



Etude et caractérisation à la nanoéchelle des propriétés électriques et mécaniques de nanoparticules d'argent dispersées dans une matrice de polystyrène

Thomas DE MUIJLDER¹, Michel VOUE², Philippe LECLERE¹

¹ Laboratoire de Physique des Nanomatériaux et Energie (LPNE)
Institut de Recherche en Sciences et Ingénierie des Matériaux
Université de Mons (UMONS), B 7000 Mons, Belgique.

² Laboratoire de Physique des Matériaux et Optique (LPMO)
Institut de Recherche en Sciences et Ingénierie des Matériaux
Université de Mons (UMONS), B 7000 Mons, Belgique.

Les matériaux nanocomposites composés d'une matrice polymère et de nanocharges inorganiques, appelés nanodiélectriques, sont au centre d'avancées dans la conception de matériaux pour l'électronique. En particulier, ils permettent de nettes améliorations des propriétés électriques (capacitance, concentration du champ électrique, rigidité diélectrique) mais aussi des propriétés mécaniques (résistance à la traction, flexibilité) et ce, pour une large gamme de températures. Ces améliorations sont prometteuses pour la conception de dispositifs de stockage de l'énergie ou de systèmes d'isolation électrique. De plus en plus d'études mettent en évidence le rôle majeur de l'interphase se formant entre la matrice et la charge [1]. En raison de sa dimension nanoscopique, l'étude des propriétés de l'interphase nécessite des outils de caractérisation comme la microscopie à sonde locale (Scanning Probe Microscopy, SPM).

Dans ce travail, nous avons analysé des films minces (quelques centaines de nanomètres) de Poly(styrène), un polymère aux propriétés physiques et chimiques bien connues et couramment utilisé dans ce domaine, contenant une dispersion de nanoparticules d'argent. L'argent est connu pour posséder les plus grandes conductivités électriques et thermiques parmi les métaux ainsi qu'une signature optique très prononcée dans le visible (résonance plasmonique). Dans notre étude, les nanoparticules ont été produites par photoablation laser (Nd-YAG en régime nanoseconde) dans un solvant organique (Toluène ou THF). Il est établi que la photoablation permet de produire des nanoparticules avec une bonne stabilité colloïdale. De plus, l'utilisation d'un solvant organique tel que le toluène mène à la formation d'une coquille carbonée entourant les nanoparticules d'argent [2].

Lors des différentes étapes du processus de fabrication des films, nous avons utilisé des techniques de mesures des propriétés optiques: la réflectométrie pour déterminer l'épaisseur de la matrice polymère, la spectroscopie UV-VIS pour contrôler la répartition des tailles des particules d'argent et enfin, l'ellipsométrie pour caractériser les indices de réfraction complexes des films nanocomposites.

Afin de caractériser nos échantillons à la nanoéchelle, nous avons utilisé différents modes de microscopie à force atomique (AFM) et électrique (EFM). Ainsi, nous avons cartographié les propriétés mécaniques (module de rigidité, adhésion) par *PeakForce Tapping (PFT)* et *Intermodulation AFM (ImAFM)* ainsi que les propriétés électriques (différence de potentiel de contact, capacitance et ses dérivées) par *Intermodulation EFM (ImEFM)*.

In fine, nous avons confronté les différents modèles d'interphases [1] avec nos données pour expliquer les différentes propriétés mesurées de nos échantillons.

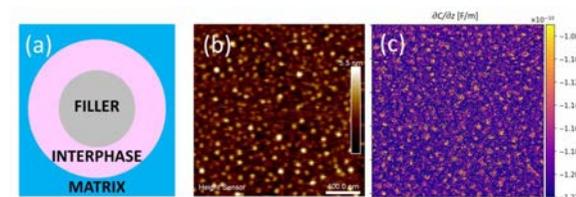


Figure 1 (a) Représentation schématique de l'interphase, (b) Topographie et (c) Gradient de capacitance d'un film mince composé de Polystyrène et de nanoparticules d'argent mesuré par ImEFM.

Références

- [1] Seiler, J.; Kindersberger, J. Insight into the Interphase in Polymer Nanocomposites. *IEEE Trans. Dielect. Electr. Insul.* **2014**, *21* (2), 537.
[2] Amendola, V.; Polizzi, S.; Meneghetti, M. Laser Ablation Synthesis of Silver Nanoparticles Embedded in Graphitic Carbon Matrix. *Sci. Adv. Mater.* **2012**, *4* (3), 497.