

330 - Novembre-Décembre 2023

cea iramis BRÈVES DE L'IRAMIS



Modélisation de l'effet tunnel anisotrope spin galvanique

Cosimo Gorini : tél : 01.69.08/73.46, cosimo.gorini@cea.fr

Le couplage spin-orbite (interaction entre le mouvement d'une particule et son spin) ouvre de nombreuses possibilités de conversion entre un signal électrique et un signal porté par le spin. Dans les systèmes 2D où la symétrie par inversion est brisée, des courants de charge peuvent être générés par l'injection d'un courant de spin pur (par simple retournement des spins, sans injection de charges) via l'effet "spin galvanique". Ainsi, une accumulation hors-équilibre de spin peut être convertie en un courant de charge. Ceci constitue un paradigme de la spintronique dans les semi-conducteurs et les isolants topologiques. La magnéto-résistance par effet tunnel est un autre effet clé de la spintronique utilisé dans les MRAM et les capteurs magnétiques. Dans ces systèmes à effet tunnel, de nouveaux effets de transport anisotrope se manifestent quand le couplage des spins avec l'aimantation entre en compétition avec le couplage spin-orbite. C'est en particulier le cas dans une nouvelle génération de nanostructures

magnétiques basées sur des oxydes, où aimantation et spin-orbite coexistent, avec des conséquences encore peu connues à ce jour. Dans ce contexte, on montre que des processus quantiques cohérents localisés sous une barrière tunnel asymétrique peuvent convertir une injection de spin pur –sans transfert de charge– en un courant électrique transverse. Cette conversion "spin galvanique" par effet tunnel est non-locale et en général fortement anisotrope (même en réponse

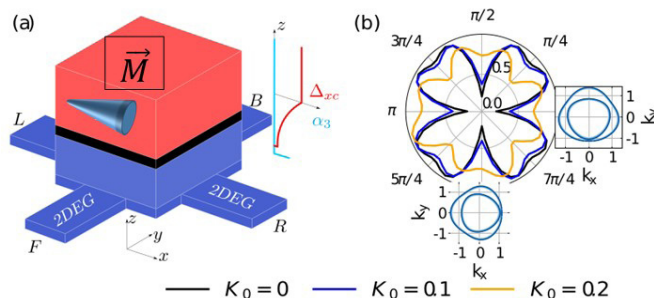


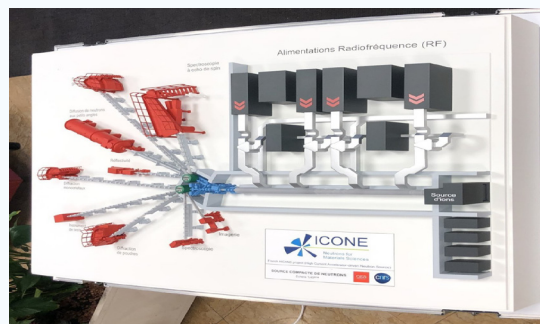
Schéma du système: l'aimantation (M) au sein du bloc supérieur (rouge) est mise en précession par rapport à un axe de rotation dans le plan, suite à une excitation microonde, par ex. Cette excitation injecte des spins up dans le système électronique bidimensionnel ("2DEG" = 2D electron gas, avec couplage spin-orbite) en forme de croix, à travers une barrière tunnel asymétrique (ensemble des couches noire et bleue). En réponse, un courant électrique est mesuré entre les quatre électrodes L, R, F, B. b) La norme du courant ($(I_{LR}^2 + I_{FB}^2)^{1/2}$) est tracée en coordonnées polaires, en fonction de la direction moyenne de l'aimantation. b) L'effet reste mesurable en fonction du taux d'impuretés dans la couche 2DEG (paramètre K_0).

linéaire), ce qui n'est pas le cas dans des systèmes sans barrière tunnel. Ce nouvel effet de conversion spin-charge "sous la barrière" s'ajoute à d'autres effets récemment proposés, tels que l'effet Hall anormal ou l'effet tunnel Hall de spin. La théorie développée explique des expériences récentes dans des systèmes spintroniques de nouvelle génération basés sur des oxydes. Référence : Tunneling anisotropic spin galvanic effect, G. Fleury, M. Barth, C. Gorini, Phys. Rev. B 108 (2023) L081402; DOI : <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.108.L081402>.

