



**HAL**  
open science

## Evaluation des performances large bande d'un substrat à forte permittivité à partir d'un filtre à stubs en court-circuit

Yann Clavet, Alexandre Manchec, Jean-François Favennec, Cédric Quendo,  
Eric Rius

### ► To cite this version:

Yann Clavet, Alexandre Manchec, Jean-François Favennec, Cédric Quendo, Eric Rius. Evaluation des performances large bande d'un substrat à forte permittivité à partir d'un filtre à stubs en court-circuit. 17èmes Journées Nationales Microondes, May 2011, Brest, France. pp.4F-18. hal-00669584

**HAL Id: hal-00669584**

**<https://hal.science/hal-00669584v1>**

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.

## Evaluation des performances large bande d'un substrat à forte permittivité à partir d'un filtre à stubs en court-circuit

Yann Clavet<sup>1</sup>, Alexandre Manchec<sup>1</sup>, Jean-François Favennec<sup>2</sup>, Cédric Quendo<sup>2</sup>, Eric Rius<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ELLIPTIKA, 6 Avenue Le Gorgeu, 29200 Brest

<sup>2</sup>Lab-STICC UMR CNRS 3192, CS 93837 – 29238 Brest Cedex

yann.clavet@elliptika.com

### Résumé

*L'intérêt des substrats à forte permittivité est indéniable pour la miniaturisation des systèmes embarqués hyperfréquences. Dans cette communication, un filtre large bande est présenté pour évaluer les performances d'un matériau céramique de forte permittivité ( $\epsilon_r = 90$ ) provenant de deux fabricants différents (Trans-tech et NTK). Les mesures effectuées jusqu'à 10 GHz montrent un bon accord entre simulation et mesure pour les deux matériaux utilisés.*

### 1. Introduction

Les céramiques à forte permittivité permettent une miniaturisation significative des systèmes passifs hyperfréquences. Les concepteurs recherchent des matériaux avec de forte permittivités, pour réduire la taille des résonateurs par un rapport significatif [1]. Le défi pour les fabricants est de développer des produits présentant de forte permittivité, mais qui répondent également aux exigences de faibles pertes diélectriques et de dépendance à la température la plus faible possible. Des nombreux progrès ont été faits avec le développement de tels matériaux. Les grands fabricants de l'industrie de la céramique, tels que Trans-Tech et NTK proposent actuellement sur le marché, des matériaux céramiques à très forte constante diélectrique ( $\epsilon_r = 90$ ) avec d'excellentes caractéristiques électriques. Les propriétés de ces substrats diélectriques sont proches des alumines conventionnelles [2]-[3]. Les résultats obtenus pour des filtres en bande UHF conçus et développés à l'aide de ces matériaux particuliers ( $\epsilon_r=90$  et 139) ont validé leur aptitude à maintenir une tangente de pertes acceptable sur une gamme de fréquence comprise entre 0,1 GHz et 3 GHz. Les bénéfices significatifs en terme de miniaturisation des matériaux à forte constante diélectrique se révèlent principalement dans les bandes de fréquences situées au dessous de la bande C et trouvent un intérêt jusqu'à la bande UHF. Toutefois, connaître précisément leur comportement sur des plages de fréquence plus importantes est nécessaire pour les systémiers, ainsi que s'assurer que les simulateurs électromagnétiques sont aptes à les simuler.

Dans ce cadre, nous avons poursuivi nos travaux de recherche en évaluant les performances de ces céramiques particulières jusqu'à 10 GHz. Des substrats

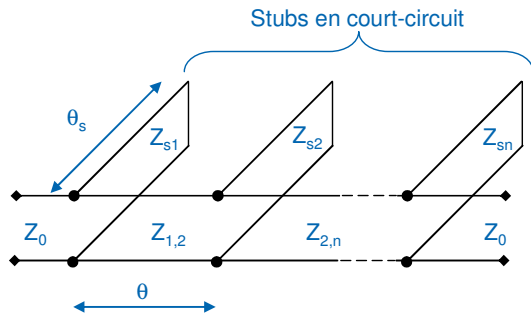
diélectriques de permittivité de 90 provenant de deux fabricants sont testés.

