



HAL
open science

Filtre à lignes couplées commutées pour accord en fréquence

Corentin Le Lez, Rozenn Allanic, Denis Le Berre, Cédric Quendo, Rose-Marie Sauvage, Aude Leuliet, Thomas Merlet, Douglas Silva de Vasconcellos, Virginie Grimal, Damien Valente, et al.

► To cite this version:

Corentin Le Lez, Rozenn Allanic, Denis Le Berre, Cédric Quendo, Rose-Marie Sauvage, et al.. Filtre à lignes couplées commutées pour accord en fréquence. 22èmes journées nationales des microondes, Jun 2022, Limoges, France. hal-03785463

HAL Id: hal-03785463

<https://hal.science/hal-03785463v1>

Submitted on 5 Jul 2024

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.

Filtre à lignes couplées commutées pour accord en fréquence

C. Le Lez¹, R. Allanic¹, D. Le Berre¹, C. Quendo¹, R-M Sauvage², A. Leuliet³, T. Merlet³, D. Silva De Vasconcellos⁴, V. Grimal⁴, D. Valente⁴, J. Billoué⁴

¹ Univ Brest, Lab-STICC, CNRS, UMR 6285, F-29200 Brest, France

²Direction Générale de l'Armement, 60 Boulevard du Général Martial Valin, 75509 Paris, France

³Thales LAS, Elancourt, 78995, France

⁴Laboratoire GREMAN, Université de Tours, Tours 37071, France
corentin.lelez@univ-brest.fr

Résumé – Cette étude présente une nouvelle approche de conception de filtres RF à lignes couplées commutées accordables en fréquence. Le filtre d'ordre 2 offre une modification de sa fréquence centrale de 2,5 GHz à 4 GHz avec 25% de bande passante à l'aide de diodes N⁺PP⁺ intégrées au substrat silicium. Ce prototype sur silicium propose une avancée vers des filtres planaires accordables intégrés à forte accordabilité pour applications 5G et RADAR. Un filtre similaire sur substrat composite à diodes reportées a été également réalisé pour comparaison.

1. Introduction

L'introduction de composants accordables dans les systèmes RF est un enjeu majeur car elle répond à plusieurs problématiques cruciales telles que l'intégration et la flexibilité dans les domaines tant civils que militaires. Cette accordabilité peut être implémentée par l'ajout de composants actifs tels que des diodes (localisées [1] ou distribuées [2]), des switches MEMS (Micro-Electro-Mechanical System) [3] ou encore des diodes varactor [4].

Les filtres à lignes couplées sont bien maîtrisés dans la littérature [5, 6]. Les synthèses usuelles utilisent soit des lignes aux terminaisons en court-circuit (CC), soit en circuit-ouvert (CO). Cet article présente une approche consistant à unifier ces synthèses, permettant de maîtriser les réponses à la fois en CO et en CC du filtre afin d'ajouter une accordabilité en fréquence.

2. Prototype à éléments d'accord intégrés

2.a. Approche proposée et simulation

La Figure 1 représente le dessin du filtre à lignes couplées commutées accordables en fréquence sur substrat silicium haute résistivité (type P, $\epsilon_r = 11,9$, $\rho = 2500 \Omega \cdot \text{cm}$). Ce filtre est accordable par commutation des extrémités des lignes couplées de CO (mode OFF) à CC (mode ON) grâce aux éléments d'accord, i.e. jonctions N⁺PP⁺, intégrées dans le substrat. La synthèse de ce filtre sera développée dans la version finale de l'article dans les deux états de commutation. Les dimensions en mm du filtre sont : L1 = 7, L2 = 9, L3 = 6, L4 = 1,7 et L5 = 1,6.

Des stubs radiaux ont été ajoutés pour la polarisation des jonctions centrales. La simulation HFSSTM, Figure 2,

illustre bien la capacité du circuit à commuter de 4 GHz (mode OFF) à 2,5 GHz (mode ON). Cette commutation est simulée par variation de la tangente de pertes dans la jonction en fonction de sa résistivité qui dépend de la tension de polarisation. La résistivité pour le mode OFF est égale à celle du substrat, i. e. 2500 $\Omega \cdot \text{cm}$, tandis que celle du mode ON est égale à 0,5 $\Omega \cdot \text{cm}$.

