un filtre passe-bande dans la technologie SIW et SIW creux. Cette méthodologie basée est validée par la simulation. Elle permet de faciliter la conception des filtres en technologie SIW creux.

### 6. Bibliographie

- [1] C. T. Bui, P. Lorenz, M. Saglam, W. Kraemer and R. H. Jansen, "Investigation of Symmetry Influence in Substrate Integrated Waveguide (SIW) Band-Pass Filters using Symmetric Inductive Posts," *2008 38th European Microwave Conference*, Amsterdam, 2008, pp. 492-495.
- [2] D. Deslandes and Ke Wu, "Single-substrate integration technique of planar circuits and waveguide filters," in *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 51, no. 2, pp. 593-596, Feb. 2003.
- [3] Tae-Soon Yun, Hee Nam, Ki-Byoung Kim and Jong-Chul Lee, "Iris waveguide bandpass filter using substrate integrated waveguide (SIW) for satellite communication," *2005 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings*, 2005, pp. 4 pp.-.
- [4] 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 International Microwave Symposium*, Tampa, FL, pp. 1-3, Jun. 2014.
- [5] F. Parment, A. Ghiotto, T. P. Vuong, J. M. Duchamp and K. Wu, "Low-loss air-filled Substrate Integrated Waveguide (SIW) band-pass filter with inductive posts," *2015 European Microwave Conference (EuMC)*, Paris, 2015, pp. 761-764.
- [6] G. Matthaei and L. Young, *Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures*.
- [7] N. Marcuvitz, *Waveguide Handbook*, vol. 10. McGraw-Hill, 1951.