

Contrat doctoral – ED Galilée

Titre du sujet : Diagnostic et modélisation de microplasmas utilisés pour la synthèse d'hétérostructures à base de nitrure de bore hexagonal et de graphène

- Unité de recherche : LSPM, CNRS UPR 3407, Bâtiment L1
- Discipline : Sciences de l'Ingénieur (code : G8 SPI)
- Direction de thèse : Dr. Claudia Lazzaroni (HDR), Prof. Guillaume Lombardi, Dr. Kristaq Gazeli (CNRS)
- Contact : kristaq.gazeli@lspm.cnrs.fr; claudia.lazzaroni@lspm.cnrs.fr; guillaume.lombardi@lspm.cnrs.fr
- Domaine de recherche : Physique des microplasmas et applications sur la synthèse des matériaux
- Mots clés : Microplasma, diagnostics, modèle OD, h-BN, graphène, hétérostructures

Le sujet de thèse porte sur le développement, le diagnostic et la modélisation de microplasmas générés avec des alimentations électriques DC et pulsées (durée de pulses de haute tension: centaines de nanoseconde–microseconde) utilisés pour la synthèse d'hétérostructures à base de nitrure de bore hexagonal (h-BN) et de graphène. Il s'agit de poursuivre le développement d'un procédé de dépôt de matériaux par microplasmas (taille inférieure au mm) sur grandes surfaces (substrats de 5 cm de diamètre), initié au LSPM dès 2016 avec des micro-décharges à cathodes creuses (MHCD) utilisées pour le dépôt de h-BN. Les objectifs principaux de ce projet de thèse sont (i) le développement de nouvelles sources microplasmas installées en face d'un porte-substrat qui peut être polarisé et chauffé, (ii) la compréhension des mécanismes gouvernant la production des précurseurs (N₂, CH₄) de synthèse des hétérostructures, (iii) l'optimisation du transport vers le substrat des espèces clés telles que les atomes de N, B et H (iii) l'amélioration des propriétés des films de h-BN déposés et l'éventuelle application du procédé au dépôt de graphène pour aboutir à la synthèse d'hétérostructures 2D h-BN/graphène/h-BN.

Ce projet interdisciplinaire propose le développement d'une nouvelle source microplasma d'azote atomique. La source sera développée sur la base d'une configuration de microdécharge à cathode creuse (MHCD) qui est très efficace pour la dissociation de l'azote moléculaire et elle sera alimentée par des hautes tensions DC et pulsées. Le projet propose la combinaison de diagnostics avancés (spectroscopie d'émission optique résolue en temps, imagerie rapide, diagnostics laser picoseconde, ...) et de simulations numériques (modèle global OD) pour caractériser la MHCD. L'application ciblée est le dépôt sur de grands substrats (échelle cm) de h-BN. Le h-BN est un matériau stratégique en photonique et en optoélectronique, utilisé par exemple dans les hétérostructures de Van der Waals (h-VdW tel que graphène/h-BN/graphène). Cependant, la croissance du h-BN est un défi et il n'existe toujours pas une méthode efficace permettant de contrôler le dépôt de films épitaxiaux de h-BN sur de grandes surfaces. Il est alors nécessaire de développer de nouveaux procédés permettant de contrôler l'épaisseur de h-BN de haute qualité cristalline déposé sur des substrats compatibles. Une première publication du groupe IPS-μP du LSPM avec ses collaborateurs a démontré la preuve de concept de l'utilisation d'une MHCD pulsée pour déposer du h-BN sur un substrat de 2 pouces. Cependant, ce dépôt est difficilement reproductible et il existe encore des obstacles importants à lever pour améliorer le processus de dépôt ainsi que la qualité et la cristallinité des films de h-BN déposés. Les expériences et les modèles proposés nous permettront d'atteindre une meilleure compréhension de la physique de la décharge et les mécanismes de production de l'azote atomique (entre autres espèces clés). Ainsi, nous visons à identifier les conditions et la configuration MHCD appropriées pour la prochaine génération de matrices MHCD afin d'obtenir des dépôts de h-BN uniformes sur de grandes surfaces.