

Commutation ultrasonore de l'aimantation

Renverser l'aimantation de façon rapide, localisée, et sous un champ magnétique faible, voire nul, constitue l'un des enjeux majeurs de l'amélioration du stockage et de la manipulation de l'information codée magnétiquement. Une approche envisagée est l'utilisation de la magnétostriction inverse, c'est-à-dire la modification de la direction de l'aimantation induite par une déformation du matériau. Ce processus est très efficace lorsque la déformation est produite dynamiquement par une onde acoustique. Un groupe de chercheurs/ses de l'Institut des Nanosciences de Paris a montré que ces ondes acoustiques sont en effet capables de faire commuter l'aimantation entre 2 positions de même énergie, en champ nul, et à distance.

Dans un film magnétique possédant un axe privilégié d'aimantation, les deux directions opposées +M et -M de l'axe sont de même énergie, ce qui en fait un système idéal pour coder l'information de façon binaire, « 0 » ou « 1 ». Il est possible de passer de l'une à l'autre par une voie dite précessionnelle : l'aimantation tourne à sa fréquence propre autour de sa position initiale sur une orbite de rayon croissant ce qui lui permet de franchir un col d'énergie afin de tourner autour de sa position finale sur une orbite de rayon décroissant. Généralement, c'est un champ statique qui abaisse la barrière d'énergie, et un champ radio-fréquence ou un courant électrique qui initie la précession, imposant un stimulus local. Dans un composé magnétostrictif, un champ radio-fréquence effectif déclenchant également la précession d'aimantation peut être généré par une onde acoustique de surface (onde de Rayleigh), sorte de tremblement de terre micrométrique à quelques centaines de MHz. Le renversement acoustique complet et distant de l'aimantation a ainsi été mis en évidence à l'INSPI dans de fines couches de 50 nm de (Ga,Mn)As et (Ga,Mn)(As,P) [2,3], un système modèle fonctionnant à basse température (<130 K, -143°C).

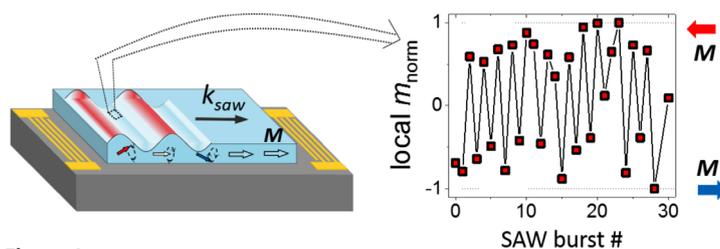


Figure 1

Des peignes interdigités alimentés par une tension rf génèrent par effet piézoélectrique une onde acoustique de surface (SAW) propagative qui interagit avec l'aimantation. À faible amplitude acoustique, l'aimantation précesse dans un cône. À forte amplitude, elle oscille entre 2 états de directions opposées, +M et -M. En suivant par effet magnéto-optique l'état de régions de quelques microns carrés de la couche, on met en évidence une commutation locale, et réversible de l'aimantation par plus de 20 impulsions acoustiques successives [1].

Jusqu'à présent, un champ magnétique statique demeurait cependant nécessaire pour ce renversement, afin d'ajuster la fréquence propre de l'aimantation à celle de l'onde acoustique (500 MHz-1 GHz). Mais un désalignement infime entre ce champ et l'échantillon favorise très fortement une des orientations +M ou -M, empêchant la commutation entre ces deux états, une limitation rédhitoire pour d'éventuelles applications [4]. Une solution proposée, et démontrée récemment à l'INSPI est de se mettre dans des conditions de température telles que la fréquence propre de l'aimantation en champ nul soit proche de celle de l'onde acoustique, tout en restant suffisamment loin de la température de Curie pour que le renversement ne résulte pas d'une simple activation thermique, mais bien de l'onde acoustique. Nous avons ainsi observé le renversement à 100K de l'aimantation induite par des impulsions acoustiques de 250ns, ainsi que la commutation entre des états +M/-M de quelques microns carrés sur plus de 20 coups consécutifs [1]. Ces résultats restent à être confirmés sur des matériaux magnétiques fonctionnant à l'ambiante, mais ouvrent d'ores et déjà la porte à un renversement distant de l'aimantation par une onde, et sans champ magnétique, pour des mémoires magnétiques nouvelle génération [2].

Références

[1] "Field-Free Magnetization Switching by an Acoustic Wave". I.S. Camara, J.-Y. Duquesne, A. Lemaître, C. Gourdon, L. Thevenard, Physical Review Applied 11 014045 (2019)

[2] "The 2019 Surface Acoustic Waves Roadmap". Delsing, Per, Cleland, Andrew N., Schuetz, M. J. A., Knörzer, J., Giedke, G., Cirac, J. I., Srinivasan, Kartik, Wu, Marcelo, Balram, Krishna Coimbatore, Bäuerle, Christopher, Meunier, Tristan, Ford, Christopher J. B., Santos, Paulo V., Cerda-Méndez, Edgar, Wang, Hailin, Krenner, Hubert J., Nysten, Emeline D. S., Weiß, Matthias, Nash, G. R., Thevenard, L., Gourdon, C., Rovillain, P., Marangolo, M., Duquesne, J.-Y., Fischerauer, Gerhard, Reiner, Alexander, Paschke, Ben, Denysenko, Dmytro, Volkmer, Dirk, Wixforth, Achim, Bruus, Henrik, Wiklund, Martin, Reboud, Julien, Cooper, Jonathan M., Fu, Yong Qing, Brugger, Manuel S., Rehfeldt, Florian and Westerhausen, Christoph (2019) The 2019 Surface Acoustic Waves Roadmap. Journal of Physics D: Applied Physics. ISSN 0022-3727

[3] "Precessional magnetization switching by a surface acoustic wave". L. Thevenard, I. S. Camara, J.-Y. Prieur, P. Rovillain, A. Lemaître, C. Gourdon, and J.-Y. Duquesne, Physical Review B 93 134430 (2016)

[4] "Resonant magneto-acoustic switching: influence of Rayleigh wave frequency and wavevector". P. Kuszewski, I.S. Camara, N. Biarrotte, L. Becerra, J. von Bardeleben, W. Saverio Torres, A. Lemaître, C. Gourdon, J.-Y. Duquesne, L. Thevenard, Journal of Physics: Condensed Matter 30 244003 (2018)

Contact

Laura Thevenard : thevenard@insp.jussieu.fr