

Filtre SIW d'ordre 6 en bande C avec un couplage croisé. Analyse expérimentale du comportement thermique.

Abbas El Mostrah, Benjamin Potelon, Eric Rius, Jean-François Favennec, Cédric Quendo, Hervé Leblond, Hissa Yahi, Jean-François Villemazet, Jean-Louis Cazaux

▶ **To cite this version:**

Abbas El Mostrah, Benjamin Potelon, Eric Rius, Jean-François Favennec, Cédric Quendo, et al.. Filtre SIW d'ordre 6 en bande C avec un couplage croisé. Analyse expérimentale du comportement thermique.. 17èmes Journées Nationales Microondes, May 2011, Brest, France. pp.4F-8. hal-00669529

HAL Id: hal-00669529
https://hal.science/hal-00669529

Submitted on 13 Feb 2012

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.

17èmes Journées Nationales Microondes
18-19-20 Mai 2011 - BREST

Filtre SIW d'ordre 6 en bande C avec un couplage croisé. Analyse expérimentale du comportement thermique.

Abbas El Mostrah[1,2], Benjamin Potelon[1,2], Eric Rius[1,2], Jean-François Favennec[1,2], Cédric Quendo[1,2], Hervé Leblond[3], Hissa Yahi[3], Jean François Villemazet[3], Jean Louis Cazaux[3]

[1]*Université Européenne de Bretagne, France*
[2]*Université de Brest ; CNRS, UMR 3192 Lab-STICC, 6 avenue Le Gorgeu, CS 93837, 29238 Brest cedex 3*
[3]*Thales Alenia Space, France, 26 Avenue Jean François Champollion, BP33787, 31100 Toulouse*
Abbas.elmostrah@univ-brest.fr

Résumé

Cet article présente un filtre SIW (Substrate Integrated Waveguide) d'ordre 6 en bande C réalisé sur un substrat d'alumine de permittivité 9.9. Un couplage croisé entre résonateurs non-adjacents est introduit afin d'améliorer les réjections; une contrainte indispensable pour les applications spatiales. La compatibilité avec les circuits planaires est assurée par l'intermédiaire d'une transition microruban spécifique. Des tests en température ont été réalisés afin d'évaluer le comportement du filtre dans un environnement spatial. Les résultats expérimentaux sont en accord avec les simulations.

1. Introduction

Une haute sélectivité, de faibles pertes d'insertion, une taille réduite et un coût limité sont autant de questions essentielles dans la conception et la fabrication de circuits hyperfréquences. Malheureusement, une technologie traditionnelle, soit planaire ou non-planaire, est incapable de fournir toutes ces caractéristiques à la fois. En effet, les guides d'ondes rectangulaires présentent de faibles pertes d'insertion, une bonne sélectivité et une bonne platitude. Cependant, ils sont encombrants, coûteux à fabriquer et leur intégration avec d'autres circuits planaires exige une transition spécifique. D'autre part, les circuits planaires possèdent un faible facteur de qualité. En revanche, ils présentent une bonne compatibilité, un poids négligeable et un faible coût de fabrication au regard des solutions volumiques. Ces contraintes antagonistes nous ont conduit à utiliser la technologie SIW afin de combiner les avantages respectifs des technologies citées auparavant. Ce concept associe l'utilisation d'une technologie de réalisation planaire de type microruban et le fonctionnement de cavités volumiques. Techniquement, les guides d'ondes sont enterrés dans le substrat. Les faces latérales sont remplacées par des rangées de trous métallisés qui relient les faces supérieure et inferieure du filtre comme le présente la figure 1. Ces structures peuvent être réalisées par des processus planaires classiques (PCB, LTCC, …).

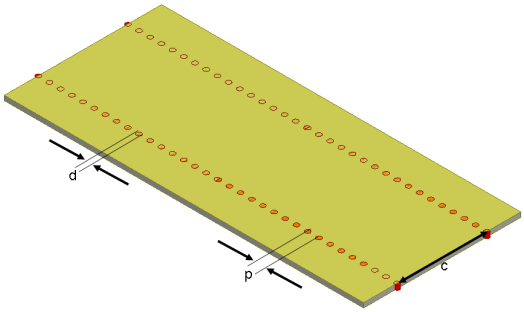


Figure 1. Vue 3D d'un guide d'onde enterré dans un substrat, c = largeur du guide d'ondes, p = distance entre vias, d = diamètre des vias

Cet article est organisé de la façon suivante. La deuxième partie concerne la conception du filtre SIW d'ordre 6 avec des vias inductifs. Celui-ci répond aux spécifications qui seront détaillées dans cette section. Dans la troisième partie, nous présenterons la nouvelle solution de couplage croisé utilisée pour augmenter la réjection. Avant de conclure, nous présenterons les résultats expérimentaux du filtre réalisé ainsi que les mesures en température.

