

Modélisation atomistique des matériaux magnétiques à commutation toute optique

Contact : Liliana PREJBEANU DRF//INAC/SPINTEC liliana.buda@cea.fr 04 38 78 44 19

Stage pouvant se poursuivre en thèse : Oui

Résumé :

Le monde de l'électronique cherche activement des composants de taille latérale de plus en plus réduite, qui consomment très peu d'énergie, capables d'effectuer un nombre très important d'opérations. Pour le stockage et le traitement d'information les matériaux magnétiques à base de terre-rares et métaux de transition offrent la possibilité de manipuler l'information à l'aide des impulsions laser de quelques femto seconds et donc viser de fréquences d'opération de la THz. Ce processus de dynamique ultra-rapide est le résultat de l'action conjuguée de plusieurs phénomènes sur les porteurs de moment magnétique à l'échelle atomique. Le but du stage est d'analyser par la modélisation numérique le processus du renversement de l'aimantation en fonction de la composition des matériaux et de leur structure cristalline. Pour cela l'équation de Landau-Lifshitz-Gilbert qui gère la dynamique des moments magnétiques sera couplée aux équations de diffusion de la chaleur en impliquant les électrons et les phonons. Ce modèle atomistique permettra de comprendre les mécanismes de la commutation de moments magnétiques ainsi que d'identifier les matériaux les plus prometteurs en vue de leur fabrication.

Sujet détaillé :

Description détaillé (~36 lines)

Le renversement de l'aimantation sous l'action des impulsions laser a été démontré expérimentalement en 2007 pour des couches minces amorphes d'alliage GdFeCo [1]. Des impulsions laser de quelques femto-secondes polarisées circulairement sont suffisantes pour commuter l'aimantation de certains composés terre-rares ? métaux de transition sans avoir besoin d'appliquer un champ magnétique supplémentaire. L'activité de recherche autour de cette remarquable propriété est très intense vu le fort potentiel applicatif visant les dispositifs mémoires ultra-rapides à très basse consommation en intégrant de parties actives à commutation toute optique. La cible pratique est d'arriver à combiner une fonction mémoire (rétention longue durée de l'information) avec une vitesse d'écriture ultra-rapide (~THz). Il est impératif de démontrer que la commutation est déterministe et parfaitement reproductible malgré les phénomènes physiques multiples qui sont mis en jeu : interaction d'échange, couplage phonos-électrons, couplage photons-aimantation. La réussite du concept engage en également mesure des efforts sur le plan expérimental que du point de vue de la modélisation.

Dans le cadre de ce stage nous proposons d'y participer au développement du modèle numérique adapté, efficace et performant capable de tenir compte de plusieurs interactions pour décrire à l'échelle atomique les mécanismes de renversement ultra-rapide de l'aimantation. Le formalisme s'appuie sur le couplage entre la dynamique de l'aimantation et le chauffage ultra-rapide induit par l'impulsion laser [2]. Pour chaque moment magnétique du matériau l'équation du mouvement dite de Landau-Lifshitz-Gilbert sera numériquement intégrée en tenant compte de la variation ultra-très rapide de la température locale pendant l'envoi de l'impulsion laser.

Après une phase de test/validation par rapport à la littérature, le modèle sera exploité pour une analyse approfondie de propriétés de nouveaux matériaux composites terre-rares ?métaux de transition. Le but est double : comprendre et maîtriser les mécanismes qui pilotent le renversement ultra-rapide afin d'identifier les matériaux le mieux adaptés pour les applications. Les divers paramètres matériaux nécessaires pour une modélisation réaliste d'un certain composé seront extraits à partir de calculs ab-initio en lien avec l'équipe théorique de Spintec. Des confrontations avec les études

expérimentales seront menés en parallèle en collaboration avec l'équipe MRAM.

[1] C. Stanciu et al, Phys. Rev. Lett. 99, 047601 (2007).

[2] I. Radu et al., Nature 472, 205 (2011).

Compétences requises :

Physique de la matière condensée, nanosciences, bases en magnétisme et en programmation