

Microscopie en champ proche : Scanning Capacitance Microscopy

Isabelle Trimaille
CEMIP – Pôle CNFM de Paris

RESUME

Le CEMIP s'est équipé d'un Microscope à Force Atomique Veeco, modèle di-Innova, permettant de réaliser des mesures de capacitance (« Scanning Capacitance Microscopy », ou SCM). Cette technique de caractérisation électrique, basée sur l'analyse par microscopie en champ proche, permet le profilage 2D à haute résolution de dopants, la caractérisation de diélectriques minces sur semi-conducteurs, l'analyse de défauts dans les semiconducteurs.

INTRODUCTION

En 2007, un partenariat entre le CNFM et Veeco Instruments a permis l'équipement de plusieurs pôles en Microscopes à force atomique (Grenoble, Lille, Orsay, Rennes et Toulouse), de type Di-Caliber. Depuis, le CEMIP s'est équipé à son tour d'un microscope Veeco, modèle di-Innova. Ce microscope, qui permet la caractérisation par spectroscopie de capacitance, dispose en outre des modes contact, force électrostatique, potentiel de surface, nanolithographie.

SCANNING CAPACITANCE MICROSCOPY

La détection SCM est basée sur un circuit résonant haute fréquence. Lorsque que la pointe conductrice et résonante est mise en contact avec le dispositif à tester, l'échantillon, la pointe et sa ligne de transmission s'intègrent au circuit résonant. Les variations de capacité de l'ensemble pointe-échantillon, induites par le signal alternatif de polarisation de l'échantillon, modifient la fréquence de résonance du système. De petites variations dans la fréquence de résonance se traduisent par de fortes variations d'amplitude du signal mesuré en sortie (figure 1). Le signal obtenu est dC/dV en fonction de V (V est l'amplitude du signal de polarisation) (figure 2). La référence [1] offre une description plus détaillée de cette technique, ainsi que des autres techniques de caractérisation électriques basées sur la microscopie en champ proche.

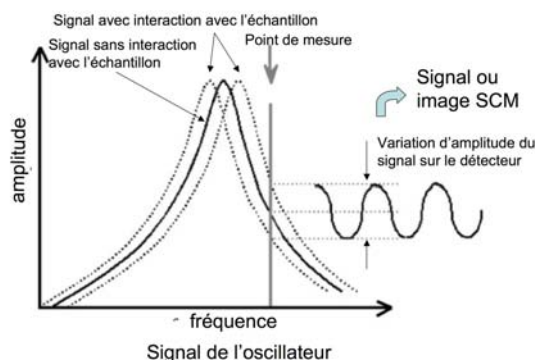


Figure 1 : Variations du signal détecté.

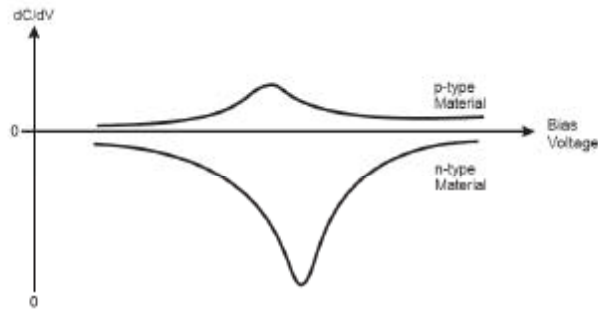


Figure 2 : Signal dC/dV pour des substrats de type n et p.

APPLICATIONS

L'analyse SCM est utilisée pour le profilage 2D à haute résolution de dopants [2,3], la caractérisation de diélectriques minces sur semi-conducteurs [4], l'analyse de défauts dans les semiconducteurs [5].

Les possibilités d'analyses de l'instrument sont illustrées en figures 3 et 4. La figure 3 montre l'image topographique ainsi que le profil des porteurs obtenus sur un transistor MOSFET (analyse 2D) [2]. La figure 4 représente le signal dC/dV obtenu en en point. Cette analyse « single point » se substitue au C-V classique, pour l'analyse de diélectriques ultraminces.

