



HAL
open science

Résonateur coupe-bande accordable SIW

Mathieu Cariou, Stéphane Cadiou, Benjamin Potelon, Cédric Quendo, Rémi Ségalen, Françoise Mahé

► **To cite this version:**

Mathieu Cariou, Stéphane Cadiou, Benjamin Potelon, Cédric Quendo, Rémi Ségalen, et al.. Résonateur coupe-bande accordable SIW. Journées Nationales Microondes, Jun 2015, Bordeaux, France. hal-01710479

HAL Id: hal-01710479

<https://hal.science/hal-01710479>

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.

Résonateur coupe-bande accordable SIW

Mathieu Cariou^{1,2}, Stéphane Cadiou¹, Benjamin Potelon¹, Cédric Quendo¹,
Rémi Ségalen² et Françoise Mahé²

¹Université de Brest, Lab-STICC, UMR CNRS 6285, 6 avenue le Gorgeu, CS 93837, 29238 Brest cedex 3

²Thales Systèmes Aéroportés, 10 avenue 1ère DFL, CS 93801, 29238 Brest cedex 3

mathieu.cariou@univ-brest.fr

Résumé

Cette communication présente un nouveau compromis entre le facteur de qualité à vide et la gamme d'accord d'un résonateur coupe-bande accordable. Un résonateur SIW (Substrate Integrated Waveguide) est utilisé afin d'obtenir un facteur de qualité à vide supérieur aux solutions planaires classiques. Une solution originale d'accordabilité est présentée, basée sur un court-circuit équivalent qui permet de fermer la cavité. L'accord en fréquence est obtenu grâce à l'utilisation d'une diode varactor qui modifie la position de ce court-circuit équivalent. Un résonateur accordable coupe-bande SIW a été réalisé et mesuré. Celui-ci illustre ce nouveau compromis entre gamme d'accord (2 %) et performances électriques (facteur de qualité à vide compris entre 130 et 140).

1. Introduction

Les résonateurs coupe-bandes accordables peuvent être caractérisés par leur gamme d'accord et leurs performances électriques, ces dernières étant quantifiées par le facteur de qualité du dispositif. Il existe diverses solutions pour implémenter des résonateurs coupe-bande telles que celles basées sur des résonateurs diélectriques ou encore celles basées sur des résonateurs planaires [1] cependant, quelque soit la solution retenue, les concepteurs font toujours face à un compromis entre facteur de qualité et gamme d'accord. Ainsi, les résonateurs diélectriques présentent un fort facteur de qualité à vide et une gamme d'accord relatif en fréquence de quelques pourcents. Les résonateurs planaires présentent une plus large gamme d'accord mais souffrent d'un facteur de qualité plus faible que celui des résonateurs diélectriques.

Cette communication propose un nouveau compromis basé sur l'utilisation d'une cavité résonante SIW [2-5] accordée grâce à un varactor. Le facteur de qualité de cette dernière est supérieur à celui d'un résonateur à ligne de transmission planaire. L'accordabilité en fréquence est basée sur un court-circuit équivalent, dont la position est contrôlée électriquement par une diode varactor. Ce court-circuit équivalent est utilisé afin de fermer électriquement la cavité SIW. Ainsi, un résonateur coupe-bande accordable SIW a été réalisé en bande X. Le dispositif ainsi que le compromis entre le facteur de qualité et la gamme

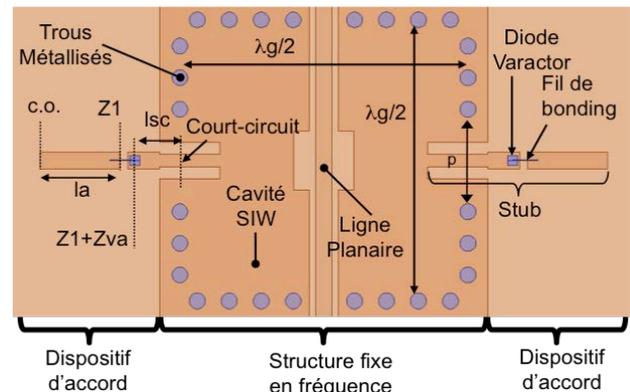


Figure 1. Illustration du résonateur coupe-bande SIW.

d'accord sont décrits dans la section 2. Enfin, les mesures du résonateur coupe-bande accordable SIW sont présentées dans la section 3.

