

Quand des nanoparticules d'or se transforment en nano-mémoires

On peut envisager une nanoparticule d'or comme un point de contact infinitésimal qui permet de comprendre comment se modifient les courants électriques à l'échelle nanométrique. Quand cette nanoparticule est ancrée sur une surface elle se comporte comme un conducteur et laisse donc passer les électrons sans les retenir. Cependant en la fixant via des molécules bien choisies, les nanoparticules peuvent retenir les charges électriques et se transformer en mémoires d'une dizaine de nanomètres de diamètre. Un membre de l'INSPI, en collaboration avec des chercheurs américains et espagnol, a révélé ce mécanisme avec la pointe d'un microscope à sonde de Kelvin (KPFM).

En déposant des nanoparticules d'or sur une surface de silicium bien particulière, appelée G.O.M. pour Grafted Organic Monolayer, il s'établit un contact tunnel avec le silicium (Fig 1-a). Nous avons ainsi mis au point une surface dont les molécules sont terminées par une fonction chimique amine qui permet d'immobiliser des nanoparticules de 7 nm diamètre (Fig 1-b). Nous avons ensuite analysé la surface par KPFM.

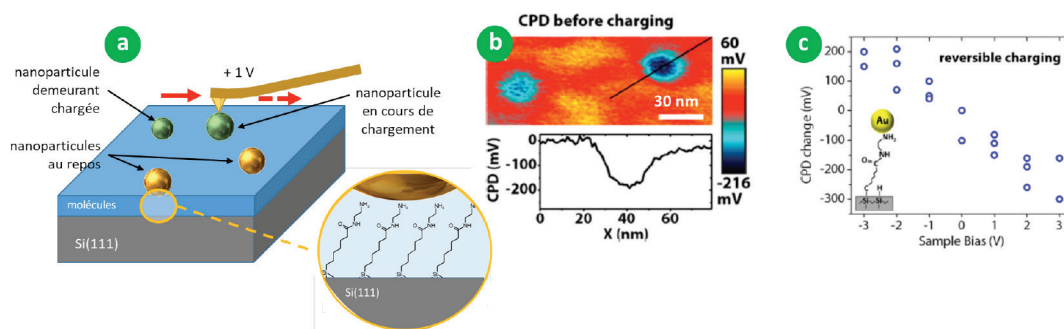


Figure 1

(a) Schéma d'une surface G.O.M. (Grafted Organic Monolayer) sur silicium et de 4 nanoparticules d'or. Avec la pointe d'un microscope à sonde Kelvin (KPFM) on peut charger ces nanoparticules qui présentent alors un effet mémoire : la charge électrique demeure au moins 24h. (b) Mesure KPFM du potentiel de surface généré par une nanoparticule au repos. (c) Résumé des mesures de potentiel de surface pour différents états chargés des nanoparticules.

Initialement, toutes les nanoparticules sont au repos et présentent un potentiel de -180 mV (fig. 1-b). En posant la pointe du KPFM sur une nanoparticule et en appliquant une tension de +1 V, des électrons affluent vers la nanoparticule. Le phénomène remarquable que nous avons analysé indique que ces électrons ne sont pas évacués lorsque la pointe AFM se retire. La particule se trouve dans un nouvel état métastable où elle présente un potentiel de -130 mV. La nanoparticule a donc stocké les électrons, sur des durées supérieures à 24h. Si l'on contacte à nouveau la pointe avec la nanoparticule en inversant le potentiel (-1 V), la nanoparticule revient à son état de repos initial. Nous avons répété ces manipulations pour des tensions appliquées entre -3 V et +3 V et nous avons mis en évidence des effets charge/décharge complètement réversibles (fig. 1-c). Ces nanoparticules se comportent donc comme des mémoires effaçables. Nous avons expliqué l'origine de cet effet mémoire grâce à des calculs théoriques DFT et montré que l'état métastable chargé était dû à un changement de conformation réversible des molécules amines.

En extrapolant ces résultats, on peut évaluer que la densité de stockage de l'information d'un tel système de nanoparticules atteindrait 100 GB/cm², ce qui dépasse les meilleures mémoires actuellement sur le marché. A quand des mémoires d'ordinateur à base de nanoparticules d'or ?

Référence

"Nanoimaging of Organic Charge Retention Effects: Implications for Nonvolatile Memory, Neuromorphic Computing, and High Dielectric Breakdown Devices"
Zhang, Y.; Kang, J.; Pluchery, O.; Caillard, L.; Chabal, Y. J.; Wang, L.-W.; Sanz, J. F.; Salmeron, M.
ACS Applied Nano Materials 2019, 2 (8), 4711-4716
<https://doi.org/10.1021/acsanm.9b01182>

Contact

Olivier Pluchery : Olivier.pluchery@insp.jussieu.fr