

## **Etude de la génération de charges aux interfaces métal/diélectrique par mesure locale à l'échelle sub-micrométrique**

### **Contacts:**

BOUDOU Laurent : laurent.boudou@laplace.univ-tlse.fr

VILLENEUVE-FAURE Christina : christina.villeneuve@laplace.univ-tlse.fr

### **Résumé**

Le projet de thèse vise à exploiter les techniques dérivées de la Microscopie à Force Atomique (AFM) pour étudier, à l'échelle nanométrique, l'injection et le transport de charges dans les matériaux diélectriques, avec un focus particulier sur les phénomènes se produisant aux interfaces métal/diélectrique. Il comporte un important volet expérimental (développement instrumental, réalisation d'échantillons et mesures) associé à une partie simulation numérique permettant l'interprétation des résultats.

### **Contexte**

La fiabilité de nombreux systèmes électriques (câbles haute-tension...), électronique (condensateur, transistors...) ou microsystèmes (MEMS...) est fortement liée aux phénomènes d'injection et de rétention de charges dans les matériaux isolants. De plus, du fait de la réduction des dimensions des systèmes (MOS, MEMS...), les propriétés des interfaces entre les matériaux constitutifs deviennent prépondérantes. Il convient donc de connaître et maîtriser les propriétés de ces interfaces à l'échelle pertinente pour les phénomènes, c'est-à-dire l'échelle nanométrique. Pour cela des méthodes telles que l'AFM, sont de plus en plus utilisées du fait de leur résolution spatiale nanométrique. Concernant les interfaces métal/diélectrique, la connaissance de leur propriétés et caractéristiques devraient aider à comprendre et ensuite à maîtriser les phénomènes d'injection et de rétention de charges à l'origine de nombreuses défaillances. Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans ce contexte.

### **Sujet de recherche**

L'objectif de cette thèse est d'utiliser des méthodes dérivées de l'AFM (en particulier la microscopie à sonde de Kelvin - KPFM) pour étudier l'injection et le transport de charges aux interfaces métal/diélectrique. Cela permettra entre autre de mieux comprendre les phénomènes à l'échelle locale et de fournir des paramètres permettant de caractériser l'interface, utilisable dans des modèles numériques. Le projet se déroulera en trois étapes. La première s'intéressera au design et à la fabrication d'échantillons. Le doctorant sera fortement impliqué et participera à la fabrication des échantillons au sein de la salle blanche du LAAS. Le matériau diélectrique étudié sera choisi parmi les matériaux standards de la microélectronique ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiN}_x$  ou  $\text{SiO}_x\text{N}_y$ ) et déposé en couches minces. Les structures utilisées seront du type électrodes latérales enfouies dans la couche diélectrique. Le design consistera à modifier la nature du métal ou la forme de l'électrode de façon à modifier la nature de l'interface.

La deuxième étape sera une étude expérimentale de l'injection, du piégeage et du transport des charges. Pour cela les structures précédentes seront polarisées et le potentiel de surface résultant sera mesuré par KPFM. D'un point de vue instrumental, même si le protocole expérimental a été mis au point lors d'une précédente thèse, une étude de reproductibilité, ainsi qu'une étude de la sensibilité et de la résolution de la méthode devront être menées dans un premier temps. Par la suite l'influence de la nature de l'interface (métal des électrodes enfouies et géométrie), de la distance inter-électrode, de la tension appliquée et la température ... sera investiguée.

La troisième étape portera sur l'analyse des résultats en s'appuyant sur un travail de modélisation par éléments finis (COMSOL) dans le but de faire le lien entre potentiel mesuré et densité de charges piégées.

### **Equipe d'accueil**

Les travaux se dérouleront au sein de l'équipe Diélectrique Solide et Fiabilité (DSF) qui possède une longue expérience dans la caractérisation et la modélisation des diélectriques pour les applications en génie électrique. Depuis quelques années, l'équipe développe de nouvelles techniques autour de l'AFM pour l'étude des films minces diélectriques en lien avec les applications en microélectronique et microsystèmes.

### **Mots clés**

**Keywords:** matériau diélectrique, couche mince, Microscopie à Force Atomique

**Durée:** 3 ans (début octobre 2017)

**Profil souhaité:** Le candidat devra avoir être titulaire d'un master en science des matériaux ou génie électrique avec des connaissances en physique des matériaux. Un fort intérêt pour l'expérimentation est souhaité.