2. Description et conception du résonateur coupe-bande accordable SIW

2.a. Structure fixe en fréquence

La structure fixe en fréquence est basée sur celles étudiées dans [6-7]. Le couplage entre la ligne de transmission et la cavité est contrôlé par un saut d'impédance [7]. Le résonateur est composé d'une cavité résonante SIW qui est alimentée par une ligne de transmission gravée sur la face supérieure, comme illustré sur la partie centrale de la Figure 1. Ensuite, pour anticiper l'intégration de l'élément d'accord, décrit dans la partie suivante, le résonateur doit être modifié. Afin d'intégrer le dispositif d'accord à la cavité SIW, certains trous métallisés latéraux ont été écartés, créant ainsi deux ouvertures symétriques et identiques de largeur p (Figure 1).

Cependant, ces ouvertures ont un impact sur le facteur de qualité à vide de la cavité [3]. Pour la structure fixe en fréquence, l'évolution du facteur de qualité à vide en fonction de la largeur normalisée p ($p/\lambda g$) est représentée sur la Figure 2. Il convient de souligner que le facteur de qualité à vide maximal est de 460, et ce dernier décroît lorsque l'ouverture $p/\lambda g$ augmente.

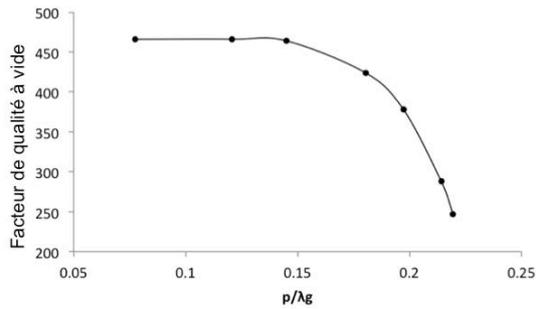


Figure 2. Facteur de qualité à vide du résonateur SIW en fonction de l'ouverture p .

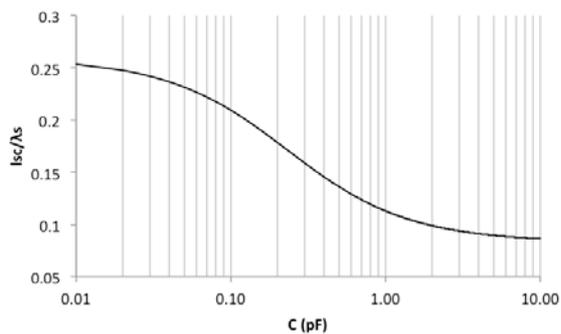


Figure 3. longueur l_{sc} normalisée en fonction de la valeur de la capacité C .

Par conséquent, l'ouverture normalisée $p/\lambda g$ doit être correctement choisie pour maintenir un facteur de qualité à vide, le plus élevé possible. Par ailleurs, le système d'accord doit également être considéré lors du choix de la valeur de $p/\lambda g$.

2.b. Principe de fonctionnement du système d'accord

Un nouveau dispositif d'accord a été conçu afin de modifier, grâce à une commande électrique, la fréquence de résonance du dispositif. Ce système d'accord est illustré à la Figure 1, il est connecté de part et d'autre de la cavité SIW à travers les ouvertures de largeurs p . L'objectif est de créer un court-circuit électrique équivalent et de l'utiliser en tant que condition de fermeture de la cavité SIW. La variation de la position de ce court-circuit équivalent implique un décalage de la fréquence de résonance. Le dispositif d'accord est contrôlé par un varactor connecté en série avec un stub. Ainsi, autour de la fréquence de résonance, le stub et le varactor sont alimentés par la cavité SIW. Alors, le circuit-ouvert du stub ramène un court-circuit à une distance électrique équivalente à un quart de la longueur d'onde. La position de ce court-circuit équivalent est donc contrôlée par le varactor et les paramètres du stub.

La position du court-circuit équivalent peut être déterminée mathématiquement en utilisant les équations relatives aux lignes de transmissions : tout d'abord, l'impédance Z_1 , indiqué sur la Figure 1, est calculée en utilisant l'équation suivante (1) :

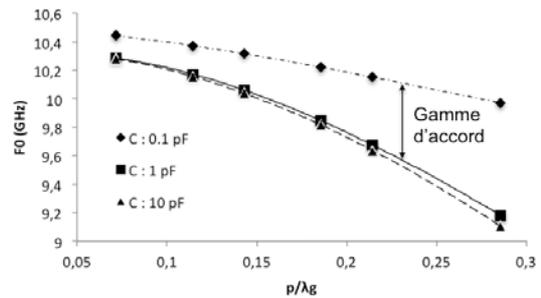


Figure 4. Fréquence de résonance en fonction de l'ouverture p et de la valeur de capacité.

$$Z_1 = -jZ_c / \tan(\beta \cdot la) \quad (1)$$

où la correspond à la longueur de la première partie du stub, $\beta = 2\pi/\lambda_s$ est la constante de phase du stub, λ_s est la longueur d'onde guidée dans le stub, et Z_c est l'impédance caractéristique du stub.

