



HAL
open science

Méthodologie pour la mesure de charges d'espace par microscopie à sonde de Kelvin (KPFM)

Christina Villeneuve-Faure, Florian Mortreuil, Laurent Boudou, Kremena
Makasheva, G. Teyssedre

► **To cite this version:**

Christina Villeneuve-Faure, Florian Mortreuil, Laurent Boudou, Kremena Makasheva, G. Teyssedre.
Méthodologie pour la mesure de charges d'espace par microscopie à sonde de Kelvin (KPFM). 19e
Forum des microscopies à sonde locale, Sochaux, 21-25 Mars 2016, Mar 2016, Sochaux, France. p.72.
hal-03032206

HAL Id: hal-03032206

<https://hal.science/hal-03032206>

Submitted on 30 Nov 2020

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.

Méthodologie pour la mesure de charges d'espace par microscopie à sonde de Kelvin (KPFM)

Christina Villeneuve, Florian Mortreuil, Laurent Boudou, Kremena Makasheva et Gilbert Teyssedre

Université de Toulouse ; UPS, INPT ; LAPLACE (Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie) ; 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse cedex 9, France.
CNRS ; LAPLACE ; F-31062 Toulouse, France.

Une des principales propriétés d'un matériau diélectrique est de pouvoir stocker des charges électriques sous l'action d'une contrainte extérieure (champ électrique, irradiation...). Cette propriété, exploitée pour certaines applications, est en général source de défaillance. Les mécanismes d'injection et de rétention de charges dans les isolants font donc l'objet d'un grand nombre d'études. Cependant, les techniques classiques de mesure de charges (résolution spatiale de quelques microns) sont inappropriées pour l'étude des films diélectriques minces (quelques nanomètres à quelques microns) [1-2]. Par conséquent, du fait de leur résolution spatiale nanométrique, les techniques dérivées de l'AFM telles que la microscopie à force électrostatique (EFM) ou la microscopie à sonde de Kelvin (KPFM) sont de plus en plus utilisées pour étudier l'injection et la rétention de charges [2]. Toutefois, certains points bloquants demeurent, telle que la détermination du profil de charges en 3 dimensions [3].

Pour s'affranchir du manque de sensibilité en volume des techniques dérivées de l'AFM, une solution originale consiste à utiliser des structures avec électrodes latérales enfouies dans le diélectrique, permettant ainsi d'appliquer un champ électrique dans un plan perpendiculaire à l'axe de la pointe AFM. Cette configuration a déjà été utilisée pour étudier l'injection de charges dans des semi-conducteurs organiques, sans toutefois parvenir à extraire de manière rigoureuse les profils de charges à partir des mesures de potentiel de surface [4]. L'objectif du travail présenté ici est donc d'étudier l'influence de la technique utilisée pour la mesure du potentiel de surface (AM-KPFM et FM-KPFM) et du post-traitement des données permettant d'extraire un profil de charges d'espace.

Les échantillons étudiés sont composés de deux électrodes latérales en aluminium enterrées dans une couche de SiN_x déposée par *Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition* (PECVD). L'injection de charges est réalisée en polarisant chacune des électrodes (durée fixée), puis le potentiel de surface est mesuré par KPFM en modulation d'amplitude (AM) et en modulation de fréquence (FM). La figure 1 présente une cartographie de topographie (figure 1.a) et de potentiel en AM-KPFM (figure 1.b) obtenues après polarisation (+/-20V pendant 1h). Le signe du potentiel donne une indication sur la nature des porteurs injectés (positif pour les trous et négatif pour les électrons).

La figure 2 montre que le profil de potentiel mesuré après polarisation est plus intense dans le cas des mesures FM-KPFM comparativement aux mesures AM-KPFM. Cela est probablement dû à la différence de sensibilité entre les deux méthodes (*Point Spread Function* [5]). Nous montrons ainsi que le FM-KPFM serait à privilégier pour ce type de mesures. Par la suite deux méthodes permettant d'extraire la densité de charges à partir du potentiel de surface mesuré ont été utilisées (i) une méthode numérique (double dérivation du potentiel de surface) et (ii) une méthode par éléments finis sous COMSOL. Pour le profil FM-KPFM de la figure 2, les deux méthodes donnent des résultats équivalents quant à la largeur à mi-hauteur et à la position des pics de charges par rapport aux interfaces (respectivement 600nm et 800nm). En revanche un facteur 10 est observé sur le maximum du pic de charges ($2000\text{C}/\text{m}^3$ en éléments finis contre $200\text{C}/\text{m}^3$ par dérivation pour les électrons). Cela est principalement dû au fait que la méthode par dérivation est monodimensionnelle et qu'elle ne prend donc pas en compte la dimension de la couche diélectrique dans la direction de la pointe.

Dans cette étude nous avons montré la faisabilité de mesures de profils de charges d'espace à l'échelle nanométrique en utilisant une mesure de potentiel de surface par FM-KPFM couplée à une modélisation par éléments finis.

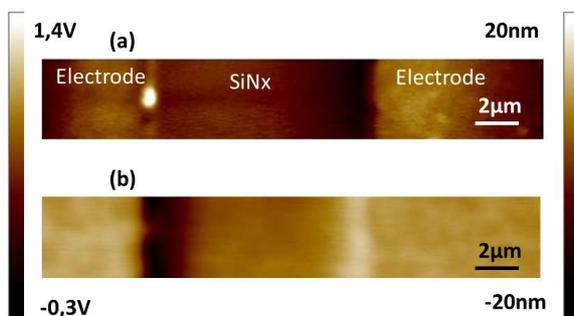


Figure 1 : cartographie en (a) topographie et (b) potentiel KFM après une polarisation de 1h à +/-20V avec anode à droite

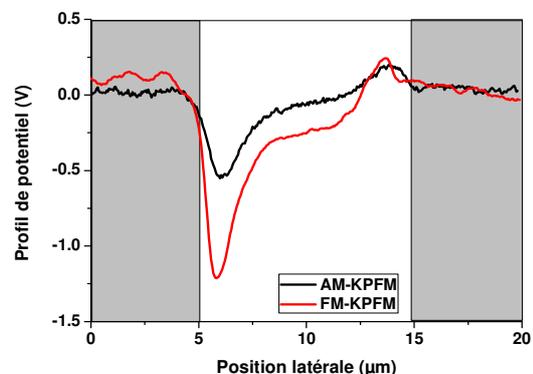


Figure 2 : comparaison des profils de potentiel mesurés en AM-KPFM et en FM-KPFM après une polarisation de 1h à +/-20V

- [1] Teyssedre G., Villeneuve C., Boudou L., Makasheva K., *Proc. IEEE Conf. Electr. Insul. Dielectr. Phenomena (CEIDP)* **2012**, 234.
- [2] Rezende C.A., Gouveia R.F., Da Silva M.A. and Galebeck F., *J. Phys.: Condens. Matter* **2009**, *21*, 263002.
- [3] Pallau E., Ressler L., Borowik L. and Melin T., *Nanotechnology* **2010**, *21*, 225706.
- [4] Silveira W.R. and Marohn J.A., *Phys. Rev. Lett.* **2004**, *93*, 116104
- [5] Cohen G., Halpern E., Nanayakkara S.U., Luther J.M., Held, Bennewitz R., Boag A. and Rosenwaks Y. *Nanotechnology* **2013**, *24*, 295702.