



**HAL**  
open science

# Développement de condensateurs variables ferroélectriques et leur intégration dans une antenne reconfigurable en fréquence dans le domaine millimétrique

V Muzzupapa, L Huitema, A Crunteanu, C Borderon, Raphaël Renoud, H Gundel

## ► To cite this version:

V Muzzupapa, L Huitema, A Crunteanu, C Borderon, Raphaël Renoud, et al.. Développement de condensateurs variables ferroélectriques et leur intégration dans une antenne reconfigurable en fréquence dans le domaine millimétrique. Neuvième Conférence Plénière du GDR ONDES Université de Lille, Nov 2021, Lille, France. hal-03521516

**HAL Id: hal-03521516**

**<https://hal.science/hal-03521516v1>**

Submitted on 11 Jan 2022

**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.

## Développement de condensateurs variables ferroélectriques et leur intégration dans une antenne reconfigurable en fréquence dans le domaine millimétrique

V. Muzzupapa<sup>1</sup>, L. Huitema<sup>1</sup>, A. Crunteanu<sup>1</sup>, C. Borderon<sup>2</sup>, R. Renoud<sup>2</sup>, H. Gundel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> : XLIM, UMR CNRS 7252, University of Limoges, 123 Avenue Albert Thomas, 87060 Limoges, France;

<sup>2</sup> : IETR, UMR CNRS 6164, University of Nantes, 2 rue de la Houssinière, 44322 Nantes CEDEX 3, France;

vincent.muzzupapa@xlim.fr

### Résumé

Nous présentons la réalisation et l'analyse des performances RF de condensateurs inter-digités (IDC), intégrant des couches minces ferroélectriques de BST (Barium Strontium Titanate -Ba<sub>80</sub>Sr<sub>20</sub>TiO<sub>3</sub>), et leur intégration dans une antenne patch millimétrique reconfigurable en fréquence. Les IDC réalisées sont caractérisées entre 200 MHz et 65 GHz, et présentent des accordabilités allant jusqu'à 40% sous des champs électriques relativement faibles (167 kV/cm pour des tensions de polarisation de 0 à 100V). L'antenne patch intégrant ces composants fonctionne autour de 30 GHz et présente une agilité fréquentielle de 3.3% avec de bonnes efficacités de rayonnement.

### 1. Introduction

Ces dernières années, un intérêt particulier est porté sur les matériaux fonctionnels capables de modifier leurs propriétés électriques sous l'influence de stimuli extérieurs. C'est le cas des matériaux ferroélectriques qui voient leur permittivité évoluer en fonction de leur polarisation par un champ électrique. Cette propriété permet de réaliser des condensateurs variables avec de bonnes performances dans le domaine des hyperfréquences. En comparaison avec les matériaux semi-conducteurs, les ferroélectriques ne présentent pas de non-linéarités, peuvent supporter de fortes puissances RF, et leur polarisation implique une consommation très faible [1].

### 2. Réalisation et performances des IDC

Nous avons réalisé des condensateurs inter-digités (IDC) sur des substrats d'alumine de 500 μm d'épaisseur, recouverts par des couches de BST de composition Ba<sub>80</sub>Sr<sub>20</sub>TiO<sub>3</sub> de 800 nm d'épaisseur, déposées par la technique sol-gel. La structure métallique des IDC (Ti/Au-10/500nm) est réalisée par un procédé classique de photolithographie (évaporation des métaux et lift-off). Les valeurs de capacités, extraites des mesures des paramètres S en réflexion, en fonction de la tension de polarisation appliquée aux bornes d'un composant typique sont présentées sur la Figure 1b.

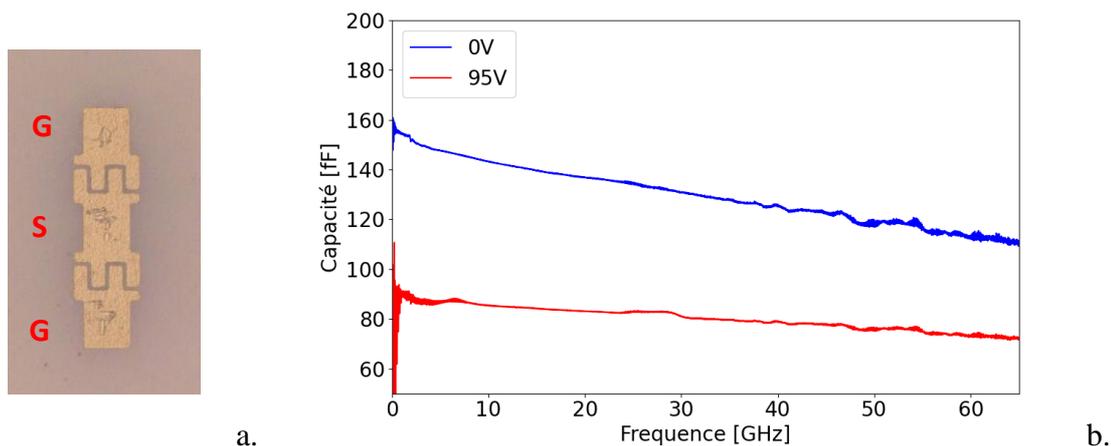


Figure 1. (a) photographie du design mesuré (doigts de 33.3 μm de long et 19.2 μm de large, espacés de 4.4 μm), (b) valeurs de capacité en fonction de la fréquence pour une polarisation de 0V (courbe bleue) et 95V (courbe rouge)

L'agilité de ce dispositif IDC est de 38% à 30GHz et les tangentes de pertes varient entre  $13 \times 10^{-2}$  à 0V et  $7.6 \times 10^{-2}$  à 100V. Les performances détaillées de ce dispositif sont présentées dans [2].