Ensuite, l'impédance du varactor est calculée avec l'équation suivante (2) :

$$Z_{va} = -j / C \cdot \omega_0 \quad (2)$$

Au final, la position du court-circuit équivalent est obtenue en utilisant l'équation (3) :

$$l_{sc} = \arctan\left(\frac{j(Z_1 + Z_{va})}{Z_c}\right) \cdot \frac{1}{\beta} \quad (3)$$

En se basant sur cette dernière équation, les distances normalisées l_{sc} (l_{sc}/λ_s) pour différentes valeurs de capacités, sont illustrées sur la Figure 3. Nous remarquons que pour différentes valeurs de C , la distance l_{sc} varie, et par conséquent, la position du court-circuit équivalent varie également. Il faut noter que pour obtenir une variation importante de l_{sc} , la capacité C doit être choisie entre 0.1 pF et 1 pF.

2.c. Compromis entre gamme d'accord et facteur de qualité à vide

La Figure 4 montre la gamme d'accord réalisable pour une ouverture normalisée $p/\lambda g$ donnée, et pour différentes valeurs de capacités C . La gamme d'accord est représentée pour une ouverture $p/\lambda g$ donnée par la différence entre chaque courbe de capacité. En concordance avec la partie précédente, lorsque la valeur de capacité est faible, l_{sc} augmente, la taille de la cavité réduite, et la fréquence de résonance augmente. Cela confirme également la nécessité d'avoir une valeur de capacité comprise entre 0.1 pF et 1 pF pour obtenir une variation optimale de la fréquence de résonance. De plus, il faut noter que plus l'ouverture normalisée p ($p/\lambda g$) est large, plus la gamme d'accord est grande. Néanmoins, il convient de souligner que l'augmentation de la largeur de l'ouverture normalisée p ($p/\lambda g$) a un impact négatif sur le facteur de qualité à vide. Par conséquent, il existe un compromis entre le facteur de qualité à vide et la

gamme d'accord. Par la suite, en tenant compte des données Figure 2 et Figure 4, nous avons choisis une ouverture normalisée p (p/λ_g) de 0.15, ceci afin de maintenir un fort facteur de qualité avec une gamme d'accord de 3%. La prochaine partie présente la conception du résonateur coupe-bande accordable SIW.

2.d. Conception d'un résonateur coupe-bande accordable SIW

Un résonateur coupe-bande accordable SIW a été réalisé sur un substrat d'alumine de permittivité 9.6, d'épaisseur 635 μm et de tangente de pertes $3e-4$. La métallisation est de l'or d'épaisseur 4 μm . La diode varactor utilisée est une GMV9801 de la société SKYWORKS dont la capacité varie entre 0.1 pF et 1.1 pF, pour une tension comprise respectivement entre 12 V et 0 V.

3. Résultats expérimentaux

Le circuit réalisé est présenté dans la Figure 5. Le circuit de polarisation pour l'alimentation DC a été implémenté grâce à des lignes de transmission. Le but de ces dernières est de découpler le signal DC et le signal hyperfréquence en présentant à l'extrémité du stub, une condition de circuit ouvert (Figure 5) dans la bande de travail. Les simulations électromagnétiques ont été effectuées par ANSYS HFSS™ en intégrant le circuit de polarisation ainsi que la résistance série du varactor. La valeur de cette résistance est donnée à 2.5 Ohm par les données du constructeur. Les paramètres S sont présentés aux Figures 6 et 7. Les résultats de mesures sont en bon accord avec la simulation en dépit de légères différences qui peuvent être expliquées par des dispersions technologiques.

Les principales performances sont résumées dans le Tableau I. Le facteur de qualité à vide est calculé avec l'équation (4) en utilisant l'équation (5) :

$$Q_0 = \frac{Ql}{(1 - S_{11}_0)} \quad (4)$$

$$Ql = F_0 / (\Delta F_{-3dB}) \quad (5)$$

En simulation, le facteur de qualité à vide a été évalué entre 105 et 115, et la gamme d'accord est d'environ 3%. Les mesures montrent un facteur de qualité à vide entre 130 et 140 pour une gamme d'accord de 2%. Comme mentionné précédemment, les valeurs correspondant au modèle du varactor et les dispersions technologiques, peuvent expliquer les différences entre simulation et mesure. Pour résumer, les mesures présentent un facteur de qualité à vide légèrement plus fort que les simulations mais en contrepartie, la gamme d'accord est plus basse. Néanmoins, cela constitue un compromis original pour un résonateur coupe-bande accordable.

