

Implémentation de filtres à résonateurs coaxiaux en bande Ka et X dans un substrat multicouche

Mathieu Cariou, Benjamin Potelon, Stéphane Cadiou, Cédric Quendo, E. Schlaffer, W Pessl, A. Le Fevre

▶ **To cite this version:**

Mathieu Cariou, Benjamin Potelon, Stéphane Cadiou, Cédric Quendo, E. Schlaffer, et al.. Implémentation de filtres à résonateurs coaxiaux en bande Ka et X dans un substrat multicouche. XIXèmes Journées Nationales Microondes (JNM 2015), Jun 2015, Bordeaux, France. pp.508-511. hal-01710477

HAL Id: hal-01710477
https://hal.science/hal-01710477

Submitted on 21 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.

Implémentation de filtres à résonateurs coaxiaux en bande Ka et X dans un substrat multicouche

Mathieu Cariou[1], Benjamin Potelon[1], Stéphane Cadiou[1], Cédric Quendo[1], E. Schlaffer[2], W. Pessl[2] et A. Le Fevre[3].

[1]*Université de Brest, Lab-STICC, UMR CNRS 6285, 6 avenue le Gorgeu, CS 93837, 29238 Brest Cedex 3*
[2]*AT&S AG, Fabriksgasse 13, 87000 Leoben, Austria*
[3]*THALES Communication & Security, 4 avenue des Louvresses, 92622 Gennevilliers Cedex*
mathieu.cariou@univ-brest.fr

Résumé

L'intérêt de la miniaturisation des systèmes de télécommunications est indéniable. Dans cette communication, deux filtres à résonateurs coaxiaux d'ordre 3 et de bande passante de 70 % sont présentés : le premier en bande Ka et le second en bande X. Ils sont intégrés dans un substrat multicouche de type Megtron6. Les trous métallisés réalisés avec des microvias laser permettent d'implémenter les résonateurs coaxiaux dans l'épaisseur du substrat. Les mesures des filtres en bande Ka et en bande X montrent un bon accord avec la simulation.

1. Introduction

Le développement des systèmes de télécommunications est caractérisé par une amélioration des performances électriques, un encombrement faible et une réduction des coûts. Les filtres passe-bande sont des éléments clefs d'un système d'émission/réception. Le choix d'une topologie parmi d'autres est souvent issu d'un compromis entre les performances électriques et l'encombrement. Une topologie à stub coaxial est régulièrement utilisée pour l'implémentation de dispositifs car elle présente de bonnes performances électriques [1-4]. Les solutions d'implémentation monocouche sont nombreuses mais leur encombrement non négligeable conduit les concepteurs à s'orienter vers des solutions multicouches.

Une solution multicouche permet, au moins partiellement, l'exploitation de la dimension verticale, ce qui entraine une réduction de l'empreinte des dispositifs. Les trous métallisés sont des éléments très importants dans la conception d'un circuit multicouche car en plus de conduire les signaux électriques, leurs positionnements contraignent la flexibilité de conception d'un dispositif. Bien souvent, les perçages des trous métallisés s'effectuent sur la totalité de l'épaisseur d'un substrat [2-4] mais cela limite la géométrie des éléments d'un dispositif. Pour palier cette contrainte, une technologie microvia laser permet de percer séparément chaque couche d'un substrat multicouche. Ces trous métallisés sont des atouts importants pour la structuration de la géométrie du filtre. Cette technologie a d'ailleurs fait ses preuves lors de précédentes études de filtres hyperfréquences [5].

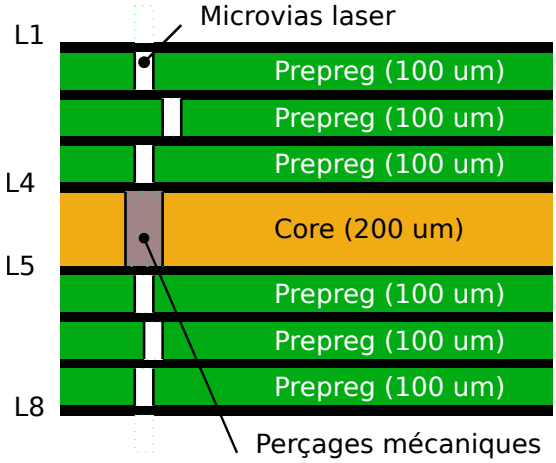


Figure 1. Illustration du substrat multicouche.

