

Développement de premières structures de référence pour l'étalonnage des mesures de résistance et de courant en microscopie à force atomique à sonde conductrice

François PIQUEMAL¹, Pascal CHRETIEN², José MORÁN-MEZA¹, Frédéric HOUZE², Christian ULYSSE³ and Abdelmounaim HAROURI³

¹Laboratoire national de métrologie et d'essais - LNE, Trappes

²Laboratoire de génie électrique et électronique de Paris - GeePs, Université Paris-Saclay, CentraleSupélec., Sorbonne Université, CNRS, Gif-sur-Yvette

³Centre de nanosciences et de nanotechnologies - C2N, Université Paris-Saclay, CNRS, Palaiseau

Les progrès technologiques continuant à repousser les limites de la fabrication de dispositifs à des échelles incroyablement petites, un développement approprié des outils et des méthodes de mesure est inévitable. La microscopie à force atomique à pointe conductrice (C-AFM) est une technique largement utilisée pour mesurer les courants et les résistances à l'échelle nanométrique. Sa popularité s'est récemment accrue en raison de la polyvalence de ses applications dans les technologies courantes telles que les mémoires, l'énergie photovoltaïque et les semi-conducteurs.

Malgré les contributions considérables des C-AFM à la compréhension des propriétés des nanomatériaux et des nanodispositifs, les mesures sont restées sujettes à de nombreux facteurs induisant des artefacts et limitées à des comparaisons qualitatives. Dans le but de rendre les mesures C-AFM étalonnées, fiables et comparables, nous avons récemment développé un premier échantillon de référence pour l'étalonnage du circuit de mesure C-AFM complet sur une plage de résistance de 9 décades, *i.e.* entre 100 Ω et 100 G Ω . Des protocoles de mesure utilisant la cartographie de la résistance et les modes spectroscopiques courant-tension (I-V) ont également été élaborés et les facteurs expérimentaux, instrumentaux et environnementaux ont été étudiés afin d'évaluer le système de mesure C-AFM complet. Nous avons montré que l'échantillon étalon à résistance multiple et large gamme que nous avons mis au point permet un étalonnage universel des mesures C-AFM applicable à tous les systèmes disponibles et avec une incertitude relative combinée inférieure à 2,5 % pour des résistances allant de 10 k Ω à 100 G Ω [1].

Dans ce travail, nous présentons le développement d'une deuxième version de structure de référence permettant un accès plus facile et une précision améliorée aux mesures C-AFM de résistance inférieure à 100 k Ω et une gamme de résistance étendue à 1 T Ω . Le même échantillon de référence a également été conçu pour étalonner le dispositif C-AFM complet pour les mesures de courant sur une gamme de 10 fA à 10 μ A. Nous avons étudié l'influence des pointes AFM (matériaux, usure...) sur les mesures de résistance et de courant. En plus de ce kit d'étalonnage hybride pour C-AFM, nous avons fabriqué et testé un autre échantillon de référence conçu pour étalonner le C-AFM pour des valeurs de résistance très élevées, c'est-à-dire dans la gamme de 100 T Ω .

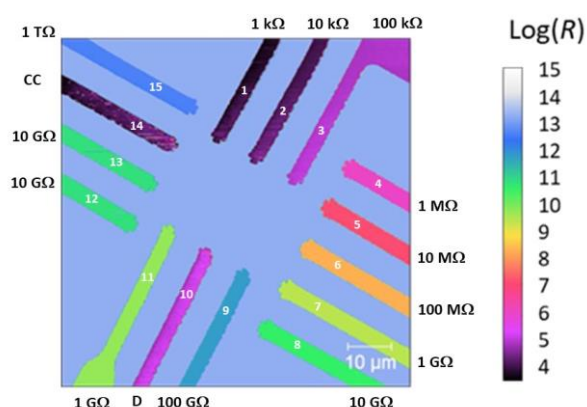


Figure 1 : Cartographie de résistance de la zone centrale d'un nouvel échantillon de référence (60 μ m \times 60 μ m) imagée par C-AFM. Le rendu des couleurs se réfère aux valeurs de résistance mesurées en échelle logarithmique décimale.

Ces nouveaux développements ouvrent la voie à des mesures quantitatives fiables des résistances et des courants à partir des C-AFM, ce qui permettrait de mieux comprendre les propriétés électriques des dispositifs et des composants individuels à l'échelle nanométrique.

Références

[1] F. Piquemal, K. Kaja, P. Chrétien, J. Morán-Meza, F. Houzé, C. Ulysse, A. Harouri, *Beilstein J. Nanotechnol.* 2023, 14, 1141-1148