

Investigation d'une décharge micro-onde distribuée utilisée pour la synthèse de films de diamant nanocristallin à basse température sur des surfaces étendues

D. Dekkar¹, F. Bénédic¹

¹ LSPM-CNRS, Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, Villetaneuse, France

Résumé

Le diamant suscite depuis longtemps un grand intérêt en raison de propriétés extrêmes qui font de lui le candidat idéal pour la réalisation d'applications dans le domaine de l'électronique, de l'optique, de la mécanique, de la thermique et de la tribologie [1]. Depuis les années 80, la croissance du diamant est réalisée par des procédés de dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma par micro-onde utilisant des mélanges gazeux contenant le plus souvent du méthane et de l'hydrogène, dans des systèmes à cavité résonnante et à une température de substrat supérieure à 800°C [2-4]. Ce type de procédé est donc limité en termes de surface déposée, inférieure à 5 cm de diamètre, et de matériaux pouvant être traités. Depuis quelques années, il est désormais possible d'effectuer la synthèse de diamant nanocristallin à basse température, entre 100 et 400°C, à basse pression (<1 mbar), en utilisant un mélange gazeux H₂/CH₄/CO₂, sur des substrats de 10 cm de diamètre, par des plasmas micro-ondes distribués [5]. Cette technique a ainsi permis d'ouvrir de nouvelles perspectives quant aux substrats thermosensibles pouvant être utilisés tels que, par exemple, les matériaux polymères (Téflon...) et piézoélectriques (ZnO...), au cœur de certaines applications biomédicales et électroniques [6,7].

Pour mieux contrôler le procédé de croissance à basse température et ainsi améliorer les caractéristiques des films de diamant déposés, il est nécessaire d'identifier et de comprendre les phénomènes qui se produisent dans le volume du plasma et au voisinage du substrat.

Dans cette présentation, nous exposerons les résultats du diagnostic expérimental des plasmas micro-ondes distribués utilisés pour la synthèse de diamant nanocristallin par spectroscopie optique d'émission, spectroscopie d'absorption infrarouge et sonde de Langmuir. Différents paramètres locaux du plasma, tels que la température et la densité électroniques, la température du gaz, et la densité de certaines espèces clés pour la croissance (CH₃, H...), ont été déterminés. Nous nous sommes en particulier intéressés à la distribution spatiale, axiale et radiale, de ces grandeurs, et à l'influence des paramètres du procédé tels que la pression, la puissance micro-onde, la position du porte substrat et la stœchiométrie du mélange gazeux. L'ensemble de ces mesures nous a permis d'appréhender les phénomènes physico-chimiques conduisant à la formation des espèces d'intérêt pour la croissance à basse température et de les comparer aux procédés d'élaboration à haute température.

Références

- [1] O. Williams, Nanodiamonds, RSC Nanoscience & Nanotechnology 31, RSC, Cambridge 2014.
- [2] D. Zhou, T.G. McCauley, L.C. Qin, A.R. Krauss, D.M. Gruen, J. Appl. Phys. 83 (1998) 540.
- [3] D. Zhou, D.M. Gruen, L.C. Qin, T.G. McCauley, A.R. Krauss, J. Appl. Phys. 84 (1998) 1981.
- [4] J. Lee, B. Hong, R. Messier, R.W. Collins, Appl. Phys. Lett. 69 (1996) 1716.
- [5] H.A. Mehedi, J. Achard, D. Rats, O. Brinza, A. Tallaire, V. Mille, F. Silva, C. Provent, A. Gicquel, Diam. Relat. Mater. 47 (2014) 58.
- [6] D. Dekkar, F. Bénédic, C. Floer, S. Hage-Ali, O. Brinza, J. Achard, and O. Elmazria, Phys. Status Solidi A 215 (2018) 1800251.
- [7] D. Dekkar, F. Bénédic, C. Falentin-Daudré, O. Brinza, R. Issaoui, J. Achard, Diam. Relat. Mater. 94 (2019) 28.