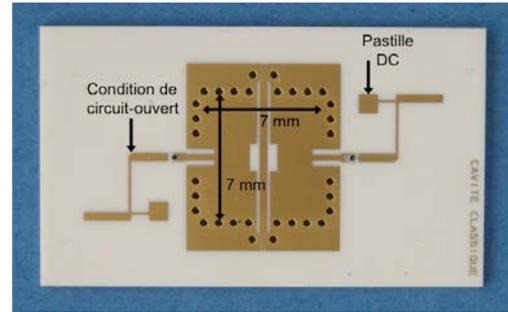


Figure 5. Photographie du circuit fabriqué.

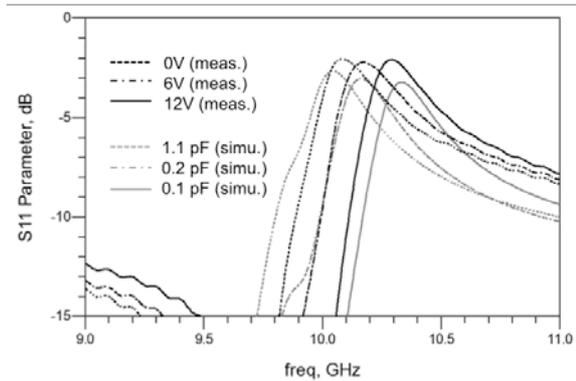


Figure 6. Mesures et simulation EM en réflexion du résonateur coupe-bande accordable SIW.

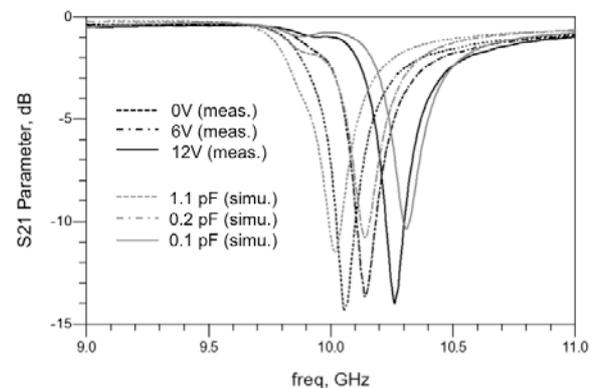


Figure 7. Mesures et simulation EM en transmission du résonateur coupe-bande accordable SIW.

TABLE I
CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES OBTENUES
EN SIMULATIONS ET MESURES

	F0min (GHz)	F0max (GHz)	Q0	Gamme d'accord
Simu.	10.02 (1.1p)	10.34 (0.1p)	115 – 105	3.1 %
Mesure	10.05 (0V)	10.26 (12V)	140 – 130	2.1 %

4. Conclusion

Cette communication présente un nouveau compromis entre facteur de qualité à vide et gamme

d'accord d'un résonateur coupe-bande accordable. Le principe d'accord est basé sur le déplacement d'un court-circuit équivalent, dont la fonction est de fermer la cavité SIW. La variation de la position du court-circuit équivalent est obtenue grâce à un varactor. Un prototype en bande X a été réalisé et mesuré. Les mesures sont en accord avec la simulation et montrent une bande d'accord relative de 2 % et un facteur de qualité à vide entre 130 et 140.

5. Bibliographie

- [1] K.V. Buer and E.B. El-Sharawy, "A novel technique for tuning dielectric resonators," *IEEE Trans. Microw. Theory and Tech.*, vol. 43, no. 1, pp. 36-41, Jan. 1995.
- [2] L. Dussopt, G.M. Rebeiz, "A very low phase noise SiGe VCO at X-band frequencies," *Dig. of Silicon Monolithic Int. Cir. in RF Sys.*, pp. 219-221, Sept. 2001.
- [3] D. Deslandes and K. Wu, "Single-Substrate Integration Technique of Planar Circuits and Waveguide Filters," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol.51, no. 2, pp. 593-596, Feb. 2003.
- [4] S. Sirci, J.D. Martinez, M. Taroncher, and V.E. Boria,, "Analog tuning of compact varactor-loaded combline filters in substrate integrated waveguide," *Eur. Microw. Conf.*, pp.257-260, Oct. 2012.
- [5] J. Small, W. Irshad, and D. Peroulis, "A fast high-Q X-band RF-MEMS reconfigurable evanescent-mode cavity resonator," *IEEE MTT-S Int. Microw. Symp. Dig.*, pp.1-3, June 2012.
- [6] Li-Woo Lee, Seung-Hyun Han, Tae-Soon Yun, Hee Nam, Seung-Yeon Oh and Jong-Chul Lee, "A New Substrate Integrated Waveguide (SIW) Cavity Resonator with Reflective Characteristic," *Asia-Pacific Microw. Conf.*, pp. 1-4, Dec. 2007.
- [7] Ahmad, B.H. and I.C. Hunter, "Design and fabrication of a substrate integrated waveguide bandstop filter," *Eur. Microw. Conf.*, pp. 40-42, Oct. 2008.