2. Conception du filtre en bande C

En ce qui concerne les spécifications, le filtre doit être centré à 4 GHz avec une bande passante relative de 6.25%. De fortes réjections à proximité de la bande passante sont exigées. En effet, une réjection de 40 dBc est souhaitée entre 3.375 et 3.750 GHz. En outre, le filtre doit présenter des pertes d'insertion et une platitude inferieures à 3 et 1 dB, respectivement.

Des études approfondies ont porté sur la théorie et la conception du filtre passe-bande réalisé en guide d'ondes. Par exemple, un guide d'onde de largeur, ***c***, et d'épaisseur, ***h***, est examiné dans [1] : en effet, des trous métallisés sont placés sur l'axe central tout le long du guide d'ondes rectangulaire. Les espaces formées par deux trous métallisés successives forment les différentes cavités. Le trou métallisé est modélisé par un circuit en T

composé de deux capacitances en série et une inductance en parallèle comme le montre la Figure 2. Ensuite la hauteur, ***h***, est réduite à l'épaisseur du substrat qui vaut ici 380 µm. Le substrat utilisé est une alumine de permittivité ε_r=9.9 et de tangente de pertes tgδ=0.0003. Les parois latérales ont été remplacées par des rangées de trous métallisés [2]. L'alimentation du filtre se fait grâce à une transition facilitant la connexion avec d'autres circuits planaires. Afin d'obtenir une structure compacte, le filtre SIW est plié de façon à avoir l'entrée et la sortie dans un même plan. En négligeant le couplage croisé dont nous détaillerons le principe prochainement, la Figure 3 présente le filtre SIW plié d'ordre 6 avec une transition compatible avec les circuits planaires. Le Tableau 1 résume les dimensions du filtre. Sa conception a été faite par un logiciel de simulation 3D (HFSS™). La Figure 4 montre la réponse en fréquences du filtre (en bleu pointillé). La bande passante respecte les spécifications. Toutefois, dans la bande atténuée en basses fréquences, la réjection désirée n'est pas atteinte. Cela implique d'utiliser un couplage croisé entre résonateurs non adjacents afin d'introduire des zéros de transmission supplémentaires. Différentes solutions de couplages sont testées [3]-[4].

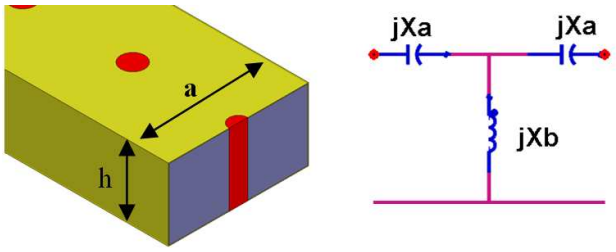


Figure 2. Vue 3D d'un guide d'ondes rectangulaire possédant un trou métallisé ainsi que son circuit équivalent

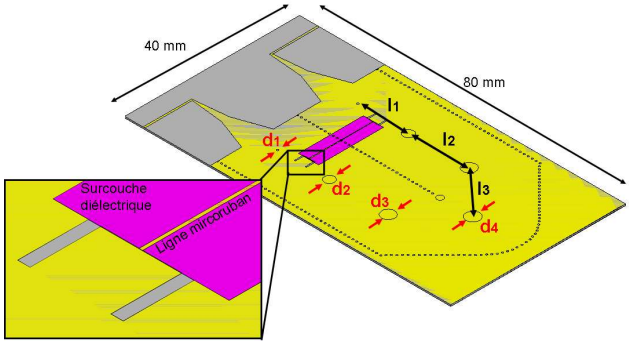


Figure 3. Masque du filtre SIW d'ordre 6 plié avec couplage croisé réalisé par une surcouche diélectrique

d1	d2	d3	d4	l1	l2	l3
0.55	2.49	3.183	3.3	12.36	14.66	15.251

Tableau 1. Les dimensions du filtre SIW (en mm)

