



**HAL**  
open science

# Réduction des couplages entre microvias et cavités pour la réalisation de filtres en bande Ka en technologie PCB multicouches

N Mahdi, T Le Gouguec, S. Cadiou, Cédric Quendo, E Schlaffer, W Pessl, A. Le Fevre

## ► To cite this version:

N Mahdi, T Le Gouguec, S. Cadiou, Cédric Quendo, E Schlaffer, et al.. Réduction des couplages entre microvias et cavités pour la réalisation de filtres en bande Ka en technologie PCB multicouches. XIXième Journée Nationales Microondes Bordeaux, Jun 2015, Bordeaux, France. hal-01160971

**HAL Id: hal-01160971**

**<https://hal.univ-brest.fr/hal-01160971>**

Submitted on 8 Jun 2015

**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.

## Réduction des couplages entre microvias et cavités pour la réalisation de filtres en bande Ka en technologie PCB multicouches

N MAHDI<sup>1</sup>, T LE GOUGUEC<sup>1</sup>, S CADIOU<sup>1</sup>, C QUENDO<sup>1</sup>, E SCHLAFFER<sup>2</sup>, W PESSL<sup>2</sup>, A LE FEVRE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université Européenne de BRETAGNE

<sup>1</sup>Lab-STICC UMR CNRS 6285, 6 Avenue Victor Le Gorgeu CS 93837 29283 BREST CEDEX 3

<sup>2</sup>ATS AG, Fabriksgasse 13, 87000 Leoben, Austria

<sup>3</sup>THALES Communications Security, 4 Avenue des Louvresses, 92622 Gennevilliers Cedex.

Thierry.legouguec@univ-brest.fr

### Résumé

Nous illustrons dans ce papier les effets du couplage entre les microvias et les cavités dans les PCB multicouches. Dans un premier temps, nous mettons en évidence, à l'aide de mesures des paramètres S, les dégradations entraînées par le couplage entre les vias et les cavités créées par les plans métalliques. Ceci est illustré dans le cas d'une double transition réalisée à l'aide de microvias empilés, reliant des lignes microrubans placées au niveau M1 à une ligne stripline située au niveau M3. Nous identifions le problème et nous proposons ensuite une technique permettant de limiter ces couplages et les dégradations des signaux au sein des PCB multicouches. Finalement, nous appliquons cette technique au cas de l'excitation d'un filtre stripline en bande Ka.

### 1. Introduction

Les technologies faibles coût telles que le LTCC ou bien les PCB multicouches, se développent beaucoup actuellement. Dans le cadre du projet Euripides MIDIMU-HD, nous étudions la possibilité de réaliser des filtres et autres fonctions hyperfréquences dans les bandes Ka et Q enterrées dans un PCB multicouches. Cette technologie développée par AT&S, se compose de 8 couches de métallisation séparées par un substrat megron 6 de permittivité relative  $\epsilon_R=3.6$  et de tangente de pertes  $tg(\delta)=0.006$  à 40 GHz. Les différentes couches métalliques peuvent être reliées entre elles à l'aide de vias et de microvias qui peuvent être superposés (jusqu'à 3). Cette technologie et les dimensions des différentes couches sont illustrés figure 1.

Dans ces structures multicouches il existe un risque important d'exciter, au travers des vias et microvias reliant les différentes couches métalliques entre elles, les cavités créées entre les différents plans métalliques [1]. Ce risque est d'autant plus grand que les fréquences sont élevées [2]. Dans ce papier, nous montrons les conséquences de l'excitation des modes de cavité sur une transition entre une ligne microruban et une ligne stripline intégrée. Nous identifions les différents modes de cavité excités. Nous proposons ensuite une technique permettant une limitation importante de ces couplages.

Nous démontrons l'intérêt de notre approche sur le cas de l'excitation d'un filtre stripline passe bande en bande Ka à partir d'accès microruban. Enfin, nous concluons ce travail et traçons quelques perspectives.

