IRAMIS : Institut Rayonnement Matlère de Saclay

Saclay

SPEC/LNO

Transport ultra-rapide de spins à travers un antiferromagnétique

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil SPEC/LNO

Candidature avant le 30/04/2021

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact VIRET Michel
+33 1 69 08 71 60
michel.viret@cea.fr

Résumé

Le but du stage est d'étudier la propagation ultra-rapide de courants de spin au travers d'un antiferromagnétique isolant.

Sujet détaillé

Les courants de spin purs suscitent actuellement un intérêt considérable en raison de leur possible application dans les futurs dispositifs spintroniques. La demande croissante de traitement de données pousse les nouvelles technologies à traiter plus rapidement de plus gros volumes. Ainsi, la manipulation ultrarapide du traitement de l'information est devenue un défi des technologies de l'information de demain. Les courants de spin purs présentent plusieurs avantages clés car ils peuvent maintenant être générés, propagés et détectés à une échelle de temps inférieure à la picoseconde et à des tailles nanométriques. On peut donc envisager la possibilité de composants spintroniques ultra-rapides et l'émergence de dispositifs spintroniques térahertz.

Plusieurs "briques" sont essentielles à ces dispositifs car les courants de spin doivent être générés, propagés, traités et finalement détectés. Ce projet vise à étudier les mécanismes sous-jacents des impulsions picoseconde et sub-picoseconde de courants de spin purs dans les isolateurs antiferromagnétiques. Les systèmes à l'étude sont composés de trois couches épitaxiales de haute qualité et d'épaisseurs nanométriques, synthétisées par dépôt laser pulsé. Le premier est l'injecteur de spin, c'est-à-dire une couche ferromagnétique (La2/3Sr1/3MnO3) qui, soumise à d'intenses impulsions laser femtosecondes, génère des impulsions de courants polarisés en spin [1]. La deuxième couche est l'antiferromagnetique isolant NiO, qui est la partie centrale de la structure et à travers laquelle des courants de spin purs peuvent se propager [2].

Malgré les explications proposées par plusieurs travaux théoriques [3], la nature exacte et les caractéristiques de la propagation du moment angulaire restent floues. En particulier, il convient de comprendre la dynamique combinée des courants de spin et de la résonance térahertz antiferromagnétique. C'est l'objectif principal de ce projet de stage où le courant polarisé en spin sera généré en impulsions ultra-rapides, propagé dans une couche AF et détectée dans une troisième couche de Pt (via le mécanisme d'effet Hall de spin inverse). Ce système à trois couches offre un terrain de

jeu intéressant pour aborder les questions ouvertes concernant le transport et la manipulation des courants de spin ultra-rapides dans les antiferromagnétiques isolants.

Au cours de ce stage, l'étudiant réalisera des expériences optiques ultra-rapides à l'aide d'un laser femtoseconde afin d'évaluer la dynamique sub-picoseconde des systèmes magnétiques et la propagation des impulsions de spin. En outre, il / elle apprendra également à synthétiser des échantillons épitaxiaux de haute qualité par dépôt laser pulsé. Idéalement, le stage se poursuivra par un travail de doctorat.

Mots clés

Compétences

Dépots par ablation laser pulsée, mesures optiques ultra-rapides

Logiciels

Ultrafast pure spincurrent transport through antiferromagnets

Summary

The aim of this internship is to study the ultra-fast spin current propagation through an insulating antiferromagnet.

Full description

Pure spin-currents are currently attracting a substantial interest due to their deep implication in future spintronic devices. The booming demand on data consumption pushes new technologies to be able to process bigger volumes of data at a faster rate. Thus, ultrafast manipulation of information processing has now become a challenge of tomorrow's information technologies. Pure spin currents present several key advantages as they can now be generated, propagated and detected on the sub-picosecond timescale and at nano-sizes. One can therefore envision the possibility of ultrafast spintronic components and the emergence of terahertz spintronic devices.

Several "bricks" are crutial to these devices as spincurrents have to be generated, propagated processed and eventually detected. This project aims at studying the underlying mechanisms of picosecond and sub-picosecond pure spincurrent bursts in antiferromagnetic insulators. The systems under study are composed of three high quality epitaxial layers of nanometric thicknesses, grown by pulsed laser deposition. The first one is the spin injector, i.e. a ferromagnetic layer (La2/3Sr1/3MnO3) which, when subjected to intense femtosecond laser pulses, generates bursts of spin-polarized currents [1]. The second layer is the insulating antiferromagnet NiO, which is the central part of the structure and through which pure spincurrents can propagate [2]. Despite the explanations proposed by several theoretical works [3], the exact nature and characteristics of the spincurrent propopagation remains under debate. Especially, one should tackle the dynamical issue of spincurrents coherently matching the specific antiferromagnetic terahertz resonance.

This is the main objective of this internship project where spin-polarized current will be launched in ultra-fast bursts. Finally, a third Pt layer is used as a detector (via the inverse spin Hall effect mechanism). This trilayer system offers an interesting playground to tackle the opened questions regarding the transport and manipulation of ultrafast spincurrents in insulating antiferromagnets.

During this internship, the student will perform ultrafast time-resolved optical experiments using a femtosecond laser in order to assess the sub-picosecond dynamics of magnetic systems and the propagation of spincurrent bursts. In addition, he/she will also learn how to grow high quality epitaxial samples by pulsed laser deposition. Ideally, the internship will continue in a PhD work.

[1] Kampfrath et al. Nat. Nano. 8 256 (2013) [2] Hahn et al. EPL 108 57005 (2014)
[3] Khymyn et al. Phys. Rev. B 93 224421 (2016)

Keywords

Skills

Pulsed laser deposition, ultra-fast optical measurements

Softwares