



**HAL**  
open science

# Etude multi-échelle de la permittivité diélectrique de couches minces diélectriques : application aux nanocomposites silice / nanoparticules d'argent élaborés par plasma

Christina Villeneuve-Faure, Kremena Makasheva, Charles Rigoudy, Laurent Boudou, G. Teyssedre

## ► To cite this version:

Christina Villeneuve-Faure, Kremena Makasheva, Charles Rigoudy, Laurent Boudou, G. Teyssedre. Etude multi-échelle de la permittivité diélectrique de couches minces diélectriques : application aux nanocomposites silice / nanoparticules d'argent élaborés par plasma. 24e Forum des Microscopies à Sonde Locale, Apr 2023, Obernay, France. pp.195. hal-04310859

**HAL Id: hal-04310859**

**<https://hal.science/hal-04310859>**

Submitted on 27 Nov 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Etude multi-échelle de la permittivité diélectrique de couches minces diélectriques : application aux nanocomposites silice / nanoparticules d'argent élaborés par plasma

Christina VILLENEUVE-FAURE, Kremena MAKASHEVA, Charles RIGOUDY, Laurent BOUDOU and Gilbert TEYSSÉDRE

LAPLACE (Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie) ; Université de Toulouse; CNRS, UPS, INPT, Toulouse

Les couches minces diélectriques nanocomposites apparaissent prometteuses pour améliorer les performances et la fiabilité des micro- et nano- systèmes. En effet, la nature des nanoparticules (métalliques, semiconductrices ou diélectriques), leur concentration ainsi que les paramètres d'élaboration permettent d'obtenir des propriétés diélectriques accordables. En particulier les nanoparticules d'argent (AgNPs) sont d'un grand intérêt pour leur multifonctionnalité allant des applications biocides aux mémoires et au stockage de l'énergie [1-2]. Pour optimiser les performances, il est nécessaire de caractériser les propriétés électriques, et leur évolution sous contrainte électrique, aussi bien à l'échelle macrométrique que nanométrique. Concernant l'échelle nanométrique les techniques dérivées de la microscopie à force atomique (AFM) sont particulièrement adaptées. Elles permettent par exemple de caractériser les courants de fuite dans les oxydes de grilles (Conductive AFM, C-AFM), l'état de charge aux interfaces oxyde/semiconducteur dans les composants MOS (Kelvin Probe Force Microscopy, KPFM) ou bien la permittivité diélectrique dans les micro/nanocomposites (Electrostatic Force Microscopy, EFM) [2-4].

Dans cette étude, nous caractériserons la permittivité diélectrique d'une couche mince nanocomposite, élaborée par procédé plasma et composée d'une matrice en silice et d'un plan de AgNPs situé à différentes distances de la surface (Figure 1.a) [2, 5]. L'objectif est d'étudier et de comprendre l'influence de la position du plan d'AgNPs sur la permittivité diélectrique de l'ensemble. Pour cela, la permittivité diélectrique sera mesurée à l'échelle macroscopique par spectroscopie diélectrique et à l'échelle nanométrique par EFM [4-5]. La cartographie de permittivité obtenue par EFM montre une augmentation de la permittivité, par rapport à celle de la silice, entre les AgNPs alors qu'une diminution est observée au-dessus de ces dernières (Figures 1.b et 1.c). Ce phénomène est d'autant plus marqué que le plan d'AgNPs est proche de la surface (Figure 1.d). Cette évolution est dû à un phénomène d'écrantage induit par les AgNPs qui a été démontré par une modélisation électrostatique du champ électrique par éléments finis. Ce phénomène induit une augmentation de la permittivité, par rapport à la silice, pour un plan de AgNPs situé à moins de 20nm de la surface.

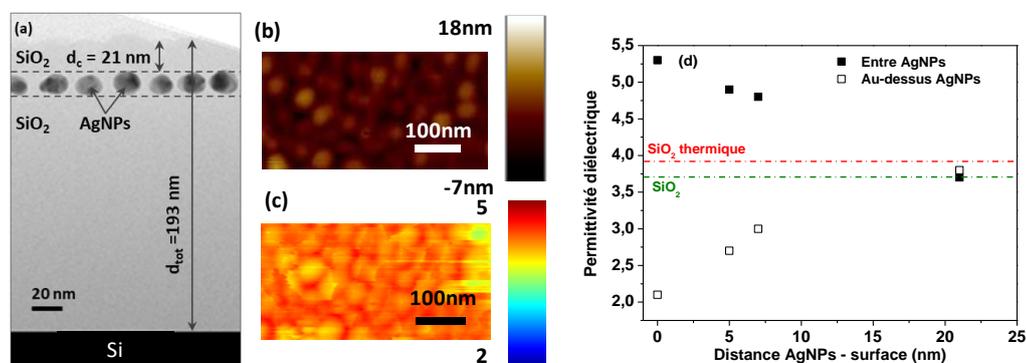


Figure 1 : (a) Image TEM en vue sur la tranche de la structure présentant un plan de AgNPs enfouis dans une matrice de SiO<sub>2</sub>. Image EFM (b) de topographie et (c) de permittivité diélectrique pour un plan de AgNPs situé à 7 nm de la surface. (d) Evolution de la permittivité en fonction de la position du plan de AgNPs. Les lignes en pointillés montrent les résultats obtenus par spectroscopie diélectrique pour une couche de silice thermique et une couche de silice élaborée par plasma.

## Références

- [1] Rai M., Yadav A. and Gade A., *Biotechnol. Adv.* **2009**, 27, 76
- [2] Makasheva K., Villeneuve-Faure C., Bonafos C., Laurent C., Pugliara A., Despax B., Boudou L. and Teyssedre G., *IEEE Transaction on Nanotechnology* **2016**, 15, 6.
- [3] Celano U. *Electrical Atomic Force Microscopy for Naelectronics*, **2019**, Springer Nature Switzerland.
- [4] Riedel C., Arinero R., Tordjeman P., Ramonda M., Lévêque G., Schwartz G.A., de Oteyza D.G., Alegria A. and Colmenero J., *J. Appl. Phys.*, **2009**, 106, 024315.
- [5] Villeneuve-Faure C., Makasheva K., Djaou C., Boudou L., Teyssedre G., *Proceeding of the IEEE 13th Nanotechnology Materials and Devices Conference (NMDC)*, **2018**, 409.

## Remerciements

Ce travail a été soutenu par la Région Midi-Pyrénées, contrat n° 10051265 et par le programme IDEX Actions Thématiques Stratégiques – ATS 2015 de l'Université de Toulouse, projet SEPHIR (2016-066-CIF-D-DRVD).