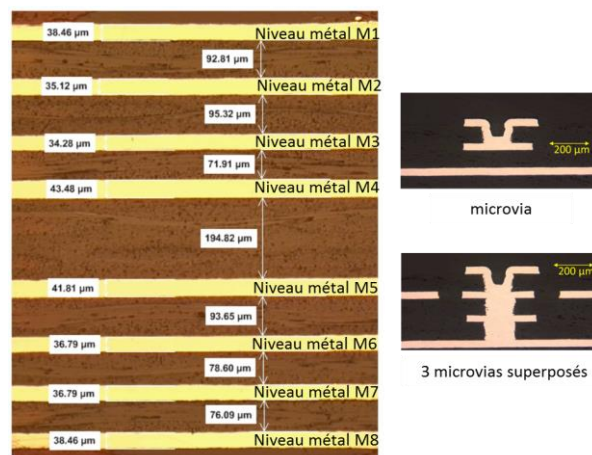


Photo du stack MIDIMU-HD

Figure 1: Technologie PCB multicouches et développée AT&S lors du projet MIDIMU-HD

### 2. Mise en évidence du couplage entre microvias et pseudo cavité

Afin d'illustrer les effets de l'excitation des modes de cavités sur les systèmes hyperfréquences, nous avons considéré une double transition entre une ligne microruban placée au niveau de métallisation M1 et une ligne stripline placée elle au niveau de métallisation M3. La structure stripline est blindée à l'aide de trous métallisés reliant l'ensemble des huit plans métalliques. La connexion entre la ligne microruban et la ligne stripline est réalisée à l'aide de trois microvias empilés. Un élargissement de la ligne microruban aux abords de des transitions permet de compenser l'effet inductif des microvias. Cette structure est présentée figure 2-a. Le résultat des mesures des paramètres S réalisées sous pointes et après une calibration TRL est présenté figure 2-b.

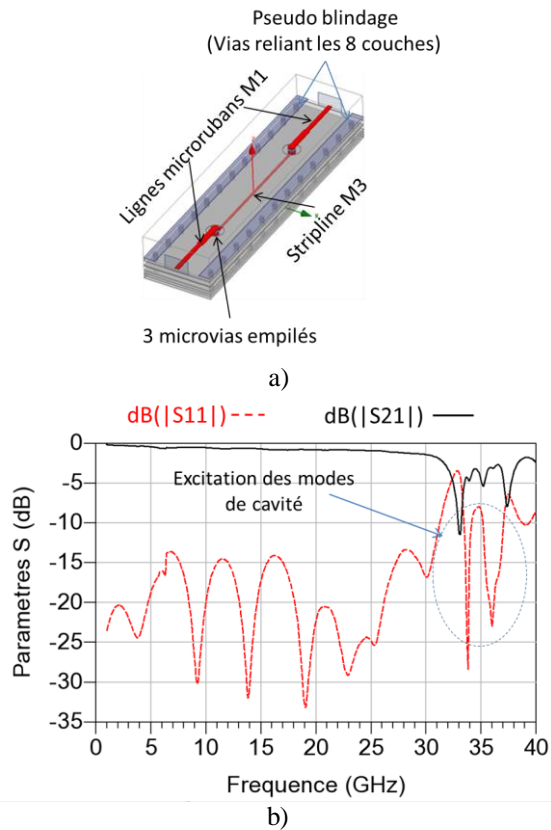


Figure 2: a) Double transition microruban-stripline ; b) paramètres S mesurés

Nous pouvons constater sur les mesures des paramètres S une très forte dégradation de la transmission (chute de 5 dB) et de l'adaptation (remontée parasite à  $>-5$  dB) au-delà de 30 GHz. Ces dégradations sont dues à l'excitation de la cavité constituée entre les plans métalliques des niveaux de métallisation M2 et M4. Une partie de l'énergie passe ainsi du mode guidé le long de la ligne stripline à un mode résonnant dans la cavité. Nous illustrons figure 3 ce phénomène. Nous présentons ainsi les lignes du champ électrique dans les couches de substrat diélectrique à la fréquence de 32 GHz correspondant au premier zéro observé sur la transmission. Les lignes de champs dans la cavité sont semblables à celle du mode TE<sub>101</sub> d'une cavité rectangulaire formée par les plans métalliques M2 et M4.

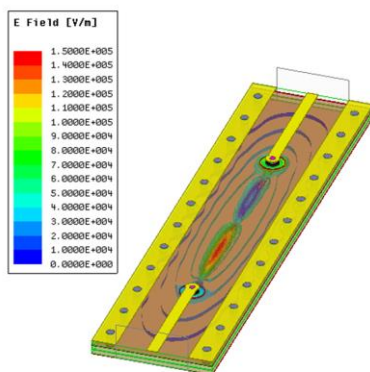


Figure 3: Lignes de champ électrique dans le substrat entre les plan M2 et M4 à 32 GHz.