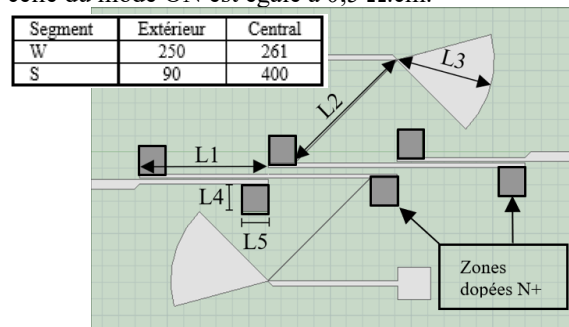


Figure 1. Vue d'ensemble du filtre sur HFSSTM et dimensions des lignes couplées (μm)

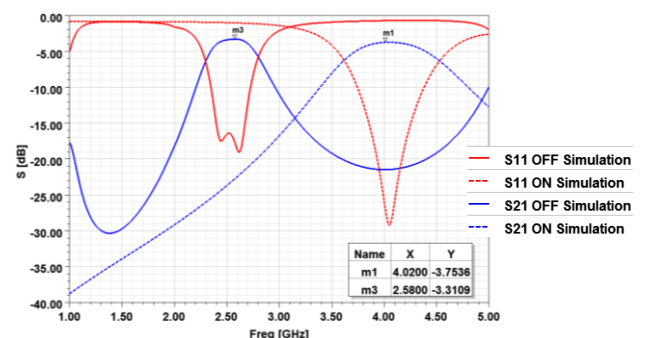


Figure 2. Résultats HFSSTM simulés

2.b. Mesures et rétro-simulations

Le circuit sur substrat silicium a été réalisé au laboratoire GREMAN à Tours, par dépôt de couche mince. Il a été mesuré avec un VNA ZVA67 de R&S connecté à une cellule de mesure Anritsu 3680K.

Les résultats de mesure sont comparés aux simulations Figure 3. Nous constatons que la commutation des diodes ne permet pas d'obtenir une résistance aussi faible qu'attendue, ce qui introduit des pertes supplémentaires. Cela peut être corrigé avec un réseau de polarisation mieux dimensionné. De plus, un défaut de métallisation a été remarqué, augmentant significativement la résistance

des éléments conducteurs, et rendant la polarisation moins efficace. De nouveaux circuits sont en cours de fabrication pour rectifier ces défauts, et leurs mesures seront exposées dans la version finale de l'article, avec les rétro-simulations. La bonne correspondance entre les rétro-simulations et mesures permettent de conclure que la métallisation et la polarisation insuffisante des diodes sont les causes des écarts entre simulations et mesures.

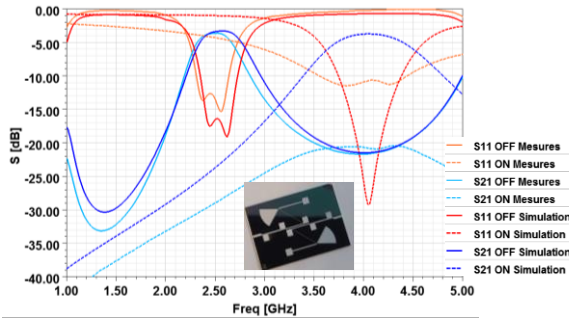


Figure 3. Comparaison simulation / mesure

3. Prototype à diodes reportées

Afin de démontrer la pertinence de l'approche indépendamment du moyen de fabrication, un prototype sur substrat Rogers RT/duroid 6010 ($\epsilon_r = 10,2$, $\tan \delta = 0,0023$) de 0,64 mm d'épaisseur est présenté Figure 4. Il utilise des diodes PIN SMP1340-079 reportées. Les fréquences de fonctionnement sont de 3 GHz (en mode ON) à 3,5 GHz (en mode OFF) et la bande passante est de 8%. Les dimensions en mm du filtre sont : $W1 = 0,56$, $W2 = 0,9$, $W3 = 0,2$, $L1 = 0,8$, $L2 = 1,2$ et $L3 = 3$. Les performances en simulation sont données Figure 5. Chaque segment de ligne couplée mesure 5,2 mm de long et les accès 12 mm. Les mesures du circuit sur substrat Rogers (Figure 6) ne correspondent pas tout à fait aux simulations mais, pour valider notre approche, des rétro-simulations ont été faites et seront également présentées dans la version finale de l'article.

