

Etude des Plasmas H₂/CH₄ à Haute Densité de Puissance pour la Croissance de Diamant par Dépôt Chimique en Phase Gazeuse (CVD)

N. Derkaoui¹, C. Rond¹, O. Brinza¹, A. Michau¹, K. Hassouni¹, A. Gicquel¹

¹ *Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux, CNRS Université Paris 13,
99 avenue JB Clement 93430 Villetaneuse*

mél: rond@lspm.cnrs.fr

L'utilisation du diamant dans les composés d'électronique de puissance nécessite la croissance de monocristaux de grande pureté et qualité cristalline à haute vitesse. Ces caractéristiques peuvent être obtenues simultanément à partir de dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma micro-onde à haute densité de puissance (pression ≥ 100 hPa – puissance ≥ 2 kW). De précédents travaux effectués à moyenne densité de puissance [1,2] ont montré l'importance de la densité des espèces H et CH₃ à la surface sur les mécanismes de croissance. Dans cette étude, des mesures de spectroscopie d'émission résolues spatialement ont été effectuées afin de quantifier les mécanismes de croissance du diamant à haute densité de puissance et les comparer avec des modèles numériques et théoriques.

Les densités d'atomes d'hydrogène dans le cœur du plasma ainsi qu'à proximité de la surface du diamant ont été estimées par actinométrie pour différents couples pression/puissance ([25-400] hPa et [600-4000] W) grâce aux mesures des spectres d'émission de H_α (656.3 nm), H_β (486.1 nm), et la transition 4p-4s de l'Argon (2p¹- 1s² à 750.4 nm). A partir de ces mesures, nous avons mis en évidence que lorsque la densité de puissance augmente de [25hPa-600W] à [400hPa-4000W], la fraction molaire d'hydrogène varie de 0.1 à 0.6 et la température électronique diminue de 16000K à 11000K.

Ces résultats expérimentaux ont été complétés par une approche numérique. Un code 1D de simulation thermochimique a été développé au laboratoire [3,4] afin de reproduire et comprendre les mécanismes intervenant dans les plasmas H₂/CH₄ à l'origine de la croissance du diamant. La comparaison entre les mesures d'actinométrie et les calculs a permis de valider les modèles physiques et chimiques utilisés pour des conditions de haute densité de puissance. Les simulations montrent que la diffusion étant responsable du transport de H à la surface, la fraction molaire d'hydrogène à la surface est proportionnelle à la valeur maximale atteinte dans le cœur du plasma. De plus on observe que la concentration de CH₃ à la surface est proportionnelle à la densité de H dans le cœur du plasma. Ainsi, à partir du modèle développé par Goodwin [1,2], on peut démontrer que, à haute densité de puissance, la vitesse de croissance est complètement gouvernée par les mécanismes de production de l'hydrogène et peut être estimée, pour une teneur en méthane donnée, par l'encadrement suivant :

$$k(T_s) \frac{k'}{2} [H]_{\infty} < G_{100} < k(T_s) k' [H]_{\infty}$$

References

- [1] D. G. Goodwin, J. Appl. Phys. 74 (1993) 6888-6894
- [2] D. G. Goodwin, J. Appl. Phys. 74 (1993) 6895-6906
- [3] Hassouni, K., et al., Plasma Chemistry and Plasma Processing, 1998. **18**(3): p. 325-362.
- [4] Hassouni, K. and et al., Journal of Physics D: Applied Physics, 2010. **43**(15): p. 153001.