



Novel Miniaturized Tunable Filters with Optical Control

Paul Leshauris

► **To cite this version:**

Paul Leshauris. Novel Miniaturized Tunable Filters with Optical Control. Other. Université de Limoges, 2016. English. <NNT : 2016LIMO0078>. <tel-01442667>

HAL Id: tel-01442667

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01442667>

Submitted on 20 Jan 2017

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.

Au cours de ces dernières années, les chercheurs ont démontré l'importance de l'accordabilité dans les systèmes de télécommunications fonctionnant pour des multiples bandes de fréquences, afin de réduire leur complexité et leur coût.

Ce travail se focalise sur des filtres innovants accordables optiquement et propose ainsi une solution alternative aux méthodes plus classiques comme les MEMS, les diodes, les matériaux ferroélectriques et ferromagnétiques. En effet, une solution comme celle-ci simplifie potentiellement le design, la réalisation et diminue la complexité des composants RF accordables, car le signal d'activation (optique) est découplé avec le signal utile (électromagnétique), enlevant donc le besoin de circuits de polarisation pouvant être souvent parasites.

Un premier résonateur basé sur la technologie SIW (Substrate Integrated Waveguide) et sur un effet dit métamatériau a été créé dans le Chapitre 2 afin d'assurer de bonnes performances ainsi qu'une bonne compacité. Une plage d'accord intéressante autour des 65% est atteinte, à l'aide de capacités CMS (Composants Montés en Surface) allant de 0pF à 5,6pF, avec un facteur de qualité à vide (Q_0) à 116. Avec de telles caractéristiques cette structure détient un des meilleurs compromis entre la taille et la plage d'accord (à l'aide de capacités CMS) comparativement aux autres composants développés dans la littérature. Dans ce même chapitre, un étage d'accordabilité a été étudié afin de prédire les impacts de ce second « étage » sur les performances RF globales. Grâce à un processus d'assemblage convenable pour nos bandes de fréquences utiles (S et L) les effets sur le facteur de qualité à vide et sur la plage d'accord sont faibles.

Cependant, dans le but de prévoir l'utilisation de switches RF à pertes, un nouveau résonateur ayant un Q_0 plus développé a été conçu et mesuré dans le Chapitre 3. En chargeant la cavité par un plot capacitif, une nouvelle structure en Alumine fabriquée grâce à la Stéréolithographie a ainsi été créée possédant un Q_0 de 600 pour l'état OFF et une plage d'accord de 29% (avec des valeurs de capacité allant de 0pF à 7pF). En optimisant l'effet du plot capacitif la taille totale de ce composant passif a diminué de 34% afin d'obtenir un résonateur compact avec un Q_0 de 303 et une plage d'accord respective de 15% (de 0pF à 1,5pF). Le nouveau compromis entre le Q_0 et le volume en termes de λ_g est l'un des meilleurs comparé aux structures de la littérature. Ensuite, un filtre deux pôles accordables a été conçu et simulé avec une plage d'accord de 15% et une variation de la bande passante allant de 370MHz à 170MHz. Un trois et quatre pôles avec une bande passante de 1,3GHz et 0,75GHz respectivement ont été simulés sur

HFSS. Malgré leur simple topologie, le couplage inter-résonateur pour de tels filtres devient plus complexe et requiert alors un design approprié et une procédure de simulation optimisée.

Le chapitre 4 se concentre sur l'accordabilité optique, directe et indirecte. La première catégorie est illustrée avec des matériaux photosensibles tels que le Sulfure de Cadmium, l'Oxyde de Zinc et le silicium nano cristallin chargé en polymère. Un essai a été réalisé en simulant le premier matériau au sein de résonateur SIW précédemment étudié (Chapitre 1) afin de quantifier le changement de fréquence de résonance (f_0) de la structure. Cependant, au vu de l'écart de permittivité relative entre l'état illuminé (ON) et l'état OFF trop faible (de 4 à 4,6), le changement sur f_0 n'est pas assez significatif pour nos applications.

La seconde partie du Chapitre 4 détaille le contrôle optique indirect. Cette méthode permet d'optimiser séparément le circuit d'activation (ou contrôle) et le circuit électromagnétique, mais le signal optique a besoin d'être converti en signal de polarisation à l'aide de photodiodes dans notre cas. Ce composant photosensible, connecté à la grille du transistor, fournit une impédance faible/forte entre le drain et la source en amenant la tension V_{gs} au-dessus ou au-dessous de la tension de seuil V_t . La technologie choisie pour ce travail est celle proposée par IBM et bien connue à savoir la $0.13\mu\text{m}$ CMOS. A l'aide des travaux effectués par J.M. Gonzalez, des switches RF contrôlés optiquement ont été mesurés afin de trouver une configuration optimale. Celle ayant la valeur de capacité entre la grille et le canal la plus élevée possède les meilleures pertes d'insertion : 3,1dB. Une méthode appelée « body biasing » est utilisée pour améliorer la transmission du courant dans le canal et réduire ainsi sa résistance à l'état ON. Malheureusement, les pertes d'insertion ne s'améliorent pas significativement et sont les mêmes que pour la configuration utilisant des transistors à faible tension de seuil. Mais un concept de résonateur accordable, avec ces switches RF (implémentés au second niveau) avec une résistance équivalente à l'état ON de 17Ω , a été simulé. La plage d'accord (avec des capacités de 0pF à 2pF) est la même que pour le résonateur seul, c'est-à-dire sans le second « étage ». Cependant, l'addition du system d'accord impacte le facteur de qualité à vide qui diminue fortement de 580 à 51 (en simulation) à cause de l'utilisation de switches à pertes. Ces composants peuvent être améliorés grâce à la technologie SOI (Silicium on Insulator) qui permet une diminution importante de la longueur de canal et par conséquent maximise le courant drain source.