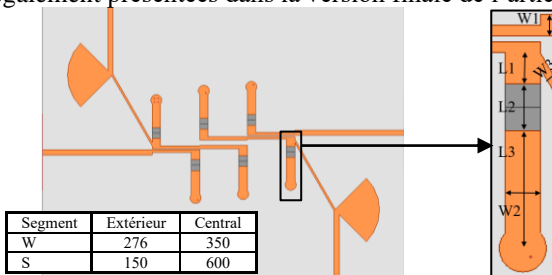


Figure 4. Vue d'ensemble du filtre à diodes reportées et dimensions des lignes couplées (μm)

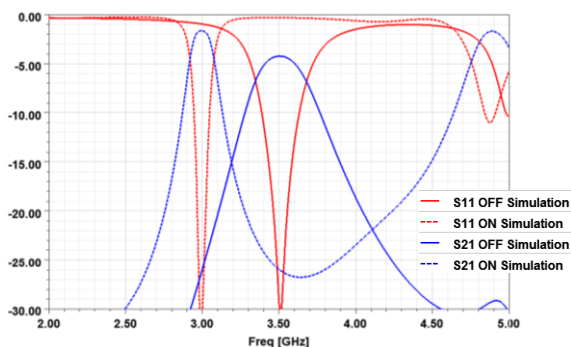


Figure 5. Réponse en paramètres S simulée.

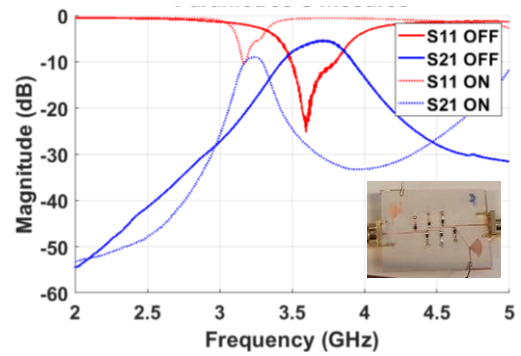


Figure 6. Paramètres S mesurés

4. Discussion

Les deux dispositifs ont été conçus pour avoir des performances proches car les contraintes de fabrication sont différentes sur les deux technologies. Le type de charge et la précision de gravure étant différents, la plage d'accord et de bande passante accessibles diffèrent.

L'utilisation d'un procédé de fabrication industriel aurait permis de réduire drastiquement les incertitudes de fabrication et donc les écarts entre simulation et mesure.

Globalement, le dispositif sur silicium offre une meilleure flexibilité grâce à sa meilleure résolution et son élément d'accord intégré offre de meilleures perspectives en plus hautes fréquences. Les itérations suivantes de ces dispositifs posséderont un meilleur réseau de polarisation ainsi qu'un substrat plus fin, permettant d'atteindre des fréquences de fonctionnement au-dessus de 10 GHz, difficilement atteignable pour un circuit à diodes reportées tel qu'exposé précédemment.

5. Conclusion

Un filtre accordable planaire à diodes distribuées à l'ordre 2 a été présenté, simulé et réalisé, ainsi que les écarts caractérisés. Un prototype sur substrat Rogers démontre la valeur ajoutée par la co-conception sur substrat semiconducteur, progressant vers des filtres accordables intégrables haute fréquence.

Références

- [1] H. A. Mohamed *et al.*, "Compact dual mode switchable BPF — BSF using RF PIN diodes and DGS," *IEEE Asia-Pacific Microw. Conf.*, Seoul, 2013
- [2] C. Quendo *et al.*, "Novel approaches to design tunable devices," *IEEE 18th Wirel. and Microw. Techn. Conf. (WAMICON)*, Cocoa Beach, FL, 2017
- [3] K. Entesari et G. M. Rebeiz, "A differential 4-bit 6.5-10-GHz RF MEMS tunable filter", *IEEE Trans. on Microw. Theory & Techn.*, vol. 53, no 3, p. 1103-1110, mars 2005
- [4] Y. I. A. Al-Yasir *et al.*, "Design of Bandpass Tunable Filter for Green Flexible RF for 5G," *IEEE 2nd 5G World Forum (5GWF)*, Dresden, Germany, 2019
- [5] G. L. Matthaei, L. Young, et E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance Matching Networks and Coupling Structures*. Volume 1. 1964
- [6] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 4th Edition. Wiley, 2011.