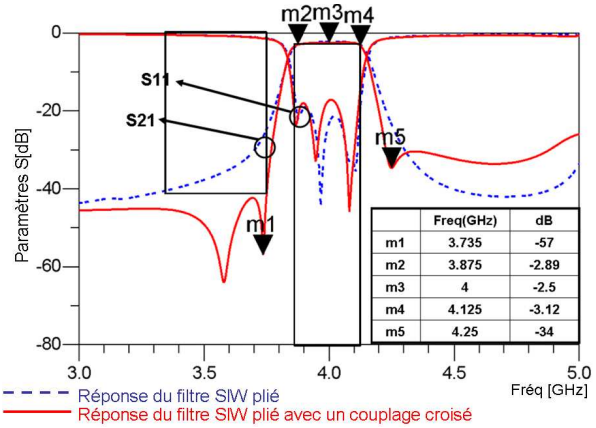


Figure 4. Réponses électromagnétique du filtre SIW d'ordre 6 avec et sans couplage croisé

3. Couplage croisé avec une surcouche diélectrique

Dans cette étude, le couplage croisé a été introduit entre les résonateurs non adjacents 1 et 6 afin d'obtenir des zéros de transmission aux abords de la bande passante visant à accroître la réjection. Dans un premier temps, une sonde coplanaire courte est gravée sur la face supérieure du filtre SIW à proximité du centre de la cavité. Puis les champs sont redirigés via une ligne microruban placée sur une couche diélectrique comme le montre la Figure 3. Le couplage impliqué dans cette solution est de nature électrique. La couche diélectrique utilisé est l'InterVia Photodielectric8010 d'épaisseur 10 µm ($\varepsilon r = 2.9$, $tg\delta = 0.026$). La Figure 4 montre l'amélioration obtenue en terme de réjection, par rapport au filtre classique sans couplage croisé. Les zéros de transmission sont fixés à 3,73 et 4,25 GHz avec une réjection de 57 et 34 dB, respectivement. En outre, les pertes d'insertion sont d'environ 2,5 dB et la platitude est de 0,62 dB.

4. Résultats expérimentaux

Le filtre a été réalisé sur une alumine ($\varepsilon r = 9.9$, $tg\delta = 0.0003$) d'épaisseur 380 µm selon un procédé couche mince standard. La Figure 5 présente les réponses électriques simulées et mesurées. La Figure 6 présente une photographie du filtre SIW avec un couplage croisé avec une surcouche diélectrique. L'adaptation est supérieure à 20 dB et les pertes d'insertion sont environ 2.45 dB en notant une platitude de 0.7 dB. Les résultats de mesures sont en bon accord avec ceux de simulations. Nous observons toutefois un léger décalage en fréquence, dû aux dispersions technologiques, en particulier la permittivité du substrat. Le filtre est utilisé dans le domaine spatial. Pour cette raison, il est monté en boitier, ensuite soumis à une large gamme de température entre -30°C et 65°C afin d'observer son comportement thermique. Les réponses présentées sur la Figure 7 montrent que l'influence de la température n'est pas significative. Il est important de noter qu'une variation de 0.66 dB et de 37 MHz sont observées,

respectivement, sur les pertes d'insertion et sur les zéros de transmission, tout en gardant une platitude inférieure à 1 dB (Figure 8).

