

Sujet de Thèse 2018

Sujet

Caractérisation et modélisation d'une décharge magnétron réactive pulsée haute puissance, application aux dépôts d'oxydes et de nitrures.

Mots clés

Plasma Froid, Diagnostics Plasma, Couches Minces, Modélisation, Caractérisation Matériaux.

Encadrants de thèse

Encadrante : Marie Claude Fernandez - 02 40 37 39 60 - marie-claude.peignon@cnrs-imn.fr

Co-direction : Ahmed Rhallabi - 02 40 37 39 84 – ahmed.rhallabi@cnrs-imn.fr

Direction : Pierre Yves Jouan - 02 40 37 63 24 – pierre-yves.jouan@cnrs-imn.fr

Description

La pulvérisation magnétron est une technique largement utilisée en microélectronique et nanotechnologies pour la croissance de films métalliques, de nitrures ou d'oxydes. Cette technique a permis l'obtention de films avec des propriétés particulières tant du point de vue physico-chimique que structural. Néanmoins, en magnétron conventionnel la densité de puissance injectée dans la cible est limitée par les capacités de refroidissement de la source. Pour éviter ces limitations, une des pistes explorées est l'application de la puissance sous forme d'impulsions très courtes (Fast-HiPIMS : High Power Impulse Magnetron Sputtering). Pendant l'impulsion de tension négative appliquée à la cathode, la pulvérisation magnétron s'opère alors à des densités de puissance instantanée beaucoup plus élevées ($> 1000 \text{ W.cm}^{-2}$) que celles rencontrées en pulvérisation magnétron conventionnelle ($\approx 10 \text{ W.cm}^{-2}$). Depuis 2007, notre équipe est très impliquée sur cette thématique très innovante en développant en particulier des revêtements anticorrosion dans le cadre de 2 projets IRT [1,2] et a participé au programme Européen COST HIPM [3] regroupant les plus grands laboratoires Européens du domaine. De plus, l'équipe a développé en collaboration avec l'IUT de Nantes et l'IETR une nouvelle génération d'alimentation permettant de mieux gérer la production d'ions métalliques dans la décharge. Cette alimentation multiétagée (3 étages à l'heure actuelle, chacun pouvant être commandé à 150V, 200V ou 300V) peut générer simultanément ou de manière décalée (réglage à la microseconde) les impulsions de puissances. Cette possibilité est totalement innovante et doit permettre d'optimiser la production d'ions métalliques sur la base de nos résultats obtenus avec une alimentation HiPIMS classique [4].

Le but de cette thèse est de comprendre et de modéliser les effets de cette nouvelle alimentation sur les phénomènes de pulvérisation, d'excitation et d'ionisation se produisant dans la décharge. Il est prévu de faire une étude quasi exhaustive de l'effet des conditions de décharge sur la nature des espèces chargées et neutres dans la décharge. Cette étude sera menée par spectrométrie de masse, spectroscopie optique et sonde de Langmuir. En parallèle, une modélisation de la décharge plasma est prévue afin de mieux comprendre l'impact des paramètres du procédé (rapport cyclique de pulse, pression, puissance, débit de gaz, ...) sur le comportement électrique de ce type de décharge. La phase de validation du modèle sera possible grâce à la confrontation des résultats de simulation à ceux issus de l'expérience.

La durée des pulses étant très faible (quelques dizaines de microsecondes) il faudra mener des études résolues en temps afin de bien dissocier les phénomènes se produisant pendant le pulse des phénomènes de diffusion liés à l'inertie du système. Dans ce contexte, le modèle de décharge plasma sera un bon outil pour mieux comprendre les phénomènes de transport des espèces produites dans ce type de plasma, en particulier, pendant les phases de transitions des pulses. Le modèle de décharge développé aidera à trouver les conditions optimales en termes de flux d'espèces ioniques et neutres participant au processus de dépôt pour des applications bien ciblées.

Une fois cette étude menée il s'agira d'appliquer cette méthode pour le dépôt de couches minces. Sur la base de l'étude expérimentale du plasma et en s'appuyant sur les résultats du modèle, des conditions de dépôt seront identifiées pour l'élaboration d'oxydes (NiO et TiO₂) et de nitrures (NiN et CrN). Les techniques de caractérisation des films obtenus utilisées seront : la diffraction des rayons X, la microscopie à balayage et à transmission, la microanalyse, la spectroscopie de photoélectrons, la microscopie à force atomique et la spectrométrie UV-Visible et FTIR.

Profil

Le (la) candidat(e) devra avoir une formation solide en physico-chimie des matériaux, un esprit ouvert et si possible une expérience dans le domaine des plasmas froids. Cette thèse se déroulera au sein de l'IMN, le ou la candidate devra allier des qualités en physique théorique, pour l'aspect fondamental lié à la modélisation, à des qualités d'expérimentateur(trice) pour les caractérisations du plasma et la réalisation des couches minces. L'aspect pluridisciplinaire du sujet nécessitera du dynamisme et une grande autonomie de la part du (de la) candidat(e). En outre, sa capacité à s'exprimer, tant oralement que par écrit, ainsi qu'un bon relationnel seront des qualités très appréciées.

Financement

Contrat doctoral de l'Université de Nantes.

Références

- [1] Projet IRT COMIDAC – 2011 - 2015.
- [2] Projet IRT OPTISURF – 2016 - 2019.
- [3] Programme Européen : COST Action HIPPO MP0804, 2008 – 2012.
- [4] A. Ferrec, J. Keraudy, P.-Y. Jouan, Applied Surface Science, 390, 497–505 (2016).