

- Axe de GANEX : 7
- Titre du sujet: Epitaxie de GaN sur graphène
- Nom et e-mail du porteur de projet: Ludovic Largeau, Jean-Christophe Harmand
- Nature de la thèse: Partagée académique GANEX 66%, ERC 33%, laboratoires bénéficiaires: C2N (80%), CEA-INAC (20%)
- Date souhaitée de démarrage : Sept. 2017 ou avant
- Lien avec un projet ANR ou H2020: ERC de Maria Tchernycheva
- Sujet développé :

Le choix du substrat pour l'épitaxie des nitrures est une problématique récurrente. La communauté est toujours en quête d'un substrat bas coût et de stratégies de croissance pour minimiser la densité de défauts dans le film épitaxié. Le graphène représente un substrat potentiel, ultimement mince, compatible avec les températures de croissance des nitrures et capable de compliance. Le C2N a démontré récemment la croissance épitaxiale de nanofils de GaN sur des feuillets de graphène. Nous avons établi pour la première fois la cohérence de l'alignement basal des réseaux de GaN et de graphène et observé une dépendance du taux de nucléation des nanofils avec le nombre de feuillets de graphène sous-jacents [1]. Nous avons également obtenu une excellente sélectivité de croissance par rapport à la silice sur laquelle les domaines de graphène ont été transférés. Sur la base de ces résultats, nous proposons de continuer l'exploration de cette épitaxie pleine de promesses et de l'étendre à des plots de GaN d'extension latérale micrométrique.

Dans une première partie, des questions fondamentales seront abordées sur la croissance de nanofils par MBE sur des domaines étendus de graphène. La photoluminescence de ces nanofils semble indiquer la présence de parois de domaines d'antiphase (faible signature à 3.45 eV). La densité de ces défauts variant sensiblement en fonction du substrat, nous étudierons leur mécanisme de formation pour identifier des conditions qui l'inhibent. A l'aide de nanofils très courts, la relation d'épitaxie sera explorée plus en détail par TEM et par ARPES pour sonder la nature exacte des liaisons à l'interface (contribution de liaisons chimiques et de forces de van der Waals). On envisage d'étudier les effets de compliance et le partage des contraintes dans le graphène et dans les germes de GaN par des expériences complémentaires de diffraction en incidence rasante in-situ sur la ligne BM32 de l'ESRF pendant l'étape de nucléation.

Dans une deuxième partie, nous viserons la formation de domaines plus étendus de GaN épitaxié sur graphène. Deux voies seront explorées pour obtenir des domaines monocristallins et disjoints de graphène sur une surface de silice: soit par lithographie d'un feuillet continu, soit par report de petits domaines obtenus par croissance CVD. De même, pour la croissance du GaN, deux approches seront étudiées: (i) la croissance par MBE de nanofils qui serviront de template pour une seconde croissance latérale par MOCVD; dans cette approche, un premier objectif est d'obtenir un nanofil unique par domaine de graphène et d'appliquer le principe de l'ELOG (epitaxial lateral overgrowth) pour obtenir des plots de GaN de haute qualité qui s'étendront sur la silice. (ii) L'épitaxie directe de GaN planaire par MBE (en ajustant les paramètres de croissance) sur des domaines de graphène micrométriques.

La qualité du GaN obtenu sera testée en vue de potentielles applications. Pour les nanofils, une jonction p-n axiale sera réalisée et testée électriquement. Des caractérisations EBIC seront conduites sur ces objets pour visualiser d'éventuels défauts. Pour la croissance de domaines de GaN plus larges (pseudo couches 2D), des caractérisations structurales par TEM et diffraction de rayons X seront menées.

D'une manière générale, la croissance sur graphène permet de transférer les structures obtenues sur de multiples substrats, par exemple des supports flexibles. Ces opérations de transfert seront testées sur les deux types d'échantillons réalisés.

[1] V. Kumaresan, L. Largeau, A. Madouri, F. Glas, H. Zhang, F. Oehler, A. Cavanna, A. Babichev, L. Travers, N. Gogneau, M. Tchernycheva and J.-C. Harmand, *Epitaxy of GaN Nanowires on Graphene*, Nano Lett. 16 (8), 4895 (2016)