

Caractérisation d'interfaces métal/diélectrique et semi-conducteur/diélectrique par mesures en champ proche

Proposition de stage Master 2014-2015

Contexte scientifique

La connaissance de la répartition du champ électrique dans les diélectriques solides, qu'ils soient utilisés comme isolants dans les technologies HVDC (high voltage direct current), dans des composants de l'électronique de puissance ou de la microélectronique, reste un enjeu majeur dans le choix des matériaux et l'optimisation des systèmes dans lesquels ils sont utilisés. Une augmentation du champ électrique peut entraîner la rupture diélectrique de l'isolant et ainsi affecter la fiabilité du système. Ces diélectriques, soumis à des contraintes électriques, thermiques, peuvent accumuler des charges dans leur volume, rendant encore plus difficile l'estimation du champ électrique en tout point du matériau. Dans ce contexte, les interfaces (métal/diélectrique, diélectrique/diélectrique, semi-conducteur/diélectrique, gaz/diélectrique) jouent un rôle prépondérant dans l'accumulation de charges électroniques, appelées charges d'espace, mais les phénomènes impliqués sont peu connus. Une interface peut être définie :

- à l'échelle moléculaire (présence de défauts de structure à l'interface pouvant être le siège d'accumulation de charges)
- à l'échelle microscopique (rugosité des interfaces)
- de manière électrique (lors de la mise en contact de deux matériaux, les niveaux de Fermi doivent être égaux, il y a donc passage de charges d'un matériau à l'autre, appelées charges de contact, on peut ainsi mesurer un potentiel d'équilibre)

Afin d'améliorer la compréhension des phénomènes impliqués aux interfaces électrode/diélectrique, nous proposons de mesurer les potentiels de surface à l'interface métal/diélectrique organique et semi-conducteur/diélectrique organique, à l'aide de mesures en champ proche (Atomic Force Microscopy – AFM- et Kelvin Force Microscopy –KFM). Ce projet s'inscrit dans un projet plus large, qui a pour objectif le couplage entre modélisation ab-initio, modélisation semi-microscopique et mesures en champ proche afin de mieux caractériser les phénomènes aux interfaces métal/diélectrique organique et semi-conducteur/diélectrique organique. Le projet global est financé par SEEDS (<http://seedsresearch.eu>).

Objectifs et programme de travail

Le diélectrique organique d'étude sera du polyéthylène basse densité (LDPE), matériau de référence pour l'équipe et matériau de base pour les isolants de câbles de transport d'énergie. Un sandwich électrode/LDPE/électrode devra être préparé, avec des électrodes de deux types (métallique et semi-conductrice (SC)). La microscopie en champ proche requiert des objets d'étude petits (quelques microns) dont la rugosité de surface est très faible (inférieure au μm). Pour cela, les sandwichs préparés devront être découpés par cryomicrotome (au sein d'un laboratoire partenaire spécialisé) afin d'obtenir des échantillons observables par AFM.

L'interface entre le métal (SC) et le diélectrique sera préalablement sondée par des mesures en champ proche afin de mesurer le potentiel d'équilibre pour chaque couple. Une tension sera ensuite appliquée au sandwich et on pourra quantifier la densité de charges injectées. Ces résultats expérimentaux seront comparés ultérieurement à des simulations couplant calculs ab-initio de niveaux d'énergie et simulation de transport de charges.

Compétences requises

Etudiant en Master 2 spécialisé en électronique, physique ou science des matériaux. Des connaissances en physique des matériaux sont nécessaires pour mener à bien ce projet.

Lieu du stage

LAPLACE- Université Paul Sabatier – Toulouse France

Contacts

S. Le Roy 05 61 55 73 02 – severine.leroy@laplace.univ-tlse.fr
C. Villeneuve-Faure 05 61 55 84 10 – christina.villeneuve@laplace.univ-tlse.fr