** Avis de Soutenance**

Monsieur Wael KARIM  
  
Physique   
  
Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés  
  
*Nano/micro-structuration de surface des couches minces d’oxydes CGO/YSZ par faisceau laser picoseconde*   
  
dirigés par Monsieur NADJIB SEMMAR et Madame Anne-Lise THOMANN

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU   
Unité de recherche : GREMI - Groupe de Recherches sur l’Energie des Milieux Ionisés

Soutenance prévue le ***lundi 26 septembre 2022*** à 10h30  
Lieu :   Amphithéâtre B004 \_ IUT45, 16, rue d'Issoudun - 45100 ORLEANS   
Salle : Amphithéâtre B004   
  
**Composition du jury proposé**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| M. NADJIB SEMMAR | Université d'Orléans | Directeur de thèse |
| M. JEAN-PHILIPPE COLOMBIER | Université Jean-Monnet | Rapporteur |
| M. PASCAL BRIOIS | Université Technologique de Belfort Montbeliard (UTBM) | Rapporteur |
| Mme ANNE-LISE THOMANN | CNRS Orléans | Co-directrice de thèse |
| M. MALEK TABBAL | Université américaine de Beyrouth (AUB) | Co-directeur de thèse |
| Mme Corinne CHAMPEAUX | Université de Limoges | Examinatrice |
| M. Julien VULLIET |  | Invité |

|  |  |
| --- | --- |
| **Mots-clés :** | LIPSS,Couches minces céramiques CGO/YSZ,Amélioration de surface/interface,LSFL,HSFL,Nanostructures 2D, |

|  |
| --- |
| **Résumé :** |
| Dans les cellules électrochimiques à base d'électrolytes céramiques (SOEC), un film mince d'oxyde de cérium dopé au gadolinium (CGO) est déposé (par pulvérisation plasma) entre l'électrolyte (zircone stabilisée à l'yttrium, YSZ) et l'électrode à oxygène (ferrite de lanthane, strontium et cobalt, LSCF) pour réduire la formation des phases isolantes à l’interface électrode/électrolyte. Afin d'améliorer l’adhérence entre ces couches ainsi que les surfaces d’échange des ions, nous avons envisagé un travail de structuration morphologique par faisceau laser aux micro et nano-échelle. L'enjeu est de réussir la fabrication de nanostructures organisées sur des couches minces aussi complexes que le CGO, et de vérifier ainsi la faisabilité d'obtenir des structures de surface périodiques régulières (LIPSS). L'un des objectifs de cette thèse est donc d’augmenter la surface spécifique grâce à la formation des LIPSS. Notre étude porte plus particulièrement sur la formation des LIPSS sur un film de 700 nm de CGO en mode d’irradiation statique et dynamique (balayage par scanner 2D). Un faisceau laser picoseconde Nd : YAG (355 nm, 40 ps, 10Hz) avec un large spot (~500 μm) a été utilisé. En mode statique, des LIPSS parallèles et perpendiculaires de type LSFL (LIPSS à basse fréquence spatiale) ont été formés simultanément dans la zone irradiée. La génération des LSFL parallèles est principalement attribuée au processus thermochimique qui se produit au centre de la zone irradiée, alors que les LSFL perpendiculaires observées sur les bords sont dues au processus d’ablation douce. Une zone de transition entre ces deux types de LSFL, formée de structures carrées ‘nano-squares’, est attribuée à la superposition des LSFL parallèles et LSFL perpendiculaires générées en mode dynamique. Le processus d’ablation douce de la couche CGO induit également la formation de structures organisées sous forme de nano-fissures carrées sur la sous-couche YSZ. Une double irradiation du faisceau laser dans la même zone avec deux conditions différentes mène à la formation d’une structuration 2D également réalisée en mode dynamique. Différentes techniques de caractérisation de surface (MEB, AFM, etc.), ainsi que des simulations sous COMSOL Mutliphysics, ont été utilisées pour aider dans l’interprétation des résultats obtenus. Des LSFL perpendiculaires ont été identifiées sur la surface d’YSZ, ainsi que des HSFL (LIPSS à haute fréquence spatiale) sont formées à un nombre d’impulsions laser très élevé (~1000 tirs). À l’aide d’un modèle géométrique, nous avons pu estimer l’augmentation théorique de la surface développée de 57% et 78% pour des structures périodiques 1D (LIPSS régulier) et 2D respectivement. Dans notre cas, la plus grande valeur expérimentalement atteinte vaut 42% dans le cas des structures 2D combinées de type ‘nano-squares’. |