



GEMaC

Groupe d'Étude de la Matière Condensée

SYSTÈMES OXYDES CONDUCTEURS

Pour compléter l'étude de ces systèmes oxydes ternaires de métaux de transition M (3d, 4f), nous nous concentrons aussi sur les propriétés de transport électronique (résistivité, magnéto-résistance, effet Hall ordinaire et extraordinaire) et nous avons développé des mesures uniques de magnéto-transport à haute impédance et dans une large gamme de température, et de champ magnétique. Cela nous permet de quantifier les propriétés semiconductrices et/ou de couplage « spin-porteurs de charge » dans ces systèmes habituellement avec peu de porteurs de charge mobiles, ou avec porteurs très localisés.

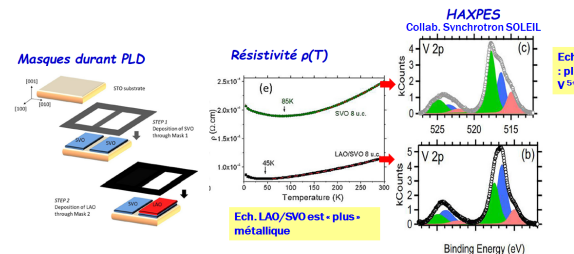
Fort de ces équipements, nous pouvons sonder précisément la transition métal-isolant dans les systèmes métalliques comme les vanadates (AVO_3) ou les nickelates (ANiO_3) en fonction des paramètres : l'épaisseur des films réduites à quelques mailles atomiques, la concentration en lacunes d'oxygène en lien avec la stœchiométrie en oxygène, les contraintes imposées par les deux interfaces avec le substrat et la surface des films. Ainsi, dans ces systèmes métalliques présentant de très fortes concentrations de porteurs (1e^{+22} à $1\text{e}^{+23} \text{ cm}^{-3}$), la source de propriétés nouvelles est liée aux très fortes

corrélations électroniques associées aux électrons 3d (ou 4f), ouvrant des « fonctions » pour une électronique de demain, inexistantes dans les semiconducteurs classiques. On parle alors d'« Orbitronics », quand les propriétés sont associées à la spécificité des liaisons chimiques Métal-Oxygène (2p) ; ou « Mottronics », quand il s'agit d'effets quantiques liés à l'ouverture d'un gap associé aux très fortes corrélations électroniques des électrons 3d, 4f, à la réduction de dimensionnalité dans une direction. Des effets topologiques sont prédits dans la direction (111) des pérovskites, en bicouche ou super-réseau, avec des briques conductrices nickelates, vanadates, ou gaz d'interfaces.

Actuellement, nous nous focalisons sur :

a. Oxydes pérovskites de métaux de transition 3d ultraminces : exemple du LaNiO3 et du SrVO3

L'influence de la stœchiométrie en oxygène sur la structure électronique de LaNiO3 a été étudiée par magnéto-transport, diffraction de rayons X et analyse ionique dans des



films minces et ultra-minces. Le vanadate de strontium (SrVO3 ou SVO) présente également une transition métal-isolant (MIT) en fonction de la dimensionnalité. Dans ce système, la MIT à basse température est due à une renormalisation des interactions électrons-électrons, donnant une anti-localisation faible et une transition de phase MIT

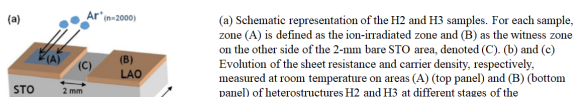
Films PLD GEMaC-FOX et transition métal -> isolant : Effet d'une barrière LaAlO3 en surface du Sr²⁺V⁴⁺O₂₋₃ (J. Appl. Phys. 123, 055302 (2018))

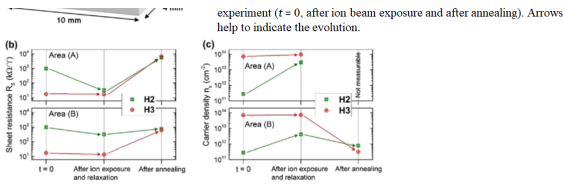
pour des épaisseurs < 6 nm. Lorsqu'un film ultra-mince de SVO avec une épaisseur de 4 mailles élémentaires est couvert par une couche polaire barrière diffuse de LaAlO3 (LAO), cette hétérostructure montre un minimum de résistivité à 250 K. Une étude de spectroscopie en photoémission utilisant des rayons X durs au synchrotron SOLEIL (coll. J.-E. Rault, J.-P. Rueff) a révélé que l'état d'oxydation du vanadium en surface pour SVO est plutôt de 5+ relevant une oxydation de surface qui est inhibée par la couche de LAO.

Le système SVO s'avère de surcroît modèle pour l'étude de la MIT de Mott, liée aux fortes corrélations électroniques comme l'a démontré l'étude comparative de photoémission sur échantillons (dont ceux réalisés par FOX) à différents niveaux de lacunes d'oxygène (coll. A. Santader-Siro du CSNSM). Les études se poursuivent par mesures de physico-chimie locale par XPS avec profilage doux en épaisseur (coll. D. Aureau, M. Frégnaux, CEFS2-ILV) pour étudier la « brique » conductrice SVO dans une logique d'intégration dans des dispositifs électroniques nanométriques.

b. Gaz électronique bidimensionnel à l'interface STO/LAO

Au fort de l'activité et du débat sur l'origine du gaz électronique bidimensionnel archétype à l'interface entre le très bon semiconducteur SrTiO3 (STO) et l'isolant LaAlO3 (LAO), nous avons maîtrisé sa croissance par PLD





Tuning the electronic properties of $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ interfaces by irradiating the LaAlO_3 surface with low-energy cluster ion beams (Phys. Rev. B 97, 035146 (2018))

et focalisé sur la physico-chimie et la valence au passage de l'interface grâce à la collaboration avec les spécialistes de spectroscopie photo-électronique X (XPS) de la plateforme CEFS2 avec profilage en épaisseur par érosion à cluster d'argon. Nous avons établi le rôle du cluster d'Ar par

rapport à un faisceau d'ion Ar + monoatomique, sur la surface de STO libre, ou enterrée sous le LAO, par étude comparée de spectroscopie de valence sur les ions Sr, Ti et O, avec l'étude du transport électronique.

Notre expertise et développement instrumentaux en magnéto-transport de systèmes faiblement conducteurs (comme les oxydes à faible mobilité, mais aussi les systèmes semiconducteurs à très grand gap et niveaux accepteurs/donneurs profonds) nous fait collaborer naturellement avec les équipes « semiconducteurs grand gap » du GEMAC, sur les quantifications de conductivité, de mobilité et de concentration en porteurs : l'équipe DIAM sur le dopage phosphore de type n, et l'équipe NSP sur l'étude de l'oxyde de gallium Ga_2O_3 dopé, et de type p.