

Proposition de sujet de thèse

Structuration de surface par faisceaux laser ultracourts de substrats sous atmosphères contrôlées pour le dépôt par voies physiques de matériaux en couches minces

Direction :	Nadjib SEMMAR [30%]
Contact tel :	02.38.49.48.85
Courriel :	nadjib.semmar@univ-orleans.fr
Co-Direction :	Anne-Lise THOMANN [30%]
Contact tel :	02.38.49.48.70
Courriel :	anne-lise.thomann@univ-orleans.fr
Co-Encadrant :	Barthélemy ASPE [40%]
Contact tel :	02.38.49.48.83
Courriel :	barthelemy.aspe@univ-orleans.fr
Laboratoires d'accueil :	GREMI, UMR 7344 - Université d'Orléans/CNRS (Lieu de travail principal : Site d'Orléans)
Démarrage :	Octobre 2023
Domaine :	Sciences pour l'ingénieur : Procédés laser, couches minces, matériaux
Ref. ADUM :	46121

Mots clés : Procédés lasers, photonique, couches minces, matériaux, LIPSS, PLD, Pulvérisation cathodique magnétron

1. Contexte et problématique :

Ce sujet s'articule autour du traitement de surface de substrats de silicium par laser pour l'obtention de micro et nanostructures périodiques (Laser Induced Periodic Surface Structures : LIPSS) sous atmosphères contrôlées (Vide, O₂, Ar, ...) et leur utilisation comme supports de dépôt de couches minces par voies physiques. La structuration périodique de surface par laser est une technique déjà développée au laboratoire GREMI depuis plusieurs années. Cette technique, qui permet de modifier la morphologie de surface, trouve des applications dans de nombreux domaines du fait des propriétés variées que ces structures LIPSS engendrent (hydrophobique, de mouillabilité, optique, tribologique, ...). A l'heure actuelle, la grande majorité des traitements laser pour l'obtention des LIPSS, et des études liées à ceux-ci, est réalisée sous air, négligeant très souvent l'effet prépondérant de l'atmosphère gazeuse sur la chimie de surface et la structuration du matériau traité. Un premier aspect de ce travail de thèse se focalisera ainsi sur l'influence du milieu sur la structuration par laser. Ainsi, l'échantillon sera placé dans un réacteur qui permettra le contrôle de l'atmosphère réactive (air, dioxygène, ...) ou inerte (vide, Ar) sur la typologie, la cristallinité et la chimie des LIPSS. Couplé aux différentes atmosphères dans le réacteur, les paramètres du faisceau laser - énergie, durée d'impulsion (femtoseconde à nanoseconde), fréquence, longueur d'onde - permettront d'étudier les mécanismes de formation des LIPSS et leur dépendance à la chimie de l'environnement (oxydation, diffusion...).

Le matériau choisi pour ce travail est le silicium cristallin dopé. D'une part, les connaissances théoriques et pratiques de ce matériau, au sein du laboratoire GREMI et du reste de la communauté scientifique, en font une référence idéale pour l'étude de phénomènes encore peu connus et peu compris tels que la formation de LIPSS. D'autre part, le silicium est un matériau semi-conducteur dont les propriétés électroniques peuvent être aisément modifiées par l'utilisation de dopants. La formation de LIPSS étant induite par la combinaison d'un effet thermique et d'un effet électromagnétique (photonique), l'utilisation du silicium permettra d'étudier directement la contribution des propriétés électroniques sur la structuration de surface du matériau en fonction des différentes atmosphères. Enfin, ce matériau présente également

l'avantage d'être un substrat de choix pour l'étude du dépôt de couches minces. Il est utilisé pour des applications dans de nombreux secteurs industriels et est, notamment, le matériau de référence en microélectronique, domaine dans lequel des couches minces de tous types de matériaux sont utilisées.

L'effet de la morphologie et de la chimie de surface des substrats utilisés lors du dépôt de couches minces est prépondérant sur leur croissance et leur structure. L'étude du dépôt de couches minces sur des surfaces structurées périodiquement permettra de mieux comprendre les mécanismes impliqués et d'obtenir des couches avec de nouvelles microstructures variées. Une seconde partie de ce travail de thèse s'orientera donc vers l'utilisation du silicium structuré par laser comme substrat pour le dépôt de couches minces par pulvérisation cathodique magnétron et par ablation laser.

2. Description du projet de thèse :

Le travail de thèse sera essentiellement expérimental et portera sur le développement du procédé de structuration du silicium par laser pour l'obtention de micro et nanostructures périodiques (Laser Induced Periodic Surface Structures : LIPSS) sous différentes atmosphères (Vide, O₂, Ar, ...); puis sur l'intégration du procédé dans les réacteurs de dépôts de couches minces par voies physiques. Les caractérisations effectuées par le doctorant ou la doctorante incluront des analyses morphologiques et structurales (microscopie optique, numérique, électronique (MEB) et à force atomique (AFM), diffraction des rayons X (DRX)), et des analyses des propriétés physiques (thermoélectricité, ...) disponibles au laboratoire GREMI. En complément aux analyses par spectroscopie de rayons-X par dispersion d'énergie (EDXS) disponibles au GREMI, des analyses par spectroscopie photoélectronique X (XPS) seront réalisées. En fonction des appétences du candidat, une partie de simulation numérique de l'interaction laser-matière (COMSOL) pourra être implémentée dans le sujet de thèse.

3. Profil :

Le ou la candidat(e) diplômé(e) d'un Master II ou d'un diplôme d'ingénieur devra justifier de solides connaissances/compétences dans le domaine des lasers, en optique et photonique ou dans les sciences des matériaux. Un bon niveau d'anglais (oral et écrit) et une forte motivation sont également requis.

4. Informations sur les laboratoires d'accueil :

Site internet du laboratoire : <http://www.univ-orleans.fr/gremi>

5. Informations :

Financement : Bourse de thèse Ministère

Prise de fonction : 02/10/2023

Mention particulière : L'environnement de travail au GREMI s'effectue dans le cadre d'une Zone à Régime Restrictif (ZRR) dont l'accès est règlementé et soumis à autorisation. Prévoir un délai moyen de deux mois entre l'acceptation du doctorant par l'équipe de recherche et l'autorisation de travailler au laboratoire.

6. Candidature :

Contactez impérativement par mail avant le 16 avril 2023. Envoyer CV, lettre de motivation, programme du master suivi et thème du stage de fin d'étude (avec éventuellement une(des) lettre(s) de recommandation), à : barthelemy.aspe@univ-orleans.fr.

Dépôt de candidature sur ADUM, au plus tard le 26 avril 2023.

Après la phase de présélection sur dossier, le choix du candidat se fera après audition par l'ED EMSTU d'Orléans, et sous réserve d'accord de la procédure ZRR.