Offre de Thèse

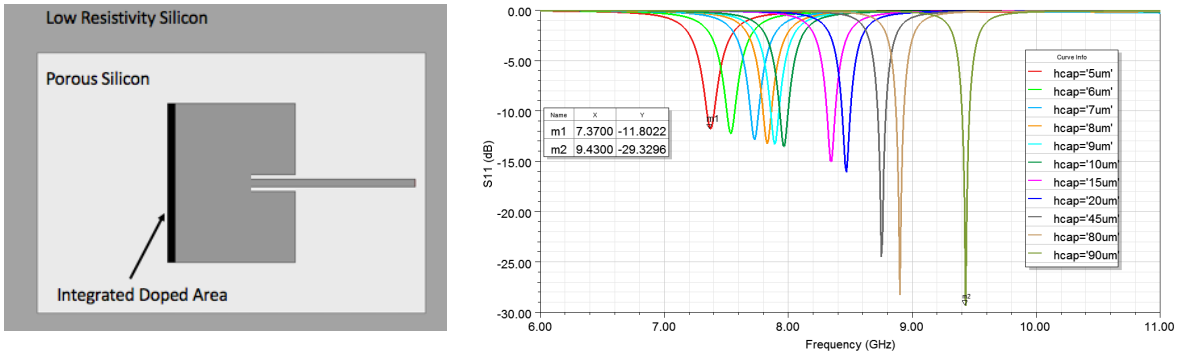
Co-conception de dispositifs hyperfréquences accordables intégrés sur silicium poreux

Résumé du sujet :

Que ce soit dans le cadre de la 5G ou des normes suivantes, les futurs systèmes de communication devront répondre à une demande toujours croissante en nombre et en qualité de services. Pour cela, la conception des terminaux radio-fréquences nécessitera une forte évolution afin de proposer des composants et antennes micro-ondes performants et capables de s'adapter rapidement – si ce n'est en quasi-temps réel – à différentes normes ou standards, tout en minimisant leur impact en termes de consommation énergétique, de dimensions, de poids et de coûts. L'utilisation de composants et d'antennes reconfigurables est une solution majeure pour répondre à ces défis puisqu'ils permettent de limiter le nombre de composants intégrés dans un même terminal tout en s'adaptant facilement à différentes utilisations par la modification de leur fréquence de fonctionnement, de leur bande passante ou encore du diagramme de rayonnement pour les antennes (direction de pointage, largeur du faisceau, polarisation, etc.). Différentes solutions pour reconfigurer un circuit ou une antenne micro-onde existent déjà tels que les composants semi-conducteurs (diodes PIN, varactor, etc.), les MEMS ou les matériaux dits agiles (ferroélectriques, cristaux liquides, etc.). Cependant, l'interconnexion des éléments actifs et passifs provoque des effets parasites néfastes et une limitation de la montée en fréquence liée à la taille de l'élément actif reporté. Enfin, cette méthode de conception est relativement rigide et, par essence, limitée en ce qui concerne les dispositifs flexibles (dimensions et localisation du composant actif, nécessité vias métallisés). D'autre part les lignes de transmission sont conçues en optimisant leurs facteurs de qualité i.e. leurs pertes alors que les éléments actifs reportés sont optimisés en taille. Le résultat de leur association est un dispositif qui présente un faible facteur de qualité lié aux pertes de l'élément d'accord et une taille importante liée à l'empreinte de la partie passive.

La faisabilité de co-design de dispositifs hyperfréquences accordables tels que des filtres ou des antennes a déjà été démontré dans [1]–[8] où l'idée est de concevoir les composants hyperfréquences sur un substrat semi-conducteur tel que le silicium et de dimensionner et positionner de façon judicieuse des zones dopées afin de modifier le comportement du composant et ainsi le rendre le composant passif accordable. Cette solution, développée au Lab-STICC à Brest récemment, offre une grande flexibilité et une conception simplifiée des circuits reconfigurables, une optimisation des performances et une facilité d'intégration.

Cependant, la forte permittivité du substrat silicium n'est pas optimale pour les performances d'antennes. Ainsi, nous proposons dans ce projet d'explorer une nouvelle technologie telle que le silicium poreux qui permet à la fois de diminuer la permittivité et les pertes du substrat [9]–[11]. La Figure 1 montre un exemple d'antenne sur silicium poreux utilisant une zone dopée à capacité variable permettant une accordabilité de la fréquence de fonctionnement de l'antenne.



(a) (b)

Fig. 1. (a) Design d'une antenne patch sur silicium poreux. (b) Résultats simulés de l'antenne en fonction de la tension de polarisation de l'élément d'accord..

Description de la thèse :

Thèse : Co-conception de dispositifs hyperfréquences accordables intégrés sur silicium poreux

Le doctorant s'appuiera sur le savoir-faire développé au Lab-STICC (http://www.lab-sticc.fr) en terme de co-design issu de la mise en œuvre d'un flot de conception basé sur l'utilisation conjointe de deux logiciels commerciaux permettant de décrire à la fois le transport des charges dans les jonctions à semi-conducteur (Silvaco) et les effets de propagation des ondes électromagnétiques (HFSS). Cette thèse portera sur les antennes accordables sur silicium poreux allant vers l'aspect système et intégration de plusieurs fonctions du front-end RF. Une étude bibliographique sur les composants accordables, les solutions d'accord et les composants semi-conducteurs sera effectuée. Ensuite, une fois que les propriétés du silicium poreux seront maitrisées, différentes jonctions seront étudiées afin de proposer des topologies innovantes d'antennes accordables intégrées puis de plusieurs éléments du front-end RF au sein d'une même puce. Les circuits seront réalisés au laboratoire GREMAN à Tours.