### 3. Intégration des dispositifs IDC dans une antenne patch

L'antenne est conçue pour un fonctionnement autour de 30 GHz, sous la forme d'un patch rayonnant déposé sur la face supérieure d'un substrat d'alumine (8mm x 8mm x 300 µm). Le signal RF ainsi que la polarisation DC sont amenés par une ligne coplanaire placée sur la face inférieure et terminée par une fente-boucle rectangulaire. Quatre IDC, dimensionnées spécifiquement pour cette antenne, sont intégrées dans le gap (Figure 2b). La variation des valeurs des IDC dans le gap de la fente permet de changer le couplage entre la fente et le patch et ainsi de modifier la fréquence de fonctionnement de l'antenne.

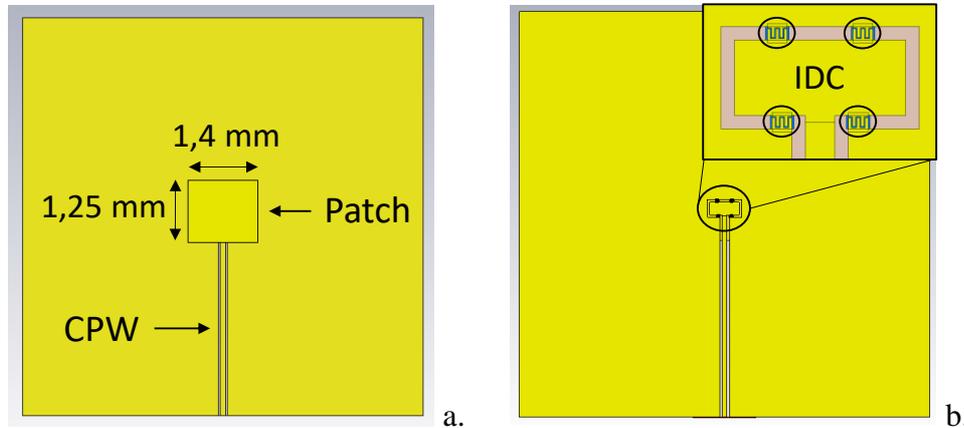


Figure 2. Face (a) supérieure et (b) inférieure de l'antenne avec le substrat mis en transparence et zoom sur la fente-boucle intégrant les dispositifs IDC

Les simulations électromagnétiques (CST Studio) indiquent que la polarisation des IDC par une tension comprise entre 0V et 100V permet de déplacer la fréquence de fonctionnement de l'antenne de 30.28 GHz à 31.3 GHz, correspondant à une agilité fréquentielle de 3.3%. La figure 3 présente les paramètres  $|S_{11}|$  de l'antenne pour les valeurs extrêmes de polarisation (0V et 100V).

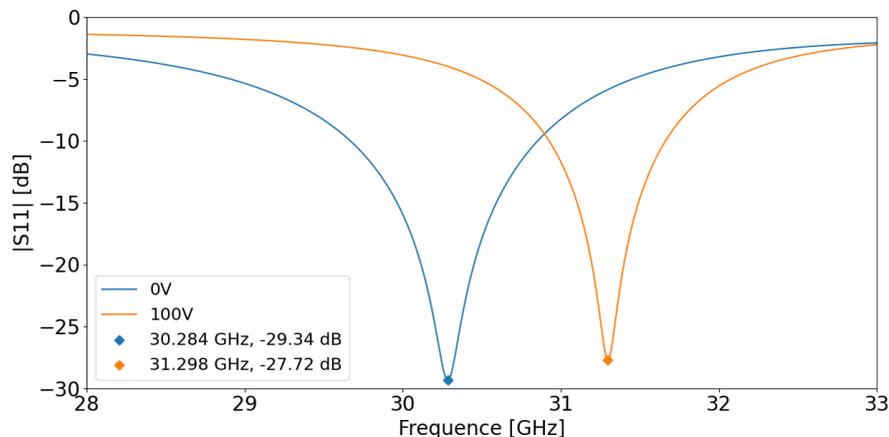


Figure 3. Paramètres  $|S_{11}|$  de l'antenne pour une polarisation des IDC de 0V (courbe rouge) et 100V (courbe verte)

Les efficacités de rayonnement de l'antenne extraites des simulations sont de 30% à 0V et 70% à 100V. Ces valeurs sont relativement bonnes, compte-tenu du fait que l'antenne est électriquement petite (les dimensions du patch sont d'environ  $\lambda_0/7 \times \lambda_0/8$ ).

### 4. Conclusion

Dans cette contribution, nous avons montré les performances d'IDC intégrant des couches de BST, dans le domaine des ondes millimétriques, ainsi qu'une preuve de concept en cours de validation expérimentale d'une antenne millimétrique reconfigurable en fréquence par l'intégration de ces IDC.

### 5. Bibliographie

- [1] Subramanyam G., Cole M. W., Sun N. X., Kalkur T. S., Sbrockey N. M., Tompa G. S., et al., Challenges and opportunities for multi-functional oxide thin film for voltage tunable radio frequency/microwave components, *J. Appl. Phys.*, 114., 191301, 3. 2013
- [2] Crunteanu A., Muzzupapa V., Ghalem A., Huitema L., Passerieux D., Borderon C., Renoud R., Gundel H. W. ; Characterization and Performance Analysis of BST-Based Ferroelectric Varactors in the Millimeter-Wave Domain, *Crystals*, 11(3) 277, 2021.