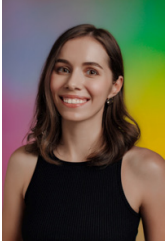
Brèves des labos



LLB : Dans le cadre du projet Icone une maquette de la source compacte de neutrons avec ses instruments a été réalisée. Elle est visible à l'entrée du Bât 563 ainsi qu'un diaporama expliquant le projet. La maquette montre la source pulsée de protons, accélérés à 20 MeV par des sources radiofréquences, la cible de béryllium permettant la conversion protons – neutrons (durée d'impulsion de 100 μ s ou 1ms selon la cible utilisée), suivi d'un modérateur à hydrogène liquide et de lignes de neutrons amenant les impulsions aux divers instruments et spectromètres.



NIMBE : Le réseau "PLASTnet" s'est organisé au sein du CEA depuis plus de 4 ans et regroupe des équipes pluridisciplinaires pour travailler ensemble autour de l'écoconception jusqu'au recyclage. PLASTnet devient officiellement un réseau Thématique de Recherche (RTR) de la DRF. Le lancement officiel du réseau, abordant la filière plastique sous tous ses aspects a eu lieu le lundi 11 décembre à Saclay.



Suite à un Master 2 "Laser Technologies" à Saint Petersburg, Nadezhda Shchedrina effectue sa deuxième année de thèse au LSI sous la direction de Nadège Ollier et Matthieu Lancry (UPS). Elle s'intéresse aux mécanismes de densification de la silice sous irradiation laser (impulsions fs) ou électronique.

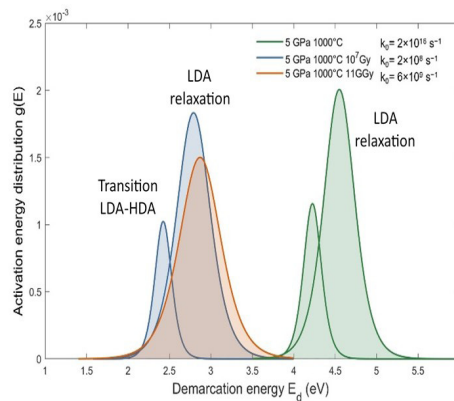
Nadezhda Shchedrina : nadezhda.shchedrina@universite-paris-saclay.fr

États amorphes de hautes (HDA) et faibles densités (LDA) dans la silice densifiée

Le verre de silice (densité 2.2) est un matériau capital pour l'optique, dont il est possible d'augmenter l'indice optique par densification, en particulier par irradiation. Étudier ce mécanisme comporte ainsi un intérêt à la fois fondamental et appliqué : on trouve en particulier de la silice densifiée dans des capteurs à fibres à réseaux de Bragg (alternance de couches d'indices différents) utilisés dans des environnements extrêmes : spatial, aéronautique ou nucléaire. Dans l'étude réalisée au LSI, un premier résultat a été obtenu sur des verres de silice densifiés par compression à chaud (5 GPa, 1000°C, densité 2.59) irradiés avec des électrons de 2.5° MeV à des doses importantes allant de 10^7 Gy à $1.1 \cdot 10^{10}$ Gy. Au plus hautes doses, la silice forme une phase densifiée dite "métamicté", de densité 2.26. En analysant l'évolution in situ de la structure vitreuse, lors de traitements thermiques isothermes par spectroscopie Raman, il est possible de calculer la distribution des énergies d'activation des réactions physicochimiques se

produisant lors de la relaxation de ces verres. L'étude révèle un comportement non monotone intrigant de la bande Raman D2 (signature de la présence de cycles à 3 tétraèdres SiO_4) dans la silice densifiée non irradiée ou irradiée à $10^{7\circ}$ Gy, qui conduit à une distribution d'énergie d'activation bimodale (voir figure). Ce résultat implique l'existence d'une phase

transitoire entre les états de haute (HDA) et basse (LDA) densité dans les verres de silice densifiés. Le verre faiblement irradié montre une stabilité thermique moindre, tandis que la phase métamicté obtenue à forte irradiation ne comporte qu'une seule distribution d'énergie d'activation centrée autour de 2,87 eV, correspondant à l'état LDA. Cette étude révèle ainsi la présence d'états HDA et LDA dans la silice densifiée, corroborant le polyamorphisme de la silice, ainsi que l'impact de l'irradiation sur la stabilité de ces états ; celle-ci minimisant les états HDA et accélérant la transition vers des états de plus faible densité.



Distributions des énergies d'activation pour les échantillons de silice densifiée, pour : 1) 2 traitements : (5 GPa, 1000°C, non irradiée) et (5 GPa, 1000°C, 10^7 Gy), montrant une distribution bimodale ; 2) et à haute irradiation (5 GPa, 1000 °C, $1.1 \cdot 10^{10}$ Gy), ne montrant qu'une seule composante associée à la relaxation vers la LDA.



Bonnes fêtes à toutes et tous !