Cette communication met en avant la souplesse technologique apportée par les microvias laser, entrainant une miniaturisation des dispositifs. Ainsi, deux filtres à résonateurs coaxiaux sont présentés. Le premier fonctionne en bande Ka, et est constitué d'un résonateur intégré dans l'épaisseur du substrat. Le deuxième est un filtre en bande X. Il est constitué de résonateurs repliés dans l'épaisseur du substrat. Le procédé de fabrication du substrat multicouche est présenté dans la partie 2. Les filtres en bande Ka et en bande X sont présentés respectivement dans les parties 3 et 4.

2. Technologie

Le circuit multicouche (Figure 1) est définit par huit couches métalliques (*L1* à *L8*) gravées dans un substrat diélectrique de type Megtron6 dont la permittivité est de 3.6 et présentant une tangente de perte diélectrique de 6e-3. Les couches de « prepreg » sont assemblées par collage et pressage de part et d'autre du « Core » ; ce qui conduit à une structure symétrique du diélectrique. Une métallisation de chaque couche est réalisée entre chaque séquence d'assemblage des substrats. Contrairement au diélectrique, les motifs métalliques ne sont pas

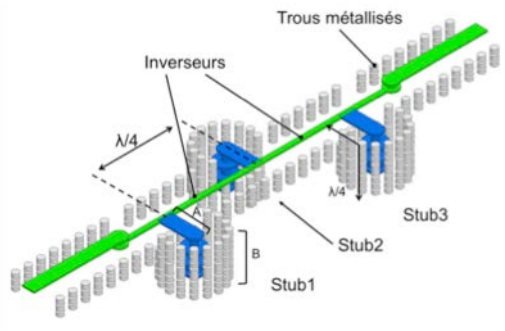


Figure 2 : Illustration 3D du filtre en bande Ka.

nécessairement symétriques. Les trous métallisés sont

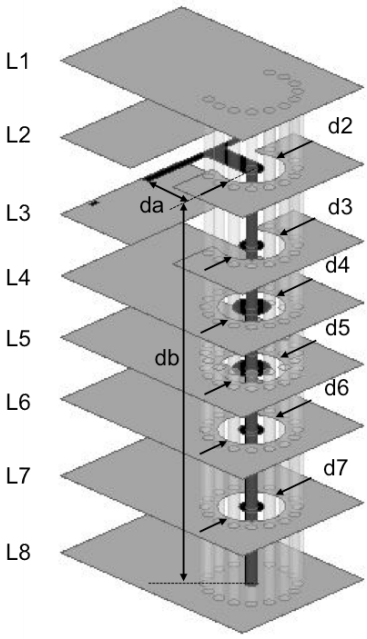


Figure 3 : Illustration 3D résonateur coaxial en bande Ka.

réalisés avec deux types de procédé de perçage. Le premier est un perçage mécanique et concerne uniquement le « Core ». Pour les couches de « prepreg », un second type de trous métallisés est réalisé grâce à un procédé de microvia laser. La structure du filtre est réalisée dans le substrat multicouche avec d'une part, la métallisation des différents niveaux et d'autre part, le perçage des différentes couches. Ces derniers permettent d'implémenter les résonateurs coaxiaux des filtres qui sont définis dans les parties suivantes.

3. Filtre à stub en bande Ka

Un filtre passe-bande d'ordre 3 en bande Ka a été réalisé. Une topologie à stub court-circuité (Figure 2) a été choisie pour être implémentée dans le substrat multicouche défini précédemment. La fréquence centrale du filtre est de 20 GHz et la bande passante relative est de 70 %. Nous choisissons de fixer les impédances caractéristiques des inverseurs identiques à 50 Ohms, et les stubs quart d'onde, à une impédance caractéristique de 30 Ohms. Les stubs sont constitués d'une section de

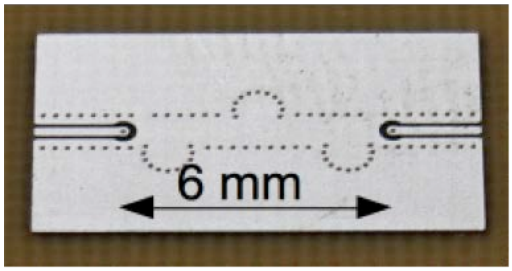


Figure 4 : Photographie du filtre en bande Ka.