A partir de la méthode de co-conception proposée, des dispositifs accordables (tels que des switches, des résonateurs accordables à plusieurs états, des filtres accordables en bande passante ou en fréquence, ainsi que des antennes accordables en fréquence) ont déjà été réalisés. Ils ont permis de montrer la flexibilité de conception à partir d'un process maitrisé et d'une grande précision offrant la possibilité d'aller vers des démonstrateurs à haute fréquence.

Ainsi, la thèse proposée est la suite logique de ces travaux qui permettront d'augmenter les performances des antennes grâce au silicium poreux et d'aller plus loin vers la co-conception non plus de composants mais de fonctions voire de sous-systèmes tel que le montre la Figure 2 où l'on peut voir un réseau d'antenne accordable conçue sur silicium poreux associée à un switch et des filtres sur silicium haute-résistivité.

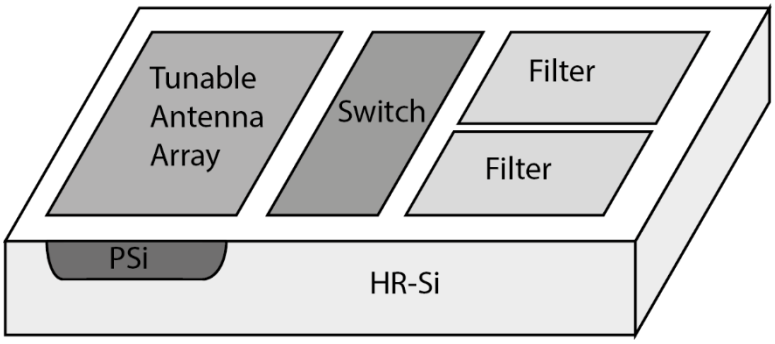


Fig. 2. Partie du Front-End RF conçue sur un substrat silicium

Mots-clés : Accordable, Antenne, filtre, jonctions semi-conductrices, reconfigurable, silicium poreux, switch.

Encadrants : Rozenn Allanic, Denis Le Berre, Cédric Quendo

Profil du candidat : Bac+5
Nationalité Européenne

Compétences du candidat : Physique des semiconducteurs (diodes PIN, diodes Varactors), Simulation et modélisation de composants hyperfréquences, Mesures (oscilloscope, analyseur de réseaux…), HFSS, CST, Comsol Multiphysics.

Comment postuler? Envoyer un CV et une lettre de motivation avant le 12 avril 2023 à Rozenn.Allanic@univ-brest.fr

Date de début visée: Octobre-Novembre 2023

Références :

[1] R. Allanic *et al.*, "Temperature Dependence of Tunable Resonators on FR4 and Silicon," in *Proc. Asia–Pacific Microwave Conf.*, 2017, pp. 8–11.

[2] R. Allanic, Y. Quéré, D. Le Berre, and C. Quendo, "Intrinsically microwave tunable resonator designed on silicon," *Electron. Lett.*, vol. 52, no. 20, pp. 1697–1699, Sep. 2016.

[3] R. Allanic, Y. Quéré, D. Le Berre, and C. Quendo, "A Novel Approach to Co-Design microwave Devices with Distributed Switches," in *Proc. Asia–Pacific Microwave Conf.*, 2016.

[4] R. Allanic *et al.*, "Three-State Microwave Tunable Resonator Integrating Several Active Elements on Silicon Technology in a Global Design," *IEEE Microw. Wirel. Components Lett.*, vol. 28, no. 2, pp. 141–143, 2018.

[5] R. Allanic *et al.*, "Impact of the doped areas sizes in the performances of microwave SPST switches integrated in a silicon substrate," in *2018 IEEE 22nd Workshop on Signal and Power Integrity (SPI)*, 2018, pp. 1–4.

[6] C. Quendo, R. Allanic, D. Le Berre, and Y. Quéré, "Novel Approaches to Design Tunable Devices," in *IEEE 18th Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON)*, 2017.

[7] R. Allanic, D. Le Berre, Y. Quéré, C. Quendo, D. Chouteau, V. Grimal, D. Valente, J. Billoué, "Continuously Tunable Resonator Using a Novel Triangular Doped Area on a Silicon Substrate", *IEEE Microw. Wirel. Components Lett., pp. 1–3, 2018.*

[8] R. Allanic, « Modélisation et conception de fonctions accordables sur substrat semi-conducteur : étude d'une nouvelle démarche de co-conception », Université de Bretagne Occidentale, Lab-STICC, 2015.

[9] M. Capelle, J. Billoue, G. Gautier, and P. Poveda, "Study of porous silicon substrate for the integration of radiofrequency monolithic circuits, " in *IEEE International Conference of Electron Devices and Solid-state Circuits*, 2013, pp. 1–2.

[10] M. Capelle, J. Billoue, P. Poveda, and G. Gautier, "Porous Silicon/Silicon Hybrid Substrate Applied to the Monolithic Integration of Common-Mode and Bandpass RF Filters", *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 62, no. 12, pp. 4169–4173, Dec. 2015.

[11] J. Billoué, G. Gautier, and L. Ventura, "Integration of RF inductors and filters on mesoporous silicon isolation layers," *Phys. status solidi*, vol. 208, no. 6, pp. 1449–1452, Jun. 2011.