

PROPOSITION DE STAGE

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2024/2025

INFORMATIONS

Organisme/Institution : Université Paris-Saclay

Laboratoire/Laboratory : Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas

Adresse du lieu de stage/Lab address : Bat 210, Campus d'Orsay, Université Paris Saclay

Responsable de stage/Supervisor : João SANTOS SOUSA

Téléphone/Phone : 01.69.15.54.12

e-mail : joao.santos-sousa@universite-paris-saclay.fr

Conditions de stage (rémunération, voyage, logement, cantine, ...)/internship conditions (stipend, travel, lodging, food, ...): Compensation and canteen prices as per M2 internships

RÉSUMÉ DU SUJET / INTERNSHIP DESCRIPTION

ETUDE ET DÉVELOPPEMENT D'UN RÉACTEUR MICRO-PLASMA À HAUTE PRESSION POUR LA SYNTHÈSE D'HÉTÉROSTRUCTURES DE COUCHES 2D DE NITRURE DE BORE ET GRAPHÈNE

Le graphène, en raison de ses propriétés supérieures et novatrices, est un matériau de choix pour une large gamme d'applications technologiques prometteuses en nano et optoélectronique, en énergie, et en médecine, entre autres. N'ayant qu'une seule couche d'atomes, le graphène est vulnérable aux perturbations du substrat sur lequel il est déposé, qui peuvent altérer ou détruire de manière significative ses propriétés exceptionnelles. Pour contrer l'influence du substrat, il est possible de suspendre le graphène ou de l'encapsuler dans un matériau afin de préserver ses propriétés. Les couches de nitrure de bore hexagonal, h-BN, maintenant les propriétés électroniques exceptionnelles du graphène, l'encapsulation dans du h-BN peut potentiellement conduire à des technologies disruptives et devenir une plate-forme tant attendue pour la nanophotonique et la spintronique 2D et le traitement quantique de l'information.

En dépit du potentiel de ce matériau stratégique pour des futures applications à fort potentiel, les communautés scientifiques et industrielles n'ont pas encore de méthode de croissance efficace permettant le dépôt sur de grandes surfaces d'hétérostructures h-BN/graphène/h-BN de haute qualité. En particulier, un des problèmes critiques réside dans la capacité à dissocier suffisamment et efficacement un précurseur contenant du carbone ou de l'azote, afin qu'il puisse réagir et contribuer à la croissance de films de graphène et de h-BN, respectivement. Cela implique généralement l'utilisation de températures de croissance très élevées, entraînant une moindre efficacité énergétique et des coûts environnementaux et financiers plus élevés. Cependant, l'activation de la phase gazeuse avec une source plasma est un moyen d'améliorer la dissociation chimique des précurseurs tout en abaissant le budget thermique, car les électrons énergétiques générés par le plasma boostent la dissociation à température relativement basse.

Un nouveau procédé de dépôt utilisant de nouvelles matrices de micro-décharges à cathode creuse (MHCD), fonctionnant séquentiellement dans des mélanges gazeux de N₂-Ar et CH₄-Ar, pour la synthèse de h-BN (en utilisant également des précurseurs de bore) et de graphène, respectivement, est étudié et développé dans le cadre du programme de recherche collaborative PlasBoNG, impliquant 3 partenaires nationaux français (LPGP, LSPM et GREMI), et financé par l'ANR (750k€) pendant 4 ans (2021-2025). Les micro-plasmas n'étant pas à l'équilibre thermodynamique, il est possible de réduire considérablement la température de dépôt, et leur haute densité d'électrons (10¹⁶ cm⁻³) peut conduire à un haut degré de dissociation des précurseurs.

Lors de ce stage, une attention particulière sera consacrée à l'étude des propriétés physico-chimiques du réacteur micro-plasma fonctionnant dans des gaz réactifs (N₂, CH₄), en fonction des paramètres du procédé, à travers des approches expérimentales et de modélisation complémentaires, visant à produire des densités très élevées d'azote atomique et de radicaux de carbone C₂, éléments clés pour le dépôt et la croissance de films de h-BN et de graphène, respectivement.

POSSIBILITÉ DE THÈSE / PURSUING INTO PHD : Possible, à discuter; Possible, to be discussed

CONTRAT-FINANCEMENT PROBABLE / EXPECTED CONTRACT-FUNDING ? Programme ANR PlasBoNG