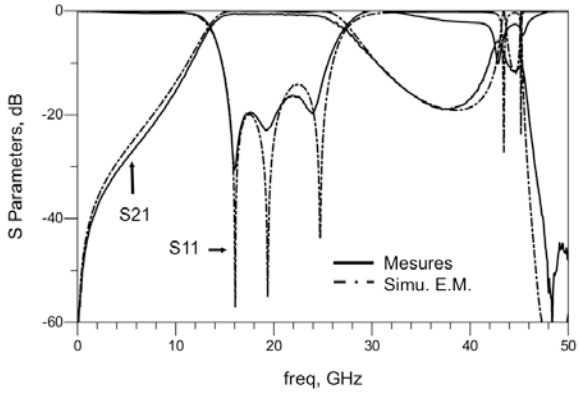


Figure 5 : Comparaison simulation/mesure du filtre en bande Ka.

ligne triplaque, notée *A*, et d'une section de ligne coaxiale, notée *B*, sur la Figure 2.

La Figure 3 illustre de façon détaillée le résonateur. Le court-circuit est réalisé par la métallisation de la couche L8. L'impédance caractéristique du résonateur est fixée d'une part, par l'impédance caractéristique de la ligne triplaque (*A*) qui est calculée avec les dimensions physiques du ruban et du substrat, et d'autre part, par la ligne coaxiale (*B*). L'impédance caractéristique de la ligne coaxiale est définie par les dimensions géométriques de l'âme centrale et du conducteur extérieur. L'âme centrale est constituée de trous métallisés et de pastilles. Cette succession de trous métallisés et de pastilles, crée une non-homogénéité d'impédance caractéristique dans la section coaxiale. Cette non-homogénéité rend difficile l'évaluation théorique de l'impédance caractéristique du résonateur. L'impédance caractéristique globale du stub sera donc ajustée lors de la phase d'optimisation du filtre. Le degré de liberté permettant d'ajuster l'impédance caractéristique du résonateur est le diamètre du conducteur extérieur (*d2*-*d7*).

La fréquence de résonance du stub est fixée par la longueur de la portion *A* (*da*) et la longueur de la portion *B* (*db*). La longueur *da* permet un ajustement continu tandis que la longueur *bd* permet d'ajuster de façon discrète, au pas d'une couche de substrat, la longueur du résonateur. Ces paramètres constituent également une souplesse de conception permettant un réglage précis de la longueur du résonateur.

La figure 4 présente la photographie du filtre fabriqué, ses dimensions sont de (6 mm x 2.3 mm x 0.8 mm). Les mesures illustrées à la Figure 5 sont en très

