

**DEPARTEMENT PHYSIQUE INSTRUMENTATION
ENVIRONNEMENT ESPACE (DPHY)****Couches minces diélectriques avec des inclusions de nanoparticules
d'argent réalisées par voie plasma conçues pour le contrôle du gradient de
charges électriques sous irradiation électronique
pour des applications spatiales****Soutenance de thèse de Charles RIGOUDY****18 décembre 2019 – 14:00****Salle des Colloques - bât. 3R2 à l'Université Paul Sabatier - 118 route de Narbonne****Devant le jury :**

- ✚ Mme Ana LACOSTE, Professeur à l'Université Grenoble-Alpes, Rapporteur
- ✚ M. Jérôme CASTELLON, Maître de Conférences à l'Université Montpellier 2, Rapporteur
- ✚ M. Gilbert TEYSSÉDRE, Directeur de Recherche au CNRS, LAPLACE, Examineur
- ✚ M. Jean-Charles MATEO-VELEZ, Chercheur à l'ONERA, Examineur
- ✚ M. Johannes BERNDT, Chargé de Recherche à l'Université d'Orléans, Examineur
- ✚ M. Mohamed BELHAJ, Maître de recherche à l'ONERA, Encadrant ONERA
- ✚ M. Laurent BOUDOU, Maître de Conférences à l'Université Toulouse 3, Directeur de thèse
- ✚ Mme Kremena MAKASHEVA, Directrice de Recherche au CNRS, LAPLACE, Directrice de thèse

RESUME

Le phénomène d'émission électronique est étudié dans de nombreux domaines fondamentaux de la physique et pose le principe de fonctionnement d'un grand nombre de dispositifs tels que les écrans à émission de champ, les propulseurs Hall, etc. Il est mieux compris pour les métaux. Cependant, pour les matériaux isolants, il constitue un phénomène critique limitant la fiabilité des composants dans les applications spatiales où les phénomènes de décharge et de claquage sont entièrement contrôlés par l'émission électronique. Selon l'énergie des électrons incidents et les propriétés des diélectriques, les électrons peuvent être piégés au sein du matériau, et/ou être à l'origine de phénomènes d'émission électronique. Ce travail de thèse se situe à l'interface de trois domaines de recherche : le dépôt par plasma de couches minces nanocomposites, le piégeage et le transport de charges électriques dans les diélectriques, et la caractérisation des matériaux sous irradiation en milieu spatial. Il explore l'effet des nanoparticules d'argent (AgNPs) enterrées dans les couches minces de silice, sur les mécanismes physiques (injection, piégeage, transport de charges et émission électronique secondaire) responsables du chargement diélectrique et des émissions d'électrons, afin de moduler ces phénomènes.

Des couches minces nanostructurées de silice contenant un plan d'AgNPs ont été élaborées par procédé plasma combinant dans un même réacteur la pulvérisation d'une cible métallique et le dépôt chimique en phase vapeur activé par plasma (PECVD). La caractérisation structurale des échantillons a permis de déterminer la composition chimique de la matrice de silice plasma, la taille, la forme, la densité et la distribution des AgNPs ainsi que l'épaisseur totale de la structure. Ces analyses ont permis de corrélérer les paramètres structurels avec la réponse des couches diélectriques nanostructurées réalisées sous contrainte électrique et irradiation électronique.

Il a été constaté que pour des électrons primaires de faible énergie (< 2 keV), le taux total d'émission d'électrons (TEEY) des couches minces de silice sans AgNPs présente une forme atypique avec un minimum local situé à environ 1 keV. Afin de mieux comprendre ce comportement, un modèle de TEEY a été développé. Il est basé sur le modèle de Dionne, et adapté aux diélectriques. Il considère le champ électrique interne résultant de l'accumulation de charges électriques dans la couche diélectrique. Ce dernier limite la profondeur d'extraction des électrons secondaires et entraîne une baisse du TEEY. L'irradiation d'un matériau diélectrique fait intervenir le mécanisme de conductivité induite par irradiation (RIC), également prise en compte dans le modèle. La création des paires électron-trou dans le matériau contribue à l'augmentation de la conductivité du matériau (RIC) et est à l'origine de l'augmentation du TEEY après le minimum local.

Le caractère diélectrique des couches minces nanocomposites a également été étudié dans ce travail. L'ajout d'AgNPs augmente légèrement la permittivité relative comparée à celle de la silice seule. L'étude des courants de polarisation sous forts champs électriques, montre une augmentation de la densité du courant en fonction de la profondeur du plan AgNPs.

Ce travail est la première démonstration de la capacité des structures nanocomposites contenant des AgNPs à réduire les gradients de charge des matériaux sous irradiation électronique. L'ajout d'AgNPs dans la matrice de silice plasma permet de moduler efficacement le TEEY, en fonction du diamètre des AgNPs ainsi que de leur distance à la surface. Pour révéler les phénomènes physiques induits par les AgNPs le modèle TEEY a été adapté. Le stockage de charge dans les AgNPs est le mécanisme conduisant à une diminution de l'amplitude du TEEY à une valeur typique pour les métaux, tout en préservant le minimum TEEY induit par l'accumulation de charge dans la couche diélectrique.