### 2. Filtre large-bande

Il existe différents moyens d'évaluer les performances d'un substrat. Nous avons choisi de le faire à l'aide d'un filtre passe-bande large bande dont la difficulté est d'assurer un niveau de pertes d'insertion et de platitude les plus faibles possibles sur une bande passante très importante ; le tout dans un espace confiné. Ce sujet est d'actualité depuis que la Commission américaine des communications (FCC) en 2002 a adopté les bandes de fréquence régissant les systèmes de transmission ultra large bande. Nous avons investigué différents types de topologie afin d'atteindre la bande passante la plus large possible dans un encombrement restreint de 20 mm x 10 mm. Une des difficultés de l'exercice est liée à la particularité des matériaux à forte permittivité, d'offrir des niveaux d'impédance caractéristique faibles. Afin que les largeurs de ligne microruban soient réalisables technologiquement et reproductibles aisément, nous les limitons à 100  $\mu\text{m}$  minimum, ce qui correspond à une impédance caractéristique de 34  $\Omega$  pour un matériau d'épaisseur de 0,635 mm et de permittivité relative de 90. Ainsi, les lignes 50  $\Omega$  sont éliminées en raison de la finesse de la largeur de ligne correspondante (de l'ordre de 14  $\mu\text{m}$ ). Malgré cette contrainte, le filtre est adaptable sur 50  $\Omega$  à condition d'assurer la connexion dans un plan défini. L'intégration de produits à forte permittivité nécessite donc un soin particulier dans les interconnexions. Ici, nous souhaitons pouvoir packager ultérieurement le filtre étudié avec une connectique SMA standard. La conséquence est que la largeur de ligne d'accès du filtre doit être au moins celle du méplat du connecteur ( $w = 0,24$  mm soit 26  $\Omega$ ) d'où un impératif supplémentaire dans la conception. En fonction de ces différentes contraintes, nous avons adopté la solution du filtre à stubs en court-circuit parmi les différentes topologies conventionnelles de filtre large bande disponibles.

Un modèle de filtre à stubs en court-circuit d'ordre n est présenté à la figure 1. Il comprend n stubs en court-circuit de longueurs électriques  $\theta_{si}$  et d'impédances

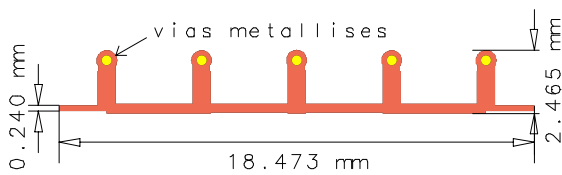
caractéristiques  $Z_{si}$ . Ceux-ci sont séparés par des inverseurs d'admittance, de longueur électrique  $\theta$  et d'impédance caractéristiques  $Z_i$ .



**Figure 1. Schéma équivalent d'un filtre d'ordre N à stubs en court-circuit (CC).**

Avec la contrainte des accès du filtre et de l'encombrement disponible, l'ordre du filtre réalisable est de cinq avec une largeur de bande relative de 91% et une fréquence à mi-bande  $f_c$  de 5,5 GHz.

Nous avons ensuite déterminé les paramètres physiques pour concevoir le filtre microruban sur un substrat diélectrique de permittivité relative de 90 et d'épaisseur de 0,635 mm. Le masque de ce filtre est présenté à la figure 2. La surface du filtre est de 2,465 mm x 18,473 mm. La largeur de ligne la plus faible correspond aux lignes d'accès du filtre.



