

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **25 novembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur Neil INNIS**

Titre de la thèse : Synthesis and Characterization of boron-carbon thin films deposited via chemical vapour deposition (CVD) and plasma-enhanced atomic layer deposition (PE-ALD)

Résumé



Les couches minces de carbures de bores (BxC) trouvent diverses applications en tant qu'absorbants et détecteurs de neutrons, céramiques réfractaires, armures et protection balistique. Ces applications sont possibles grâce à leur forte absorption des neutrons, à leur grande stabilité chimique et thermique, ainsi qu'à leur grande dureté. En outre, ils présentent un intérêt potentiel pour les industries des semi-conducteurs et de l'optoélectronique en raison de leur conductivité de type p et de leur large bande interdite accordable. En effet, l'absorption nucléaire, les propriétés mécaniques, électroniques et thermiques du BxC dépendent de la composition chimique de ces films, et en particulier du rapport bore-carbone (B/C). Les procédés conventionnels pour obtenir des films de BxC sont la pulvérisation magnétron ou le dépôt chimique en phase vapeur (CVD). Alors que la pulvérisation magnétron pose des problèmes de conformité des films déposés sur des dispositifs structurés, les procédés CVD conventionnels impliquent des températures supérieures à 800 °C pour déposer le BxC à partir de précurseurs d'hydrure ou d'halogénure de bore. Ces précurseurs présentent cependant de forts inconvénients, tels qu'une toxicité élevée et/ou des sous-produits corrosifs. En outre, le contrôle précis du rapport B/C, de l'épaisseur et de la conformité reste toujours un défi. Il faut enfin noter qu'il n'existe pas à ce jour de procédé de dépôt par couche atomique (ALD) pour le BxC. Cette thèse vise à déposer des couches minces de BxC sur des substrats métalliques et isolants, en particulier sur le Si(100), avec un contrôle de la composition et de l'épaisseur à basse température, à partir de précurseurs exempts d'halogénures. Deux voies chimiques sont étudiées, un procédé CVD thermique et un nouveau procédé ALD assisté par plasma. Les deux procédés utilisent du triéthylborane (TEB) et du gaz H₂, et résultent en dépôts de films minces amorphes de BxC hydrogéné. Le procédé CVD thermique utilise une approche efficace de plan d'expériences (DOE) pour six paramètres expérimentaux afin de produire des films minces de BxC, avec un rapport B/C de

1 à 4 et à une température de dépôt de 400 à 600 °C. Le procédé PE-ALD développé, quant à lui, est optimisé pour produire des films de BxC sur Si(100) maintenus entre 112 et 138 °C avec un taux de croissance contrôlé d'environ 0,45 Å/cycle. En outre, en faisant varier la puissance du plasma et le flux de H₂, le rapport B/C peut être réglé entre 0,3 et 3. Ce travail a été réalisé à l'Université Claude Bernard Lyon 1 et a bénéficié du financement de l'École Doctorale de Chimie et de l'Agence Nationale de la Recherche (projet n° ANR-21-CE09-0001-01). Mots-clés : Bore-carbone - couches minces - CVD - plasma - ALD – BxC

Mots-clés : ALD,dépôt,BxC,plasma,CVD,