

Nucléation de domaines magnétiques sous courant dans des films semiconducteurs ferromagnétiques à anisotropie perpendiculaire (GaMnAsP)

J. Gorchon^{1,2}, J. Curiale^{1,3}, V. Jeudy^{1,4}, J. Ferré¹, A. Thiaville¹, A. Lemaître³, C. Ulysse³, G. Faini³

¹ Laboratoire de Physique des Solides, CNRS, Université Paris-Sud, 91405 Orsay

² Institut National des Sciences Appliquées, 31400 Toulouse

³ Laboratoire de Photonique et de Nanostructures, CNRS, 91460 Marcoussis

⁴ Université Cergy-Pontoise, 95000 Cergy-Pontoise

Le retournement d'aimantation par un courant électrique est un sujet de recherche très actif car il pose de nombreuses questions de physique fondamentale et il laisse envisager de nombreuses applications (domaine de la spintronique). Du point de vue fondamental, une des questions les plus importantes est la compréhension des mécanismes physiques qui contrôlent les interactions entre les parois de domaines magnétiques et les courants polarisés en spin. Nous étudions ces questions dans le semi-conducteur ferromagnétique dilué GaMnAsP. Les travaux préliminaires que nous présentons abordent la question de la nucléation d'une paroi de domaine magnétique par un courant électrique.

Les échantillons étudiés sont des films du semiconducteur ferromagnétique (Ga,Mn)(As,P). Ces films sont élaborés par épitaxie par jet moléculaire (MBE) à basse température sur des substrats de GaAs (001). Leur épaisseur est de 50nm. Ils comprennent 10,4% de manganèse et 11,3% de phosphore¹. Leur température de Curie T_c est d'environ 115K ; ils présentent une direction d'aimantation facile perpendiculaire à leur plan.

Les films sont ensuite gravés par lithographie électronique. Pour obtenir une distribution radiale des lignes de courant, nous avons gravé des structures semi-circulaires de rayon 100 μ m. Ces structures sont contactées, au centre, par un film d'or de 2 μ m de large et en périphérie, par un dépôt d'or formant un arc de cercle. Ainsi, la densité de courant J décroît en $1/r$ entre le centre et la périphérie des structures semi-circulaires.

L'état magnétique des échantillons est contrôlé par microscopie magnéto-optique à effet Kerr polaire (PMOKE). L'échantillon est préparé dans un état magnétique saturé (une unique direction d'aimantation) à l'aide d'un champ magnétique externe. Le champ est ensuite annulé puis l'échantillon est soumis à un courant électrique continu circulant du fil d'or vers le GaMnAsP. Les figures suivantes montrent que le courant produit des retournements spontanés et aléatoires de l'aimantation qui s'apparentent à un bruit télégraphique.

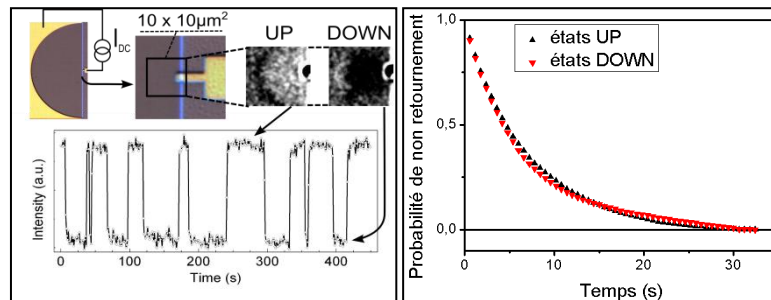


Figure de gauche. En haut, de gauche à droite : (a) géométrie de l'expérience montrant la structure semi-circulaire et les contacts en or ; (b) agrandissement montrant le contact entre le fil d'or de 2 μ m de large et le film de GaMnAsP ; (c) image magnéto-optique d'un domaine d'aimantation « up » au voisinage du fil d'or puis (d) d'un domaine « down ». Au dessous (e) : évolution temporelle de la direction de l'aimantation au voisinage du fil d'or, déterminée à partir de la moyenne de l'intensité des images magnéto-optiques. En appliquant un courant continu, l'aimantation se retourne spontanément entre les directions « up » et « down ».

Figure de droite. Probabilité de non retournement $P(t)$ de l'aimantation en fonction du temps t passée dans l'état up et dans l'état down. $P(t)$ varie exponentiellement avec t .

Des expériences complémentaires montrent que le phénomène de renversement de l'aimantation n'est plus observé lorsque la direction du courant est inversée ou lorsque le courant provient d'un fil de GaMnAsP. Ces résultats indiquent que le retournement est probablement associé à un phénomène d'accumulation de spin^{2,3} se produisant lors de la circulation des porteurs de charge (trous) entre un matériau non magnétique (Au) et un matériau ferromagnétique (GaMnAsP). Des études en température montrent également que le retournement est un phénomène activé thermiquement. Nous tenterons de proposer une analyse plus approfondie de ces premiers résultats.

Je souhaite concourir au prix « affiche » et je déclare être un chercheur non-permanent n'ayant pas encore soutenu la thèse.

¹ A. Lemaître et al, App. Phys. Lett. **93**, 021123 (2008)

² T. Valet et A. Fert, Phys. Rev. B **48**, 7099 (1993)

³ D. Ravelosona et al. Phys. Rev. Lett. **96**, 186604 (2006)