

Comment concilier magnétisme et ferroélectricité : la voie des films minces multiferroïques Co/BaTiO₃

Un matériau multiferroïque est un matériau au sein duquel peuvent s'établir au moins deux ordres ferroïques. La combinaison notamment des ordres ferroélectrique et ferromagnétique permettrait la réalisation de mémoires vives non-volatiles de taille nanométrique à faible consommation énergétique, voire de mémoires à quatre états programmables. Malheureusement, dans un système monophasé, l'une des deux propriétés prédomine toujours. Avec un système biphasé, la manipulation au choix de la polarisation ou de l'aimantation permanente à l'aide d'un champ électrique ou magnétique devient possible. Des chercheurs de l'équipe « Couches nanométriques : formation, interfaces et défauts » de l'INSP, en collaboration avec des chercheurs du CEA/SPCSI, viennent de franchir une étape décisive dans la mise en évidence du couplage magnétoélectrique d'interface entre l'aimantation d'une couche mince ferromagnétique de Co et la polarisation d'une couche mince ferroélectrique de BaTiO₃.

La croissance des couches de BaTiO₃ (BTO) a été réalisée par épitaxie par jets moléculaires sous plasma d'oxygène sur des substrats SrTiO₃ (001) dopés Nb. Au dessus de 10 nm d'épaisseur, les couches de BTO adoptent à l'ambiante la structure cristalline attendue (phase tétragonale de type perovskite), avec une organisation spontanée remarquable de la polarisation électrique P, quasi monodomaine et perpendiculaire au plan de surface (Figure 1-a). L'application de tensions modérées (2V) peut au besoin renverser cet état de polarisation. La croissance ultérieure de cobalt entre 5 et 40 nm d'épaisseur sur BTO conduit à une couche polycristalline continue, avec une interface Co/BTO abrupte (Figure 1-b). En dépit de l'anisotropie de forme, une aimantation rémanente notable est mesurée dans la géométrie hors plan, c'est-à-dire avec l'aimantation perpendiculaire au plan d'interface (Figure 1-c). Ce comportement est directement attribuable à la présence de la couche de BTO puisque dans le cas d'une couche polycristalline l'anisotropie magnétocristalline ne peut être invoquée.

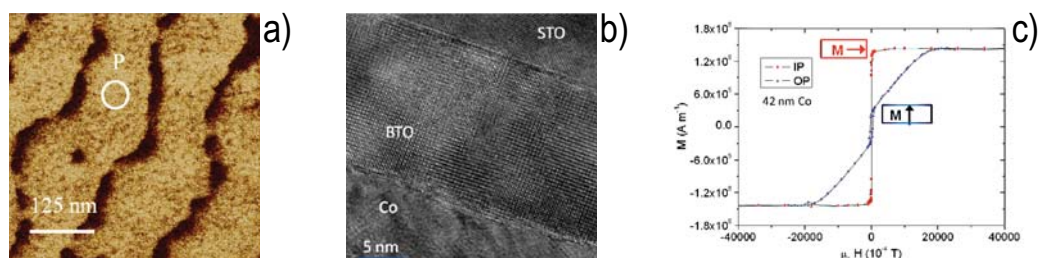


Figure 1

- a) Image par microscopie à force piézoélectrique des domaines de polarisation de BaTiO₃.
- b) Coupe transverse obtenue par microscopie électronique du système Co/BaTiO₃/SrTiO₃(001).
- c) Hystérèses d'aimantation de Co dans ou hors du plan de surface.

L'orientation quasi unique de la polarisation électrique des domaines de BTO permet de sonder par un positionnement *ad hoc* de l'échantillon la réponse de l'aimantation M dans différentes configurations : parallèle ou anti-parallèle à la polarisation P, puis perpendiculaire. Nos mesures par résonance ferromagnétique attestent sans ambiguïté du couplage entre P et M. En particulier, la position du champ de résonance (qui correspond au champ magnétique extérieur nécessaire pour obtenir la précession de l'aimantation sous l'effet de l'absorption de micro-ondes) change selon l'orientation // ou anti-// de M et P, ce qui constitue une preuve directe du couplage magnéto-électrique entre M et P, mais aussi avec la température (Figure 2). Aux températures de transition de phase de BTO, le couplage diminue d'autant que la polarisation hors plan diminue.

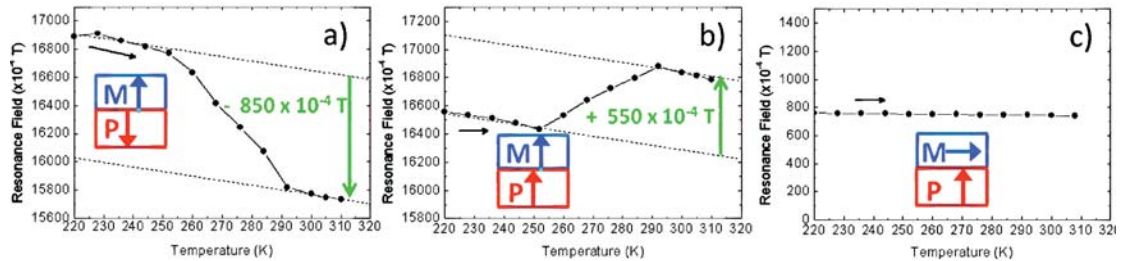


Figure 2

Le champ de résonance ferromagnétique en fonction de la température pour différentes géométries : (a) M anti-// à P, (b) M // à P, (c) M perpendiculaire à P.

La mise en évidence du couplage magnétoélectrique entre polarisation et aimantation permet d'envisager de contrôler l'état magnétique par le biais d'un champ électrique, et donc d'allier écriture électrique et lecture magnétique non destructive pour les mémoires d'ordinateurs.

Référence

"Strong magnetoelectric coupling in multiferroic Co/BaTiO₃ thin films"

N. Jedrecy, H. J. von Bardeleben, V. Badjeck, D. Demaille, D. Stanesco, H. Magnan, and A. Barbier

Phys. Rev. B 88, 121409 (R) (2013)

DOI:10.1103/PhysRevB.88.121409

Contact

jedrecy@insp.jussieu.fr