### 3. Réduction des couplages entre vias et cavités.

Pour réduire l'excitation des modes de cavités, il est nécessaire de maîtriser les retours de courants entre les deux plans de masse la constituant [3]. Nous avons choisi de placer plusieurs microvias reliant les plans de masse entre eux et placés au plus près de la transition possible. A l'aide de simulations électromagnétiques, nous avons pu déterminer que l'utilisation de trois connexions entre plans métalliques entourant la transition (figure 4-a) permet pratiquement d'éliminer les couplages parasites dans la bande 0-40 GHz, comme nous pouvons le constater sur les comparaisons entre les mesures, avec et sans les connexions entre les plans M2 et M4, (figure 4-b). Ainsi, pour les fréquences supérieures à 30 GHz, le coefficient de transmission reste supérieur à -2 dB sur l'ensemble de la bande et l'adaptation supérieure à 10 dB lorsqu'on connecte les plans M2 et M4.

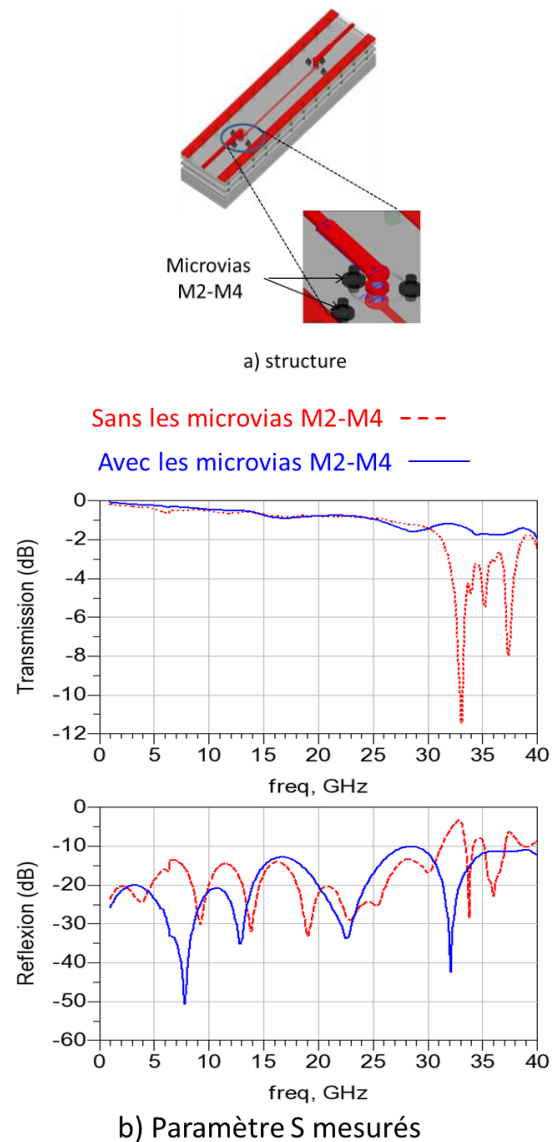
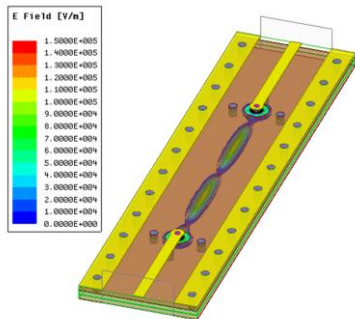


Figure 4: a) position des plots reliant les plans de masse M2 et M4 ; b) paramètres S mesurés avec et sans la présence de ces plots.

Si nous visualisons le champ électrique dans le substrat pour la structure contenant des plots entre M2 et M4 (Figure 5) à la fréquence de 32 GHz correspondant au premier zéro de transmission en absence des plots, nous constatons qu'il reste confiné autour des microvias et des lignes de transmission. Nous constatons ainsi que la cavité entre les plans M2 et M4 n'est pas excitée.



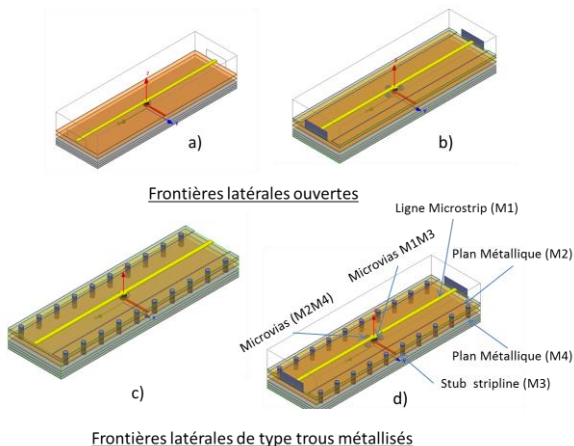
**Figure 5 : Lignes de champ électrique à 32 GHz en présence de plots reliant les plans M2 et M4 près des transitions.**

Nous illustrons dans le paragraphe suivant l'intérêt de connecter les plans de masse constituant la cavité au plus près des transitions sur le cas de l'excitation d'un stub et d'un filtre stripline en bande Ka.

