

15 septembre 2022

Offre de thèse pour un CDD doctorant

Début : à partir de Octobre 2024

Sujet : Structure électronique de systèmes de basse dimensionnalité à fort couplage spin-orbite et aux propriétés topologiques remarquables

Informations générales

Lieu de travail : Nancy, Institut Jean Lamour- Département Physique de la Matière et des Matériaux

Type de contrat : Contrat doctoral

Durée du contrat : 36 mois

Date d'embauche prévue : 01 Octobre 2024

Quotité de travail : Temps complet

Rémunération : 2100€ brut/mois

Niveau d'études souhaité : Master

Expérience souhaitée :

Missions / Activités

L'existence d'un fort couplage spin-orbite dans des matériaux 2D ou 3D permet l'inversion de bande conduisant à la formation d'une structure de bande topologiquement non-triviale [1-4]. Le caractère non trivial de la structure de bande dans un isolant (i.e. isolant topologique) induit des états de bord métalliques, robustes sous l'effet du désordre structural car protégés par la topologie ou la symétrie [5]. De plus ces états de bord présentent une texture de spin singulière (souvent chirale) que l'on peut mettre directement en évidence par la spectroscopie de photoémission résolue en spin (Spin-ARPES) [6-9]. Une autre famille de matériaux à fort couplage spin-orbite présente des propriétés remarquables, les dichalcogénures de métaux de transition. Ce sont des solides lamellaires, constitués d'un empilement de monocouches liées entre elles par des liaisons faibles de type Van der Waals. Le couplage spin-orbite important induit un couplage spin-vallée qui confère à ces matériaux des propriétés électroniques et optiques remarquables [10,11]. Plus récemment il a été montré que des propriétés topologiques se manifestent également dans des semi-métaux (semi-métaux de Dirac et de Weyl) où la signature topologique est présente sur les états de volume et les états de bord [12,13]. La photoémission est la technique la plus adaptée pour mettre en évidence ce type de propriétés. Le sujet que nous proposons s'inscrit dans l'étude par spectroscopie d'électrons de ces matériaux aux propriétés électroniques remarquables.

Dans ce projet de thèse, le doctorant étudiera les propriétés électroniques de matériaux à fort couplage spin orbite (matériaux topologiques et/ou dichalcogénures de métaux de transition), élaborés in situ dans le tube Davm de l'institut Jean Lamour ou ex-situ, par les techniques spectroscopiques dont l'équipe est spécialiste (ARPES, STM/STS). Des mesures complémentaires notamment de photoémission résolue en spin seront effectuées sur des lignes synchrotron. Le doctorant devra mettre en œuvre ces mesures d'ARPES et de STM/STS sur les dispositifs de l'équipe et sur synchrotron (notamment sur les lignes du synchrotron SOLEIL). Une partie plus théorique est également prévue. Le doctorant devra simuler les spectres de photoémission obtenus expérimentalement en combinant des calculs DFT à des calculs de poids spectral [14].

Contexte de travail

Des propriétés exotiques de plusieurs familles de matériaux (supraconducteurs à haut T_c , fermions lourds, multiferrroïques) trouvent leur origine dans les interactions électroniques, le couplage des différents degrés de liberté (orbitaire, spin) et les effets relativistes. Ces nouveaux états de la matière constituent un sujet d'étude fondamentale, mais sont également très prometteurs pour des applications en électronique, spintronique, optronique ou encore spin-orbitronique. Depuis, une vingtaine d'années un nouveau concept a émergé en physique de la matière condensée, celui de matériau topologique dont les propriétés (effet Hall quantique ou effet Hall quantique de spin) sont associées à la variation de la phase des fonctions d'onde dans la zone de Brillouin. Un exemple emblématique est les isolants topologiques qui présentent des états de bord métalliques dont la direction de propagation dépend du spin d'où leur intérêt en spintronique. Dans ce travail de thèse dirigé par Daniel Malterre et Geoffroy Kremer (équipe « Surfaces Spectroscopies et Modélisations » du département Physique de la matière et des Matériaux de l'institut Jean Lamour), le doctorant étudiera des matériaux de basse dimensionnalité à fort couplage spin-orbite présentant des propriétés topologiques non-triviales (isolants topologiques, semi-métaux de Dirac, de Weyl...) par spectroscopies d'électrons (ARPES, spin-ARPES, STM/STS...) au laboratoire et/ou sur des lignes synchrotron (notamment pour le spin-ARPES). Des calculs de structures électroniques (DFT) combinés à des calculs du poids spectral pourront être développées en collaboration avec des spécialistes du domaine pour analyser les résultats expérimentaux.

Compétences

Les candidats doivent être titulaires d'un Master 2 en physique de la matière condensée, ou équivalent, avec une solide expérience en physique du solide, en particulier dans l'étude des propriétés structurales et électroniques des solides, et avec une appétence pour le travail expérimental.

L'enthousiasme, la curiosité, l'esprit d'initiative, la capacité à travailler en équipe et la rigueur seraient des qualités appréciées. Des compétences en programmation ou un goût pour l'analyse de données sont un plus.

A propos de l'Institut Jean Lamour

L'Institut Jean Lamour (IJL) est une unité mixte de recherche du CNRS et de l'Université de Lorraine. Il est rattaché à l'Institut de Chimie du CNRS.

Spécialisé en science et ingénierie des matériaux et des procédés, il couvre les champs suivants : matériaux, métallurgie, plasmas, surfaces, nanomatériaux, électronique.

L'IJL compte 183 chercheurs et enseignants-chercheurs, 91 personnels ingénieurs, techniciens, administratifs, 150 doctorants et 25 post-doctorants.

Il collabore avec plus de 150 partenaires industriels et ses collaborations académiques se déploient dans une trentaine de pays.

Son parc instrumental exceptionnel est réparti sur 4 sites dont le principal est situé sur le campus Artem à Nancy.

Modalités de candidature

Adresser un CV, une lettre de motivation accompagnée des noms de 2 référent(e)s et les relevés de notes (M1 et M2) à :

Pr. Daniel Malterre : daniel.malterre@univ-lorraine.fr

Dr. Geoffroy Kremer : geoffroy.kremer@univ-lorraine.fr

Bibliographie

- [1] Kane, C. L., and Mele, E. J., Phys. Rev. Lett. 95, 146802 (2005).
- [2] Fu, L., Kane, C. L., and Mele, E. J., Phys. Rev. Lett. 98, 106803 (2007).
- [3] D. Xiao, Rev. Mod. Phys. 82, 1959 (2010).
- [4] M.Z. Hasan, M. Z., and Kane, Rev. Mod. Phys. 82, 3045 (2010).
- [5] Y.L. Chen et al., Science 329, 659 (2010)
- [6] S. Souma et al. Phys. Rev. Lett. 106, 216803 (2011)
- [7] Oleg V. Yazyev, Joel E. Moore, and Steven G. Louie, Phys. Rev. Lett. 105, 266806 (2010)
- [8] Y. H. Wang et al., Phys. Rev. Lett. 107, 207602 (2011).
- [9] D. Hsieh et al., Nature 460, 1101 (2009).
- [10] G. Sallen et al., Phys. Rev. B 86 (2012) 081301.
- [11] G. Wang et al., Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 097403.
- [12] Su-Yang Xu et al., Nature Physics, 11, 748 (2015)
- [13] B. Q. Lv, et al., Nature Physics, 11, 724 (2015).
- [14] Day, R.P. et al., npj Quantum Mater. 4, 54 (2019).