

Étude du couplage électron-phonon-spin par optique ultra-rapide dans les isolants topologiques Bi_2Te_3

M. Weis(1,2), K. Balin(1), R. Rapacz(1), A. Nowak(1), A. Bulou(2), G. Vaudel(2), J. Szade(1), P. Ruello(2)

(1) A. Chelkowski Institute of Physics and Silesian Center for Education and Interdisciplinary Research, 75 Pulku Piechoty 1A, 41-500 Chorzow, University of Silesia, Poland

(2) Institut des Molécules et Matériaux du Mans, UMR CNRS 6283, Université du Maine, 72085 Le Mans, France.

Les isolants topologiques sont des matériaux présentant de nouveaux états quantiques. En raison notamment d'un fort couplage spin-orbite ces matériaux peuvent être à la fois semiconducteurs dans le volume et métallique en surface. Cet état offre des perspectives intéressantes en spintronique. Malgré la robustesse « topologique » des états électroniques face au processus de rétro-diffusion¹, il a été mis en évidence que le couplage « traditionnel » électron-phonon demeurait fort dans ces systèmes². Aussi, il est désormais nécessaire de mesurer et d'analyser le couplage électron-phonon-spin dans ces isolants topologiques. Pour cela nous avons entrepris une étude par optique ultra-rapide de la dynamique de relaxation d'électrons (spin) chauds permettant de remonter au couplage électron-phonon-spin.

Le principe de la mesure repose sur un montage pompe-sonde où un faisceau laser (pompe) vient mettre hors équilibre un gaz d'électrons. Ce dernier relaxe via une thermalisation avec le réseau phononique. L'emploi d'un second laser (sonde), retardé dans le temps par rapport à l'excitation, permet de suivre cette dynamique de relaxation et d'estimer ce temps de couplage. Comme nous le verrons, la mise hors équilibre du gaz électronique conduit également à la génération de phonons optiques dont les propriétés renseignent localement sur la dynamique de réseau³. Dans cette communication, nous présenterons des mesures réalisées sur des films Bi_2Te_3 obtenus par croissance épitaxiale (épaisseur d'une dizaine de nanomètres). Différents régimes du couplage électron-phonon-spin seront discutés selon les nanostructures considérées.

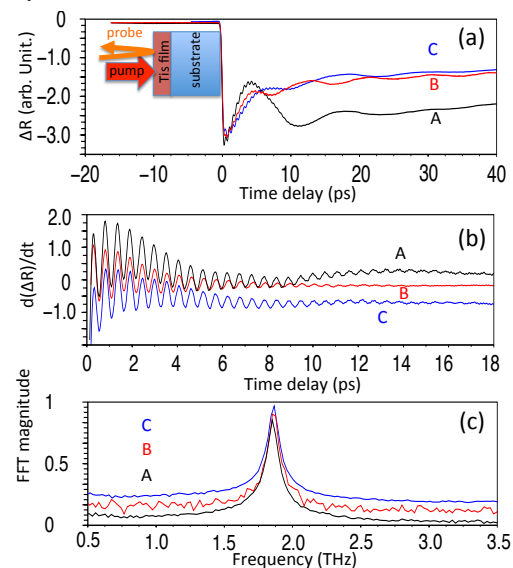


Figure 1 : (a) transient optical reflectivity with the A1g(l) optical phonon signature (b) obtained for variable BT nanostructures (A-B-C). (c) Fast Fourier Transform of signal given in (b) [3].

¹ M.Z. Hazan, C. L. Kane, Rev. Mod. Phys., Vol. 82, No. 4, October–December 2010

² M. V. Costache, I. Neumann, J. F. Sierra, V. Marinova, M. M. Gospodinov, S. Roche, S. O. Valenzuela, Phys. Rev. Lett. 112, 086601 (2014).

³ M. Weis, K. Balin, R. Rapacz, A. Nowak, M. Lejman, J. Szade, and P. Ruello, Phys. Rev. B 92 , 014301 (2015)