

Nanofils magnétiques : quel mécanisme de retournement ?

L'augmentation de la densité de stockage des mémoires magnétiques va de paire avec une diminution de la taille des bits stockant l'information à l'échelle nanométrique. L'utilisation de matériaux magnétiques non continus comme des assemblées de nanoparticules ou de nanofils est une piste pour réduire les dimensions des bits. C'est dans cette optique que les chercheurs de l'équipe « Croissance et propriétés de systèmes hybrides en couches minces » de l'INSP ont mis au point une nouvelle technique d'auto-assemblage de nanofils ferromagnétiques de cobalt en matrice [CeO₂ épitaxié sur substrat SrTiO₃(001)]. Elle repose sur un procédé de croissance combinatoire par ablation laser pulsée qui a permis de réduire le diamètre des nanofils de cobalt jusqu'à 3 nm.

Une étude approfondie de ces fils de cobalt par microscopie électronique en transmission à haute résolution a permis de déterminer leur structure : ils sont constitués de grains hcp (structure hexagonale compacte), de longueur moyenne 10 nm, dont l'axe hexagonal est aligné suivant une des directions $\langle 111 \rangle$ de la matrice. Ces grains sont séparés par des régions de structure cubique fcc épitaxiée dans CeO₂. L'anisotropie magnétocristalline du cobalt hexagonal est du même ordre de grandeur que l'anisotropie de forme, alors qu'elle est beaucoup plus faible dans le cobalt cubique. Il en résulte une forte modulation de l'anisotropie magnétique le long de l'axe des fils. Ce système est donc intéressant pour étudier la relation entre variation axiale de l'anisotropie et nucléation du renversement localisé de l'aimantation.

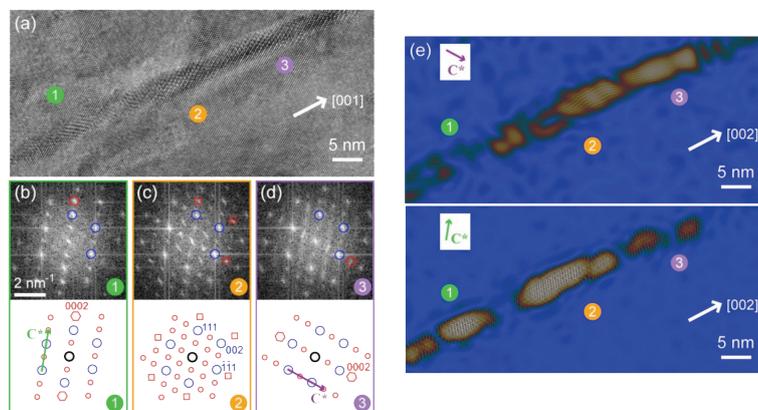


Figure 1

Étude de la structure des fils de cobalt dans CeO₂/SrTiO₃(001) par microscopie électronique en transmission à haute résolution. (a) Image d'un fil en section transverse (axe de zone [1-10]) et transformées de Fourier locales obtenues le long du fil (b-d). Dans la zone 2, le cobalt est fcc en épitaxie cube sur cube avec la matrice (c). Dans les zones 1 et 3, le cobalt est hexagonal avec son axe c orienté suivant une des directions $\langle 111 \rangle$ de la matrice (b,d). (e-f) Le filtrage de Fourier permet de révéler l'extension spatiale des grains hexagonaux le long de l'axe.

Le comportement magnétique des nanofils a été étudié en détail (magnétométrie classique, mesures de relaxation, résonance ferromagnétique sensible à l'anisotropie). Les résultats mettent en évidence le caractère localisé du renversement de l'aimantation. Un modèle micromagnétique de renversement localisé au sein d'un grain hexagonal a ensuite été développé et a permis de corrélérer les résultats sur la structure et le magnétisme. C'est donc bien la compétition locale au sein des grains hexagonaux entre anisotropie de forme et anisotropie magnétocristalline qui est à l'origine du renversement localisé.

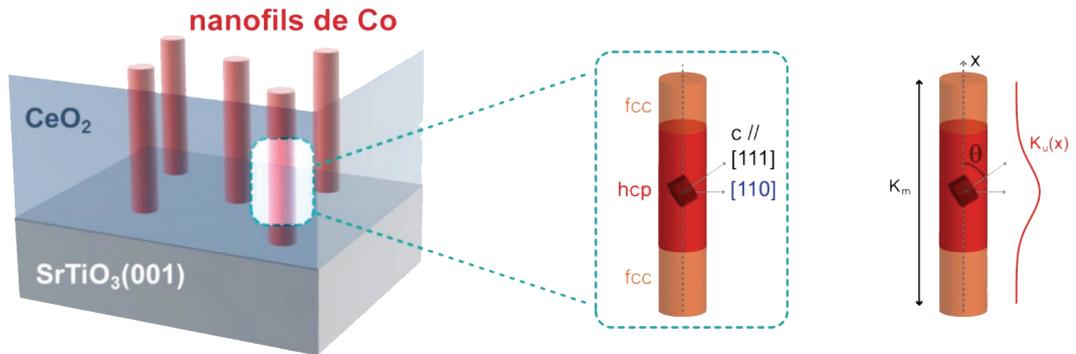


Figure 2

La structure des fils induit une modulation axiale de l'anisotropie magnétique. Au sein des grains hexagonaux, il y a compétition entre l'anisotropie de forme et l'anisotropie magnétocristalline.

Les chercheurs de l'INSP ont comme projet d'améliorer les propriétés structurales et magnétiques des assemblées de nanofils. L'élaboration de fils d'alliage $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}$ est à cet égard une voie prometteuse...

Travail réalisé en collaboration avec l'UFSCar au Brésil, dans le cadre de la thèse en cotutelle UFSCar-UPMC de Pedro Schio, avec le CNEA Bariloche en Argentine, dans le cadre du LIFAN, Laboratoire Franco-Argentin en Nanosciences et avec la ligne SAMBA du Synchrotron Soleil. Ces activités ont également bénéficié du soutien financier du C'nano IdF et de l'ANR (ANR-2011-BS04-007-01).

Référence

"Mechanism of Localization of the Magnetization Reversal in 3 nm Wide Co Nanowires"

F. Vidal, Y. Zheng, P. Schio, F. J. Bonilla, M. Barturen, J. Milano, D. Demaille, E. Fonda, A. J. A. de Oliveira, V. H. Etgens

Physical Review Letters 109, 117205 (2012)

Contacts

franck.vidal@insp.jussieu.fr

yunlin.zheng@insp.jussieu.fr