

Croissance De Nanostructures De Carbone Par Plasma Et Détermination De Leurs Propriétés Électriques et Thermiques

Mireille Gaillard¹, Éliane Amin-Chlhoub, Agnès Petit, Nadjib Semmar, Chantal Boulmer-Leborgne

¹ GREMI UMR7344 Université d'Orléans-CNRS, Orléans
mél: mireille.gaillard@univ-orleans.fr

L'industrie de la microélectronique fait face aujourd'hui à deux problèmes majeurs qui empêchent le bon fonctionnement des composants et des circuits intégrés, limitent leur durée de vie et les rendent moins fiables [1], à savoir l'électromigration et le chauffage local par effet Joule. Si ces phénomènes existent toujours dès qu'il y a passage de courant, ils deviennent particulièrement critiques lorsque les dimensions caractéristiques des composants atteignent le domaine submicrométrique. Une des solutions étudiées serait de remplacer les matériaux actuellement utilisés comme interconnexions par de nouveaux composants, comme les nanotubes de carbone (NTC) [2] possédant une excellente conductivité électrique et thermique [3] mais dont la croissance, pour leur intégration en microélectronique, est encore loin d'être optimisée.

Dans ce travail, la croissance de tapis de NTC multifeuillet (30 µm de haut) alignés verticalement est réalisée par dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PECVD). Cette technique nécessite un catalyseur avant la croissance, déposé par pulvérisation laser et restructuré par voie thermique. L'influence des différents paramètres expérimentaux sont étudiés, comme le couple substrat/catalyseur, la température de croissance, les débits de gaz, la puissance plasma... Ce qui a permis de cerner les domaines de valeurs pour lesquelles la croissance donne les résultats attendus et ainsi de contrôler le procédé.

Les propriétés électriques des tapis sont testées par la méthode quatre-pointe, qui a été adaptée aux couches minces poreuses. Les propriétés thermiques des tapis sont testées par photométrie infra rouge en temps réel. Dans ce cas, une source de chaleur, un faisceau laser excimer à 248 nm, provoque une élévation de la température de surface du tapis, suivie de la propagation d'une onde thermique dans le tapis. La mesure en temps réel de la variation de température de surface permet de remonter, entre autre, à la conductivité thermique du tapis, après identification avec un modèle 1D. Ces tests ont montré que les tapis réalisés sont bons conducteurs électriques et thermiques, résultats encourageants pour leur intégration.

Pour réaliser ces tests électriques et thermiques, il est indispensable de déposer une couche mince métallique sur le haut des tapis : contact électrique en or et transducteur thermique en titane ou tungstène. La morphologie et surtout la grande porosité du milieu (environ 70%) rend cette étape très délicate. Elle est réalisée par dépôt physique en phase vapeur, de type plasma magnétron, qui permet le dépôt homogène d'une couche mince considérée comme continue. Les deux techniques plasmas sont présentées dans ces travaux en montrant l'intérêt de ces choix.

Références

- [1] Rapport sur les Technologies clé 2015, Technologies de l'information – Nanotechnologies, ch. 23, <http://www.industrie.gouv.fr/tc2015/>
- [2] A. Chiarello et al. *Carbon nanotubes interconnect for integrated circuits*, 2009
- [3] *Carbon nanotubes* Ed. by J.M. Marulando, In-Tech, 2010