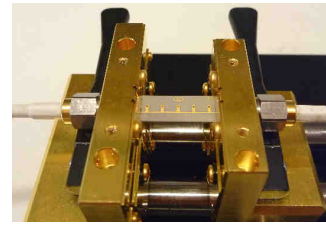
**Figure 2. Masque du filtre à stubs CC d'ordre 5.**

### 3. Résultats expérimentaux

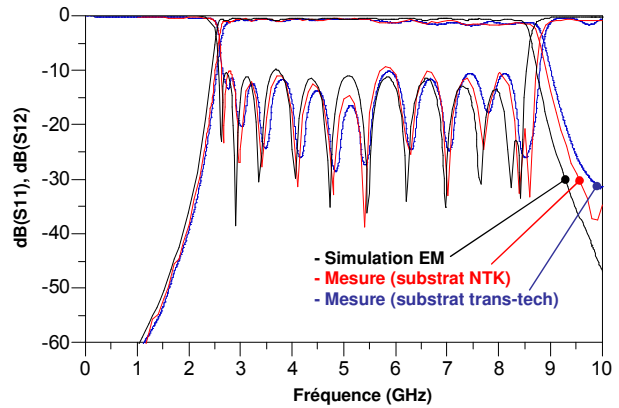
Les simulations électromagnétiques ont été menées avec l'aide du logiciel commercial Momentum® de Agilent Technologies. Les filtres sont conçus à la fois sur un substrat de Trans-Tech et de NTK. Les principales incertitudes de la fabrication des prototypes reposent sur le perçage des trous métallisés et de la tenue de la métallisation or ( $t = 4\mu\text{m}$ ) sur ce matériau friable et donc fragile. Des tests ont permis de les lever.

Le filtre a été mesuré dans une cellule de test comme illustré sur la photographie de la figure 3. Un très bon accord entre mesure et simulation a été obtenu (cf. figure 4). Par ailleurs, les mesures des deux matériaux sont très proches. Ces résultats montrent une bande passante relative de près de 95% à une fréquence à mi-bande de 5,65 GHz légèrement décalée de 0,15 GHz par rapport à la simulation en raison de la tolérance de la permittivité relative du substrat. Celle-ci a été déterminée par rétrosimulation à moins de 3%.

Les pertes d'insertion sont inférieures à 0,6 dB à mi-bande et les pertes en réflexion mesurées sont meilleures que 10 dB dans la bande passante.



**Figure 3. Photographie du filtre.**



**Figure 4. Résultats de simulation EM et de mesures du filtre à stubs CC d'ordre 5 sur substrats Trans-Tech et NTK.**

### 4. Conclusion

Cette communication présente le développement d'un filtre large-bande pour évaluer les performances d'un substrat diélectrique de forte permittivité sur une large bande de fréquence. Les résultats de mesure ont montré que les matériaux utilisés ont des caractéristiques très proches et satisfaisantes. Le simulateur électromagnétique a également démontré sa fiabilité sur ce matériau particulier.

### 5. Bibliographie

- [1] W. Wersing, « *Microwave ceramics for resonators and filters* », Current Opinion in Solid State & Materials Science, 1996, pp. 715-731.
- [2] Y Clavet, A. Manchec, E. Rius, J.F. Favennec, C. Quendo, B. Bonnet, J.C. Azzara, C. Debarge, J.L. Cazaux, « *Miniature UHF-Band microstrip filter based on a high-permittivity ceramic material* », 39th European Microwave Conference, 2009, pp. 563-566.
- [3] Y. Clavet, A. Manchec, E. Rius, J.F. Favennec, C. Quendo, B. Bonnet, J.C. Azzara, C. Debarge, J.L. Cazaux, « *Filtres miniatures microrubans en bande UHF sur matériaux céramiques à très forte permittivité* », 16<sup>èmes</sup> Journées Nationales Microondes, 2009.
- [4] G. Mattaei, L. Young, and E.M.T. Jones, « *Microwave filters, impedance matching networks, and coupling structures* », Artech House, 1980.
- [5] H.N. Shaman, J.-S. Hong, « *A Compact Ultra-Wideband (UWB) Bandpass Filter With Transmission Zero* », 36th European Microwave Conference, 2006, pp. 603-605.