

Détermination de l'énergie transférée aux surfaces lors de la modification de matériaux par procédés plasmas basse pression

Pierre-Antoine Cormier¹, Anne-Lise Thomann¹, Nadjib Semmar¹, Rémi Dussart¹, V. Dolique², T. Lecas¹, S. Konstantinidis³, A. Balhamri³, R. Snyders³

¹ GREMI, Université d'Orléans, 14 rue d'Issoudun B.P. 6744, 45067 ORLEANS Cedex 2

²LMA, Université C. B. Lyon 1, 7 av. Pierre de Coubertin, 69622 VILLEURBANNE Cedex

³ChIPS, Université de Mons, 20 place du parc 7000 Mons, Belgique

mél: pierre-antoine.cormier@univ-orleans.fr

La détermination des énergies transférées aux surfaces (parois, cible, substrats...) est un paramètre clé pour le contrôle et la compréhension des procédés plasmas basse pression, en particulier ceux dédiés à la gravure, au traitement de surface ou au dépôt de couches minces [1]. Pour évaluer l'énergie transférée par le plasma à une surface, les différentes espèces (électrons, ions, neutres), ainsi que les processus physicochimiques mis en jeu (condensation, réactions chimiques, émission radiative...) doivent être pris en compte. Dans la majorité des travaux, cette énergie est déterminée à partir d'un thermogramme (e.g. sonde calorimétrique) [2, 3]. Bien que ce type de sonde présente des avantages (résultats fiables, faible coût, simplicité d'utilisation [4]), son temps de réponse (plusieurs minutes) et sa sensibilité sont des paramètres rédhibitoires pour la mesure de faibles contributions énergétiques et la détection de phénomènes transitoires (inférieur à quelques secondes).

Au GREMI, on développe un moyen de diagnostic (fluxmètre) pour la mesure directe des énergies transférées par le plasma à un substrat. Le fluxmètre est composé d'une thermopile (Heat Flux Microsensor de la société Vattel) avec un temps de réponse de 1 ms. Le grand nombre de jonctions thermocouples (1600 jonctions/cm²), composant la thermopile offre une sensibilité de mesure inférieure à 1 mW/cm². Le fluxmètre est refroidit en permanence, et est calibré selon un protocole NIST [5]. Il a déjà été utilisé dans différents procédés plasmas basse pression [4-7]. On a pu mettre, par exemple en évidence la réaction chimique ayant lieu à la surface d'un substrat de silicium soumis à un plasma de SF₆ [6]. Une comparaison entre le fluxmètre et une sonde calorimétrique a démontré la fiabilité et la bonne reproductibilité des résultats obtenus [4]. Des contributions énergétiques avec différentes cinétiques ont pu être mesurées, et notamment celle due à l'échauffement de la cible en pulvérisation magnétron [7]. L'énergie transférée lors de la conduction des atomes du gaz, ainsi que l'énergie libérée lors de l'oxydation de substrats d'aluminium et de titane a pu être mesurée.

Le fluxmètre est donc un diagnostic qui facilite la compréhension des phénomènes physicochimiques mis en jeu dans les plasmas basse pression.

Références

- [1] H. Kersten, H. Deutsch, H. Steffen, G.M.W. Kroesen and R. Hippler, *Vacuum* **63**, 385 (2001)
- [2] M. Cada, J.W. Bradley, G.C.B. Clarke and P.J. Kelly, *AIP* **102**, 063301 (2007)
- [3] D. Lundin, M. Stahl, H. Kersten, U. Helmersson, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **42** (2009)
- [4] P-A Cormier, M. stahl, A-L. Thomann, R. Dussart, M.Wolter, N. Semmar, J. Mathias and H. Kersten, *J. Phys D: Appl. Phys.*, **43**, 465201 (2010)
- [5] A-L. Thomann, N. Semmar, R. Dussart, J. Mathias and V. Lang, *AIP* **77**, 033501 (2006)
- [6] R. Dussart, A-L. Thomann, L.E. Pichon, L. Bedra, N. Semmar, P. Lefauchaux, J. Mathias and Y. Tessier, *APL* **93**, 131502 (2008)
- [7] L. Bedra, A-L. Thomann, N. Semmar, R. Dussart and J. Mathias, *J. Phys. D: Appl. Phys* **43**, 065202 (2010)