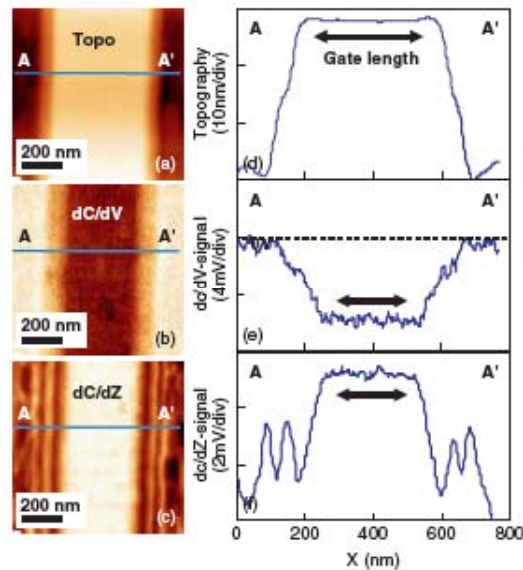


Figure 3 : Image topographique (a) et images SCM dC/dV (b,c) de la section d'un transistor MOSFET, d'après [2].

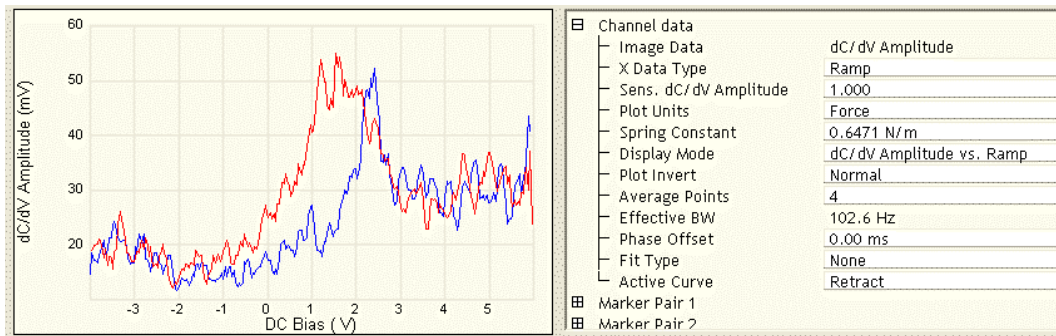


Figure 4 : Caractérisation dC/dV par microscopie en un point unique d'un échantillon HfO_2 (2,5 nm) sur Si-p 9×10^{18} ohm.cm.

Les signaux obtenus en SCM ne sont pas indépendants de la géométrie de la pointe AFM [4], ce qui rend l'interprétation et l'analyse quantitative délicates.

PUBLIC CONCERNE

Les TP mis en place à partir de la technique d'analyse SCM sont plus particulièrement destinés à des étudiants de Master, spécialités : électronique, nanomatériaux, nanosystèmes, par ailleurs formés aux analyses C-V classiques.

REFERENCES

- [1] R.A. Oliver, Advances in AFM for the electrical characterization of semiconductors, Rep. Prog. Phys. 71 (2008) 076501.
- [2] Y. Naitou, H. Ogiso, S. Kamohara, F. Yano, A. Nishida, Study on channel depletion in metal-oxide-semiconductor field effect transistor using top-view imaging through scanning capacitance microscopy, Surface and Interface Analysis 41 (2009) 34.
- [3] K. Kimura, K. Kobayashi, K. Matsushige, K. Usuda, H. Yamada, Noncontact-mode scanning capacitance force microscopy towards quantitative two-dimensional carrier profiling on semiconductor devices, Applied Physics Letters 90 (2007) 083101.
- [4] O. Ligor, B. Gautier, A. Descamps-Mandine, D. Albertini, N. Baboux, L. Militaru, Interpretation of scanning capacitance microscopy for thin oxides characterization, Thin Solid Films 517 (2009) 6721.
- [5] N. Matsuki, R. Ishihara, A. Baiano, K. Beenakker, Investigation of local electrical properties of coincidence-site-lattice boundaries in location-controlled silicon islands using scanning capacitance microscopy, Applied Physics Letters, 93 (2008) 062102.