#### 4. Application à l'excitation d'un stub CO et d'un filtre stripline passe bande.

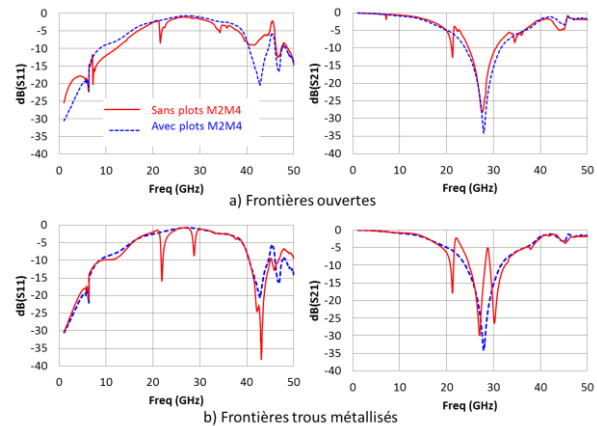
##### 4.a. Cas d'un stub CO

Pour illustrer l'intérêt des plots de connexions des masses placés auprès des vias de transition entre la ligne microruban et la stripline, nous avons considéré la structure présentée figure 6. Il s'agit d'une ligne microruban placée au niveau métal 1 sur laquelle nous plaçons au centre une transition vers un stub stripline au niveau métal M3. Ce stub est terminé par un circuit ouvert et dimensionné pour résonner à 25 GHz. Nous avons ici considéré les deux cas différents de frontières latérales, ouverte et réalisée à l'aide de trous traversants métallisés.



**Figure 6 : Stub stripline perturbant une ligne microruban : a) frontière ouverte sans plots, b) frontière ouverte avec plots M2M4 ; c) frontières trous métallisés sans plots d) frontière trous métallisés avec plots M2M4**

Les résultats de mesures de ces 4 structures sont présentés figure 7. Nous pouvons constater dans un premier temps que les réponses en absence de plots canalisant le champ électrique autour du via sont très perturbées et cela quelles que soient les frontières latérales ouvertes ou réalisées à l'aide de trous traversant métallisés. L'utilisation de plots reliant les plans de masse M2 et M4 au plus près de la transition permet clairement d'améliorer la réponse du sub qui n'est plus perturbé et cela quelles que soient les frontières latérales.

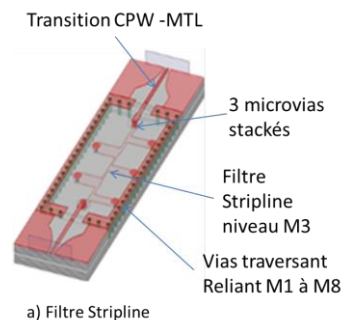


**Figure 7 : Mesures des paramètres S d'une ligne perturbée par un stub CO stripline.**

Nous avons également évalué l'intérêt de la transition proposée ici dans le cas de l'excitation d'un filtre.

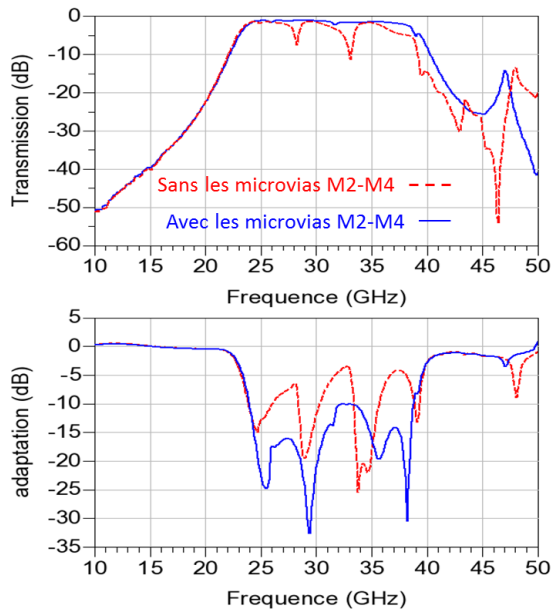
##### 4.b. Cas d'un de l'excitation d'un filtre stripline.

Nous considérons ici un filtre passe bande stripline à stubs CC et placé au niveau de métallisation M3. Ce filtre est excité au travers de 2 transitions microvias traversant le niveau métallique M2 et reliant les niveaux M1 et M3. Figure 8, nous présentons la topologie du filtre conçu pour avoir une fréquence centrale de 30 GHz et une bande passante relative de 50%. Ici les frontières de la cavité sont réalisées à l'aide de trous métallisés connectant entre elles l'ensemble des plans métalliques. Le filtre a été réalisé en technologie PCB multicouches par AT&S.



