

Sujet de Thèse à pourvoir à la rentrée 2011:

Modélisation et caractérisation du chargement de diélectriques par les techniques dérivées de la microscopie à champ proche.

Laboratoire LAPLACE Toulouse. <http://www.laplace.univ-tlse.fr/>

Contact: Fulbert Baudoin fulbert.baudoin@laplace.univ-tlse.fr

Gilbert Teyssedre gilbert.teyssedre@laplace.univ-tlse.fr

Contexte

Les techniques de microscopie en champ proche se sont fortement diversifiées au cours des dernières années et ne sont plus désormais cantonnées aux seuls laboratoires experts dans le domaine mais sont exploitées plus largement par les spécialistes des matériaux et des 'micro-' ou 'nano-'objets. Pour ce qui concerne les matériaux diélectriques, des techniques dérivées de la microscopie à force atomique –AFM–, telles que la microscopie à force électrostatique –EFM–, ou à force de Kelvin –KFM–, permettent d'obtenir de nouvelles informations, à l'échelle nanométrique, sur l'état de charge des isolants et sur leur capacité à stocker/dissiper les charges. Une application désormais classique de ces techniques consiste à déposer des charges à la surface du diélectrique au moyen d'une pointe de microscope AFM et de suivre ensuite l'évolution de cette charge au moyen d'une mesure de potentiel par technique KFM par exemple.

Si des progrès considérables ont été accomplis dans le perfectionnement de ces instruments, beaucoup reste à faire dans l'interprétation et l'exploitation des données issues de ces techniques. Par exemple, les mécanismes physiques régissant la génération de charges, avec distances électrode-échantillon de l'ordre du nanomètre ou au contact, restent très mal décrits de même que le transport de ces charges en surface ou en volume du diélectrique.

Les objectifs du travail de thèse proposé sont:

(a) d'une part de modéliser la quantité et la localisation des charges déposées sur la surface du diélectrique, avec et sans contact avec la pointe en faisant abstraction de leur transport au sein du diélectrique,

(b) de modéliser ensuite leur transport dans le matériau, en faisant appel à des méthodes expérimentales complémentaires pour identifier au mieux les paramètres de transport propres au matériau,

(c) de traiter enfin le cas où les charges ne sont plus générées de façon ponctuelle mais répartie, en prenant en compte la topologie de surface de l'électrode et du diélectrique.

Environnement

Les matériaux d'étude concernent pour une part des couches minces de matériaux organiques, tels que le PMMA, utilisés pour des applications de nanoxérographie, et des couches de nitrure de silicium ou d'oxynitrure de silicium déposés par procédé PECVD (*Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition*) pour des applications comme diélectriques dans des microsystèmes.

L'encadrement de la thèse sera assuré en co-direction entre Gilbert TEYSSEDRE (DR, LAPLACE, Equipe Diélectriques Solides et Fiabilité) et Stéphane CLAIN (PR, Equipe Mathématiques pour l'Industrie et la Physique, Université do Minho, Portugal). Plus largement, la thèse sera réalisée dans le cadre d'un projet impliquant 3 laboratoires du site Toulousain: LAPLACE (Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie), le LPCNO (Laboratoire de Physico-Chimie des NanoObjets) et

le LAAS (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes), qui amènent leurs moyens et leurs compétences dans le domaine de la physique des isolants, l'analyse numérique, la caractérisation de couches par technique AFM/KFM, la synthèse de couches et la réalisation de structures modèles.

Programme de travail

Le travail demandé au doctorant concernera plus particulièrement la modélisation physique et numérique de l'implantation et du transport de charges.

♦ Pour ce qui concerne l'implantation de charges, l'idée générale ici est de disposer d'un modèle permettant d'estimer le flux de charges générés (par pointe AFM) et leur localisation, en fonction des conditions opératoires. Les mécanismes physiques de génération de ces charges seront étudiés notamment en utilisant différents métaux d'électrode. Une résolution numérique du modèle sera réalisée en 2D (configuration axisymétrique), permettant de quantifier les charges déposées fonction de la géométrie et de la nature de la pointe et de la contrainte appliquée. Des mesures dédiées seront réalisées pour valider ce modèle et pour le consolider d'un point de vue quantitatif.

♦ Pour la partie transport, le modèle physique développé est destiné à rendre compte de la dissipation de charges pendant la phase de chargement comme pendant la mesure en mode KFM. L'aspect conductivité de surface est également à traiter en prenant en compte l'atmosphère, en particulier le taux d'humidité environnant. La résolution numérique sera réalisée comme précédemment en configuration axisymétrique, les termes sources de charges étant issus de la phase précédente. Des techniques d'identification de paramètres seront mises en œuvre, associées à des mesures diélectriques dédiées. Des objets spécifiques seront réalisés pour les besoins de l'étude ainsi que les caractérisations associées: évolution temporelle par KFM des charges déposées, dispositif avec électrodes enfouies donnant accès à des paramètres de transport propres au matériau, mesures faible courant sur structures Métal-Isolant-Métal.

♦ Les modèles développés seront confrontés in fine aux résultats expérimentaux concernant le comportement de micro-commutateurs RadioFréquence. Les modélisations intégreront des dépôts de charges sur l'ensemble de la surface de contact et leur transport surfacique et volumique.

Profil recherché

Candidat titulaire d'un Master ou équivalent dans les domaines des Mathématiques Appliquées, du Génie Electrique ou de la Physique des Matériaux. Mots clefs: Modélisation physique et numérique– Méthodes numériques pour la résolution des EDP.

Salaire: base bourse MESR (cofinancement PRES Université de Toulouse / Région Midi-Pyrénées).

Localisation: LAPLACE / site Université P Sabatier - Equipe DSF <http://www.laplace.univ-tlse.fr/groupe-de-recherche/dielectriques-solides-et-fiabilite/>