

NOUVEAU PROCÉDE DE DEPOT DE COUCHE MINCE NANOSTRUCTURE PAR PLASMA FROID A LA PRESSION ATMOSPHERIQUE

Paul BRUNET ^a, Mohamed CHAKER ^b, Françoise MASSINES ^a,

^a PROMES, CNRS, Perpignan

^b INRS, Varennes, Canada

Contact e-mail : françoise.massines@promes.cnrs.fr

RÉSUMÉ

Un nouveau procédé de dépôt de couches minces nanostructurées par PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Déposition) est étudié. Ce procédé basé sur une décharge à barrière diélectrique (DBD) fonctionne à la pression atmosphérique. L'objectif est double, réduire l'impact environnemental par un procédé propre produisant peu d'effluent et diminuer le coût du dépôt par un procédé adapté pour traiter de grande surface en continu. La DBD a déjà fait ses preuves pour le dépôt de couches minces applicables à l'énergie solaire en déposant du SiNx :H, couche passivante et antireflet sur des cellules photovoltaïques en silicium cristallin [1]. Le dépôt est réalisé par dissociation d'une molécule de gaz ou de vapeur de liquide par le plasma généré par la DBD. La vitesse de dépôt est contrôlée par la puissance de la décharge qui définit le taux de dissociation des précurseurs. La façon la plus simple d'accroître cette puissance est d'augmenter la fréquence d'alimentation du plasma. Récemment, une solution élégante pour réaliser des dépôts nanostructurés a été envisagée. Elle consiste à utiliser des poudres nanométriques (NPs) comme précurseur du dépôt. Ces poudres sont mises en suspension dans un liquide dont les vapeurs polymérisées par le plasma forment la matrice du nanocomposite, alors que les NPs en sont les inclusions. Dans un gaz ionisé, comme celui généré par la DBD, à partir d'un diamètre de l'ordre de 20nm, les poudres se chargent négativement afin d'équilibrer le flux d'électrons et d'ions. Cette charge fixe induit un contrôle de leur transport par la force électrostatique générée par la tension d'alimentation de la DBD. Néanmoins, si la fréquence d'oscillation de cette tension est trop élevée, les poudres sont piégées dans le gaz et essentiellement transportées par le flux de gaz et la diffusion liée au collage des poudres sur le substrat.

L'étude présentée porte sur des particules de TiO₂ (NPs) de 20nm, enrobées de silice, en suspension dans un précurseur polymérisable, l'isopropanol (IPA). Cette suspension est réalisée et injectée dans le plasma par le biais d'un atomiseur qui crée un aérosol. L'analyse des dépôts en fonction de la fréquence d'alimentation de la décharge montre que pour des fréquences de l'ordre de 1kHz, le dépôt est essentiellement constitué d'agrégat de NPs. (définis par la taille des gouttelettes). En revanche à 50kHz, le dépôt est une couche dense carbonée, qui ne contient pas de NPs. Ces observations s'expliquent par le fait qu'à 50kHz, les poudres piégées dans le volume du gaz n'atteignent pas la surface et qu'en revanche, à 1kHz la puissance du plasma est trop faible pour efficacement dissocier IPA. Il est donc indispensable de coupler une basse fréquence pour contrôler le transport des NPs sur le substrat et une haute fréquence pour réaliser la matrice du composite. Une forme de tension spécifique a donc été définie. Elle permet d'ajuster indépendamment la durée d'application de la haute fréquence et de la basse fréquence et ainsi contrôler la nature du nanocomposite. Sur la Figure 1 on voit qu'en faisant varier le rapport cyclique c'est-à-dire le temps attribué à chacune des fréquences choisies, il est possible d'avoir un matériau avec une concentration forte de NPs et très peu de matrice ou une matrice épaisse avec peu de NPs.

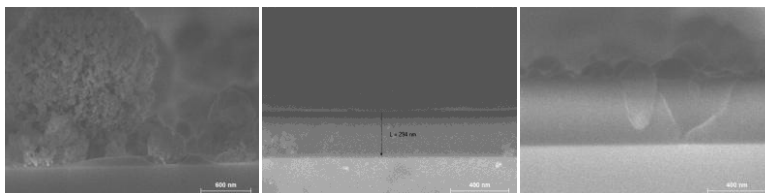


Figure 1: Dépôt nanostructuré réalisé par DBD pour un rapport cyclique a) 20%, b) 50% et c) 80%

Par ce procédé il serait donc possible de réaliser des couches optiques sélectives en réalisant une matrice transparente aux UV avec une inclusion de NPs qui réfléchissent les IR.

Mots Clés : DBD, Pression atmosphérique, Dépôt, Nanostructure

[1] Julien Vallade, Remy Bazinette, Laura Gaudy, and Françoise Massines, J. Phys. D: Appl. Phys **47** (22) (2014).