



HAL
open science

Calibrating resistance and current measurements in C-AFM: Development of universal standard samples

François Piquemal, José A. Morán-Meza, Pascal Chrétien, Frédéric Houzé,
Christian Ulysse, Abdelmounaim Harouri

► To cite this version:

François Piquemal, José A. Morán-Meza, Pascal Chrétien, Frédéric Houzé, Christian Ulysse, et al.. Calibrating resistance and current measurements in C-AFM: Development of universal standard samples. 25ème Forum des microscopies à sondes locales, Apr 2024, Lyon, France. Actes du 25ème Forum des microscopies à sondes locales (format pdf), 2024. hal-04569986

HAL Id: hal-04569986

<https://centralesupelec.hal.science/hal-04569986>

Submitted on 6 May 2024

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.

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 .

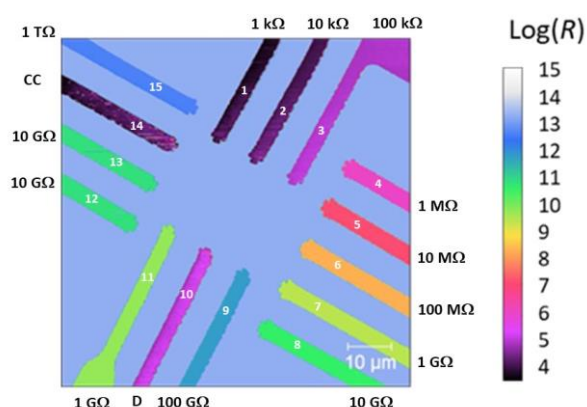


Figure 1 : Cartographie de résistance de la zone centrale d'un nouvel échantillon de référence (60 μ m \times 60 μ m) imagée par C-AFM. Le rendu des couleurs se réfère aux valeurs de résistance mesurées en échelle logarithmique décimale.

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