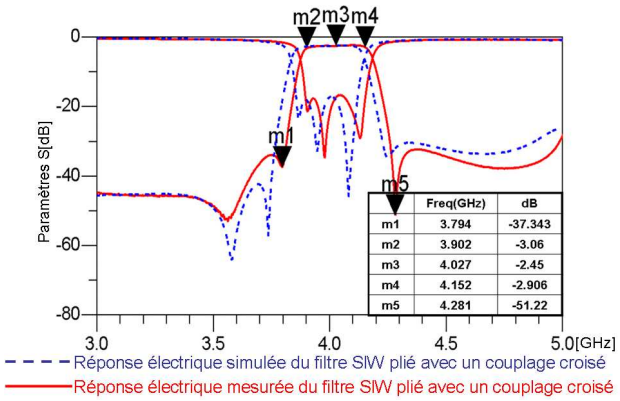


Figure 5. Réponses électriques simulée et mesurée du filtre avec couplage croisé

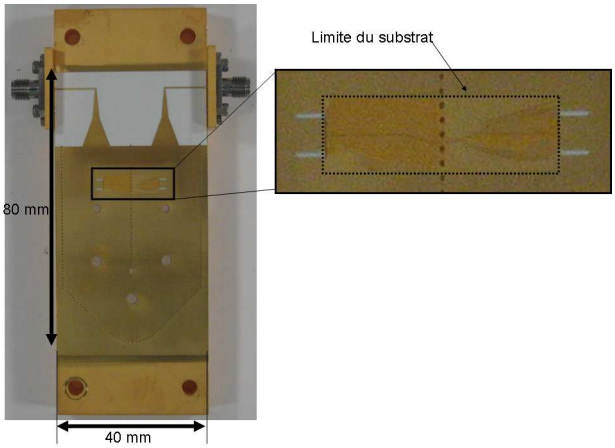


Figure 6. Photographie du filtre SIW avec un couplage croisé

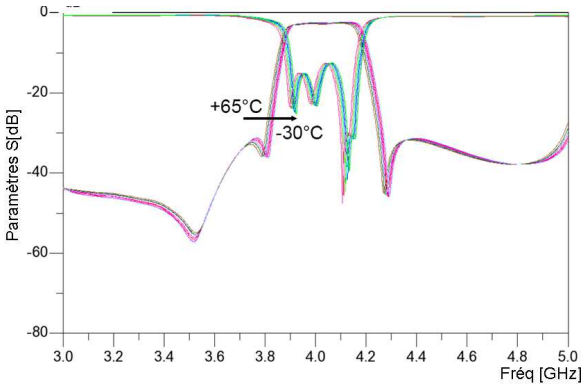
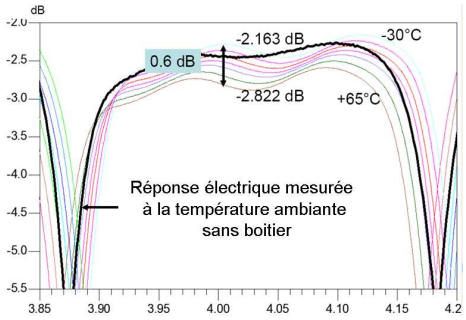


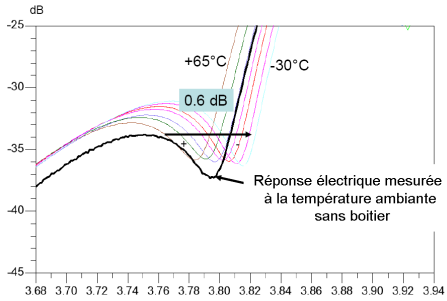
Figure 7. Réponses électriques mesurées du filtre SIW avec boitier en fonction de la température (-30°→+65°)

5. Conclusion

Cet article porte sur la conception d'un filtre SIW plié, à base de trous métallisés. La réjection du filtre est améliorée grâce au couplage croisé entre résonateurs non adjacents, réalisé avec une surcouche diélectrique. Les résultats de simulations et de mesures sont en bon accord, malgré un léger décalage en fréquence dû au substrat utilisé. Le filtre est peu sensible aux variations en températures. Des études en cours sont dédiées à la miniaturisation du filtre présenté, tout en gardant les mêmes performances électriques.



(a)



(b)

Figure 8. Influence de la température sur les pertes d'insertion (a) et sur les zéros de transmission (b).

6. Bibliographie

[1] N. Marcuvitz, waveguide Handbook, 1986

[2] D. Deslandes , et al. *« Single substrate integration technique of planar circuits and waveguides filters»*, IEEE Trans. Microw. Theory tech., vol.51, no. 2, pp. 593-596, Feb 2003.

[3] B. Potelon, et al. « *Design of substrate integrated waveguide (SIW) filter using a novel topology of coupling»*,IEEE Microw. And Wireless Comp. Lett., vol. 08, pp. 596-598, Sept. 2008.

[4] A. El Mostrah, et al. « *C-Band cross coupled SIW filter using a novel topology of electric coupling»*, EuMC 2010, Paris, Oct. 2010.