IRAMIS : Institut Rayonnement Matlère de Saclay

Saclay

Ordre magnétique dans les nanostructures à base de chrome

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil

Candidature avant le 28/04/2017

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact BATAILLE Alexandre
01 69 08 58 98
alexandre.bataille@cea.fr

Résumé

L'objectif de ce stage est d'explorer les possibilités des matériaux antiferromagnétiques comme couches actives au sein de dispositifs spintroniques. Pour ce faire, nous étudierons un système modèle, à savoir des réseaux de nano-plots et nanofils de Cr épitaxiés, dont nous déterminerons l'ordre magnétique par diffraction de neutrons.

Sujet détaillé

Le développement de l'électronique de spin a fourni depuis deux décennies une grande impulsion aux travaux portant sur les couches minces magnétiques, permettant à la fois des avancées significatives du point de vue fondamental et le développement d'applications dans le domaine du stockage de données. L'essentiel de l'effort de recherche s'est porté sur les matériaux ferro et ferri-magnétiques. Les matériaux antiferromagnétiques (ordonnés mais sans aimantation macroscopique) ont toutefois joué un rôle d'appoint dans le développement des dispositifs, en permettant de modifier la coercivité des matériaux ferromagnétiques via le mécanisme de décalage d'échange. Il a cependant été récemment proposé de faire jouer aux matériaux antiferromagnétiques (qui constituent la grande majorité des matériaux magnétiquement ordonnés) un rôle plus actif , étant donné qu'une significative amélioration des performances des dispositifs est attendue.
Dans ce cadre, nous avons choisi d'étudier des structures basées sur des films de Cr épitaxiés sur MgO (voir figure 1), qui constituent un système modèle . Le chrome est en effet l'archétype du métal antiferromagnétique, qui peut manifester deux types d'ordre magnétique (antiferromagnétique simple ou structure modulée appelée onde de densité de spin ou ODS). La diffraction de neutrons est la technique de choix pour étudier ce type d'ordre, puisqu'il est possible d'associer une figure de diffraction à chacune de ces structures magnétiques (voir figure 2). Pour pouvoir analyser les données de futurs dispositifs à transfert de spin, il est essentiel de déterminer l'ordre magnétique lorsque la taille latérale des dispositifs devient comparable à la période magnétique du Cr. Nous nous proposons donc d'étudier par diffraction de neutrons et diffusion de neutrons aux petits angles des réseaux de plots et de fils de Cr de taille latérale comprise entre 200 et 500 nm. C'est cette étude que nous proposons de réaliser au laboratoire Léon Brillouin dans le cadre d'un stage de M2.

Mots clés

Spintronique, nanomagnétisme, antiferromagnétisme

Compétences

Diffraction et diffusion de neutrons, diffusion de neutrons aux petits angles, croissance de films mince épitaxiés (par MBE), diffraction des rayons X

Logiciels

Matlab

Magnetic ordering in chromium nanostructures

Summary

The aim of this internship is to unravel the possibilities of antiferromagnets as active layers in spintronics devices. In order to do so, we will focus on a model system, namoely nano dots and nanowires of Cr obtained from Cr epitaxial thin films through lithography. We will determine the magnetic ordering by neutron diffraction.

Full description

The rise of spintronics has provided huge momentum to magnetic thin films studies, both from the basic and applied point of view. Most of the research effort has been devoted to ferro- and ferrimagnetic materials, yet antiferromagnets (materials which exhibit magnetic ordering but no net magnetic moment) have been used in a complementary role in devices, since they allow to tune the coercivity of ferromagnets through exchange bias. Recently, proposals have been made to cast antiferromagnets (which constitute the vast majority of magnetic materials) in a more active role, since the performance of antiferromagnet-based devices are expected to be significantly improved compared to usual spintronics devices relying on ferromagnets. The field of antiferromagnet spintronics is now in its infancy and a better understanding of antiferromagnetic thin films is mandatory to build efficient devices. In this framework, detailed studies on model systems are urgently required.
We have undertaken the study of Cr(001) films epitaxially grown on MgO, both isolated and included in nanostructures. We have obtained a very fine understanding of the physical properties of unpatterned Cr films and heterostructures (see the PhD thesis of M.-A. Leroy, Université de Lorraine, 2013), and now wish to study Cr nano-wires and nanodots, which are closer to what real AF spintronics devices may look like. The aim of this internship will be to study the magnetic ordering of arrays of nanowires and nanodots (laterial size in the 200-500 nm range) through neutron diffraction and small angle neutron scattering at LLB. Both techniques are among the very few to give a direct access to the magnetic properties of antiferromagnets. Another topic of the internship could be to study Cr films deposited on piezoelectric substrates, thus allowing an electrical control of AF ordering.

Keywords

Spintronics, nanomagnetism, antiferromagnets

Skills

Neutron scattering, epitaxial thin film growth (by MBE), X-ray diffraction

Softwares

Matlab