



Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies

Soutenance de thèse

Mardi 15 mai 2018

14 h 00

C2N, Site d'Orsay, Bâtiment 220 - 91405 Orsay

Salle 44 (P. Grivet)

Monsieur Xueying ZHANG

« Mouvement de parois de domaines magnétiques dans des fils de CoFeB induit par un courant polarisé en spin »

Composition du jury proposé

M. Nicolas VERNIER	Université Paris-Sud	Directeur de thèse
Mme Catherine GOURDON	Institut des Nanosciences de Paris	Rapporteur
M. Vincent REPAIN	Université Paris Diderot	Rapporteur
M. Vincent JEUDY	Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Saclay	Examineur
M. Weisheng ZHAO	Université de Beihang	Co-directeur de Thèse
Mme Pizzini STEFANIA	Institute Néel	Examineur
M. Salim Mourad CHERIF	Université Paris 13	Examineur

Résumé

Cette thèse est consacrée aux recherches des propriétés statiques et dynamiques des parois de domaines magnétiques (DW pour Domain Wall) dans les nanofils CoFeB. Un système de mesure basé sur un microscope Kerr à haute résolution a été mis en place et utilisé pour ces recherches. Tout d'abord, les phénomènes liés à la tension interfaciale des parois ont été étudiés. La contraction spontanée des bulles de domaine a été observée directement en utilisant le microscope Kerr. Ce phénomène a été expliqué en utilisant le concept de la pression de Laplace due à l'énergie interfaciale des parois. L'énergie interfaciale des parois a été quantifiée en mesurant le champ externe nécessaire pour stabiliser ces bulles. Le mécanisme de la piégeage et de la dépiégeage des parois dans certaines géométries artificielles, comme la croix de Hall ou l'entrée reliant un carré de nucléation et un fil, a été expliqué en utilisant le concept de tension interfaciale des parois et a été utilisé pour extraire l'énergie interfaciale des parois. Bénéficiant de ces études, une méthode permettant de quantifier directement le coefficient des Interactions de Dzyaloshinskii-Moriya (DMI pour Dzyaloshinskii- Moriya Interaction) à l'aide du microscope Kerr a été proposée. En outre, un nouveau type de capteur magnétique basé sur l'expansion réversible de paroi en raison de la tension interfaciale a été proposé et vérifié en utilisant des simulations micromagnétiques. Deuxièmement, les propriétés dynamiques des parois dans le film et les fils Ta / CoFeB / MgO ont été étudiées. La vitesse de propagation des parois induite par le champ magnétique ou par l'effet combiné des impulsions de champ magnétique synchronisées et des impulsions de courant électrique a été mesurée. En régime précessionnelle, la vitesse du mouvement DW induite par l'effet combiné du champ et du courant est égale à la superposition des vitesses entraînées par le champ ou le courant indépendamment. Ce résultat nous a permis d'extraire la polarisation de spin de CoFeB dans cette structure. Les effets de piégeage du mouvement des parois dans les fils étroits ont été étudiés. Des champs de dépiégeage associés aux gros défauts pour le mouvement des parois induit par champ dans les nanofils a été mesurée. Il a été constaté que les effets de

piégeage deviennent plus sévères lorsque la largeur w des fils diminue. Une relation linéaire entre le champ de piégeage et $1/w$ a été trouvée. L'origine de ces sites d'ancrage durs ainsi que leurs influences sur la vitesse de mouvement des parois ont été discutées. En outre, il a été constaté que l'effet d'épinglage était amélioré lorsque le courant était appliqué, quelle que soit la direction relative entre le mouvement des parois et le courant. Cet accroissement pourrait être expliqué par l'effet du courant de Hall de spin de la sous-couche (T_a). Bien qu'il n'y ait pas eu de DMI ou de champ planaire, le courant de Hall de spin, polarisé dans la direction transversale, peut exercer un couple sur la paroi de type de Bloch, une fois que la paroi s'éloigne de la direction transversale. Enfin, un dispositif mémoire de circuit en forme d'anneau basée sur le travail combiné de STT et SOT a été proposée. Comparée à la mémoire de piste traditionnelle en forme de ligne, cette mémoire en forme d'anneau permet au paroi de demaine de se déplacer dans un nanofil en forme d'anneau sans être éjecté, évitant ainsi la perte des informations associées. Le travail de conception et d'optimisation a été réalisé avec des simulations micromagnétiques.

Mots- clés : parois des domaines magnétiques, fil de CoFeB, courant polarisé, mouvement des parois, tension interfaciale,