**Figure 8 : structure du filtre stripline passe bande et de son excitation.**

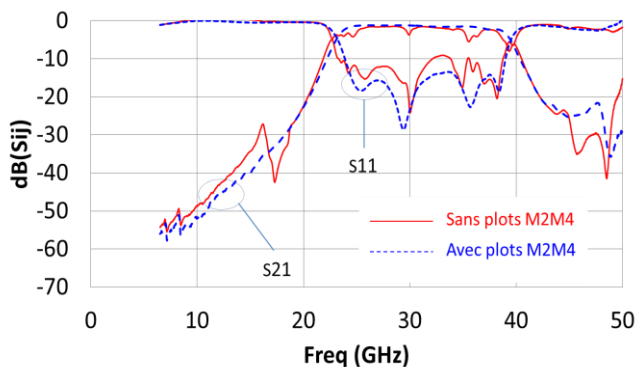
Figure 9, nous présentons les résultats des mesures réalisées sous pointes, pour les deux cas de figures, le cas où les transitions microrubans-striplines sont réalisées avec trois microvias superposés avec et sans les microvias connectant les plan M2 et M4 aux abords des transitions.



**Figure 9 : paramètres S mesurés du filtre Stripline et de son excitation microrubandans le cas de frontières latérales réalisées avec des trous métallisés.**

Une fois de plus nous pouvons constater qu'en absence des plots de connexion des masses M2 et M4 la réponse du filtre est très perturbée, on peut notamment noter l'apparition de résonance dans la bande passante (à  $F=28$  GHz et  $F=33$  GHz). L'introduction de connexions par microvias entre les plans M2 et M4 au plus près des transitions améliore nettement les performances du filtre. Ainsi avec les plots de connexions M2-M4, les pertes d'insertions restent constantes autour de 2 dB sur l'ensemble de la bande passante (25-38 GHz) et l'adaptation supérieure à 10 dB. En l'absence de ces plots, l'adaptation peut être inférieure à 5 dB et les pertes d'insertions peuvent atteindre 11 dB (à 33 GHz).

Pour le cas où les frontières latérales du filtre sont de type circuits ouverts nous obtenons des résultats tout à fait comparables comme nous l'illustrons figure 10. L'insertion de microvias superposés reliant les masses supérieure et inférieure et placés au plus près des transitions permet une importante amélioration de la réponse du système.



**Figure 10 : Paramètres S mesurés du filtre stripline et de son excitation microruban dans le cas de frontières latérales ouvertes.**

## 5. Conclusion.

Dans cette communication, nous avons montré les effets du couplage entre des microvias et des cavités dans les structures PCB multicouches blindées ou ouvertes. Ces couplages peuvent entraîner des dégradations des performances d'un équipement hyperfréquence inséré au sein des couches du PCB, comme la détérioration de la transmission sur une simple ligne ou bien de la réponse d'un filtre. Nous avons mis en évidence l'intérêt de relier les plans métalliques de la cavité entre eux au plus près des transitions et nous avons illustré cette technique sur l'excitation de stubs CO ou bien d'un filtre stripline et cela en considérant différents cas de frontières latérales (ouverte ou réalisée avec des trous métallisés). Ce travail est à rapprocher du travail de modélisation des couplages cavités vias que nous avons également entrepris lors du projet MIDIMU-HD [4].

## 6. Bibliographie

- [1] M. M. Pajovic, et al, "Gigahertz-Range Analysis of Impedance Profile and Cavity Resonances in Multilayered PCBs," *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. 52, no. 1, pp. 179–188, Feb. 2010.
- [2] R. Rimolo-donadio, et al, "Physics-Based Via and Trace Models for Efficient Link Simulation on Multilayer Structures Up to 40 GHz," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 57, no. 8, pp. 2072–2083, 2009.
- [3] I. Ndip, et al, "Modeling , Quantification , and Reduction of the Impact of Uncontrolled Return Currents of Vias Transiting Multilayered Packages and Boards," *IEEE Trans. Electromagn. Compat. VOL. 52, NO. 2, MAY 2010*, vol. 52, no. 2, pp. 421–435, 2010.
- [4] T. Le Gouguez et al, « Modélisation jusqu'à 45 GHz des couplages entre microvias et cavités en technologie PCB multicouches quelles que soient les frontières. », 19<sup>ième</sup> JNM Bordeaux.