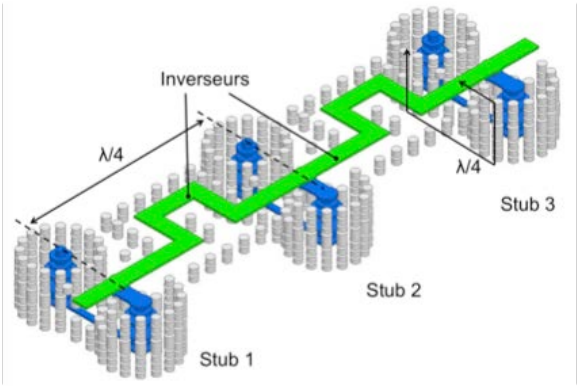


Figure 6 : Illustration 3D du filtre en bande X

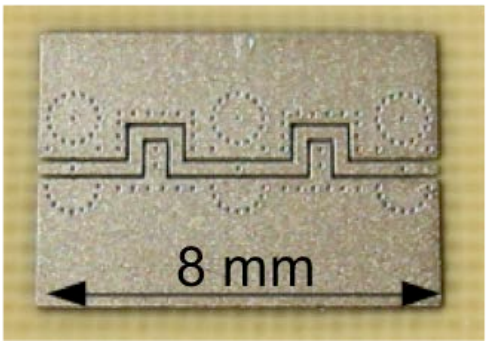


Figure 8 : Illustration 3D du filtre en bande X

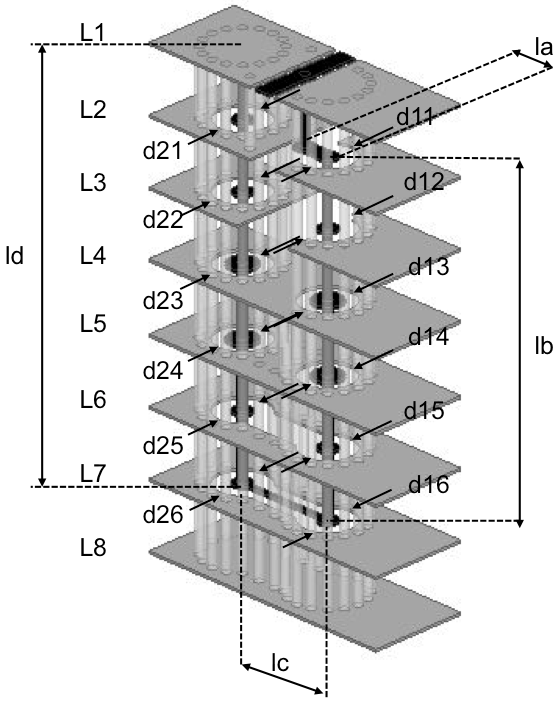


Figure 7 : Illustration 3D résonateur coaxial en bande X

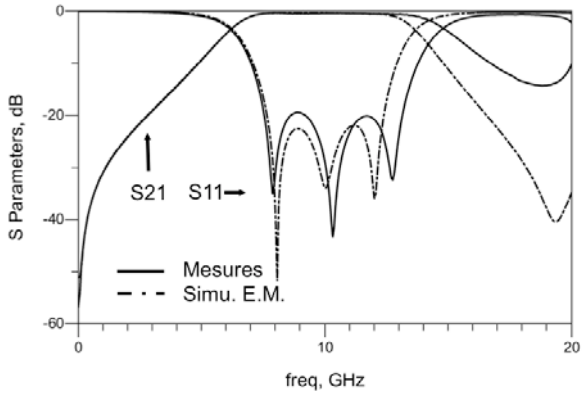


Figure 9 : Simulation du filtre en bande X

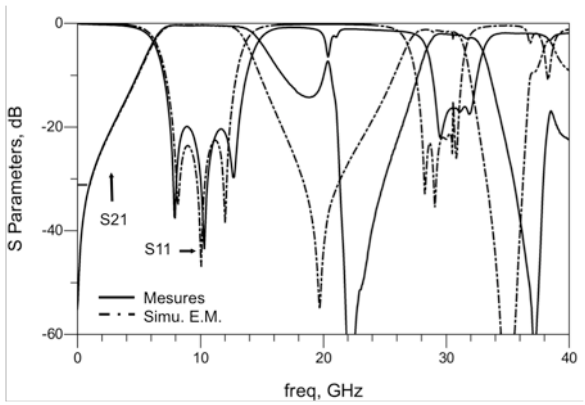


Figure 10 : Simulation large bande du filtre en bande X

bonne concordance avec la simulation. L'adaptation est meilleure que 18 dB dans la bande passante. Ce prototype illustre l'exploitation de l'épaisseur du substrat multicouche pour la miniaturisation de l'empreinte du filtre et en particulier du résonateur.

4. Filtre à stub en bande X

Cette partie illustre la possibilité de repliement d'un filtre à stub dans le substrat multicouche. Un filtre passe-bande d'ordre 3 en bande X (Figure 6) a été fabriqué. La fréquence de résonance du filtre est de 10 GHz et sa bande passante relative est de 70 %. Les impédances caractéristiques des éléments de ce filtre sont identiques à celles du filtre en bande Ka.

Le résonateur (Figure 7) est composé d'une section triplaque (*la*), d'une section coaxiale circulaire (*lb*), d'une section coaxiale rectangulaire (*lc*) [6], et enfin d'une section coaxiale circulaire (*ld*). Comme pour le filtre précédent, l'impédance caractéristique globale du stub est ajustée par les dimensions de chaque section. L'originalité de cette solution est basée sur le repliement du stub sous la ligne d'alimentation (couche *L1*) et de sa remontée jusqu'à la couche supérieure (*L1*). Le repliement du stub s'effectue avec une ligne coaxiale rectangulaire dans les couches inférieures, entre la couche *L5* et *L8*. Les parois latérales de cette section, sont assurées par des microvas implémentés entre les couches 5 et 8. La longueur de cette ligne permet également de régler finement la longueur du stub dont le court-circuit est effectué à la couche *L1*.

Le filtre a été réalisé sur le même substrat que précédemment. Une photographie du filtre est présentée à la Figure 8 : ses dimensions sont de 8 mm x 3.3 mm x 0.8 mm. La Figure 9 et la Figure 10 présentent la comparaison simulation/mesure du filtre. Sur la Figure 9, nous constatons qu'il y a une bonne concordance entre la mesure et la simulation. L'adaptation est meilleure que 20 dB dans la bande passante. Nous notons toutefois qu'il y a un élargissement de la bande passante de 14% et qu'une remontée parasite apparaît vers les 20 GHz. En effet, la réponse large bande présentée sur la Figure 10 met en évidence une résonance parasite à 21 GHz. Cette résonance parasite est due à une désynchronisation des résonateurs par rapport aux inverseurs. Etant donné que les stubs ne sont pas dans le même plan que les inverseurs, une dispersion sur la hauteur du substrat peut entrainer une longueur de stub différente de celle des inverseurs. Une longueur de stub de -10% explique cette résonance parasite. Cela correspond à une longueur *lb* et *ld* réduite de 8 %. Cette différence de hauteur est une dispersion due au pressage de l'empilement lors de la fabrication du substrat multicouche.

5. Conclusion

Afin de mettre en avant la souplesse technologique apportée par la structure multicouche présentée dans cette étude, deux filtres à résonateurs coaxiaux ont été réalisés : le premier en bande Ka et le second en bande X. La liberté d'implémentation des microvias laser a permis de rendre les filtres compacts grâce au repliement de leurs résonateurs. Les mesures effectuées montrent une bonne concordance avec la simulation pour le filtre en bande Ka et en bande X.

6. Bibliographie

[1] I. Llamas-Garro, M.J. Lancaster and P.S. Hall, "A Low-loss Wideband Suspended Coaxial Transmission Line", *Microw. And optical Tech. Letter"*, Vol. 43, Oct. 2004.

[2] A. Hardock, Y.H. Kwark, R. Rimolo-Donadio, H. Brüns and C. Schuster, « Using Via Stubs in Periodic Structures for Microwave Filter Design », *Comp. , Pack. And Manufact. Tech*., Vol4, July 2014.

[3] T. Yang and M. Rebeiz, "Compact Tunable 2.1-2.9 GHz Band-pass Filter Using a Novel Vertical Stepped-Impedance Resonator", *Int. Microw. Symp.*, June 2014.

[4] G-H Shiue, C-L Yeh, L-S Liu, H Wei et W-C Ku, "Influence and Mitigation of Longest Differential via Stubs on Transmission Waveform and Eye Diagram in a Thick Multilayered PCB," *Comp. , Pack. And Manufact. Tech*., Vol4, Oct. 2014.

[5] S Cadiou, C Quendo, E Schlaffer, W Pessl, A Le Fevre, M Brizoux, D Baudet, "SIW Q-band filters using advanced multilayer PCB technology", *European Microwave Conference, EuMC*, Oct. 2014.

[6] A. Jaimes-Vera, I. Llamas-Garro,A. Corona-Chavez et I. Zaldivar-Huerta, "CAD Modeling of a Rectangular Coaxial Filtering Device," *Int. Conf on Elec, Com. and Comp.*, 2007.