

Spécialité : PHYSIQUE / Physique de la matière condensée

Laboratoire : IRAMIS/SPEC/LENSIS

Imagerie PEEM des parois de domaines in-situ sous contrainte mécanique

Responsable de stage : BARRETT Nick

nick.barrett@cea.fr

Tel : +33 1 69 08 32 72

Stage pouvant se prolonger en thèse : Oui

Durée du stage : 6 mois

Résumé:

L'objectif du stage est d'étudier in-situ le couplage entre les parois de domaines ferroélectriques à la surface de BaTiO₃, par imagerie en microscopie d'électrons de photoémission (PEEM).

Sujet :

Dans sa phase ordonnée, un matériau ferroïque présente localement un ordre selon un des variants de la nouvelle symétrie du système. La multiplicité des variants se traduit par l'apparition d'une structure en domaines (chacun étant ordonné selon un des variants), séparés par des parois (DWs : "domain walls").

L'ingénierie des parois de domaines (DWs : "domain walls") dans les matériaux ferroïques est une domaine de recherche où la paroi est l'élément actif, plutôt que le matériau de volume. Le défi est ici de prédire et de contrôler la fonctionnalité des DW à l'échelle nanométrique [1].

Dans l'oxyde BaTiO₃ les domaines ferroélectriques peuvent être orientés à 90° ou à 180° l'un par rapport à l'autre. Dans le cas d'une orientation à 90° les parois sont également ferroélastiques, c'est-à-dire, séparant des domaines avec des états de contrainte différents. Cela permet d'envisager un couplage électromécanique entre l'application d'un stress mécanique et la réponse ferroélectrique du matériau.

Notre objectif est d'étudier ce couplage in-situ par l'imagerie en microscopie à électrons en photoémission (PEEM) [2] des DWs à la surface de BaTiO₃.

Un système de contrainte mécanique sera utilisé pour appliquer un stress uniforme dans le plan pour contrôler la densité et l'ordonnement de parois de domaines dans les monocristaux ferroélectriques et ferroélastiques, principalement le BaTiO₃.

Le stage impliquera de caractériser les performances en laboratoire du système de contrainte. L'ordonnement des domaines et des parois de domaines sera imagé par microscopie optique. Ensuite, le système micromécanique de contrainte sera introduit sous vide (10-10mbar) dans le PEEM et des mesures complémentaires seront faites in-situ pour valider le dispositif expérimental.

[1] G. Catalan, J. Seidel, R. Ramesh, Rev. Mod. Phys. 84, 119 (2012)

[2] <https://doi.org/10.1063/1.4801968> Full field electron spectromicroscopy applied to ferroelectric materials

N. Barrett, J. E. Rault, J. L. Wang, C. Mathieu, A. Locatelli, T. O. Mentès, M. A. Niño, S. Fusil, M. Bibes, A. Barthélémy, D. Sando, W. Ren, S. Prosandeev, L. Bellaïche, B. Vilquin, A. Petraru, I. P. Krug and C. M. Schneider, <a

PEEM imaging of ferroelectric domain walls under in-situ mechanical stress

Abstract:

The aim of the internship is to carry out in-situ studies of the electro-mechanical coupling using photoemission electron microscope (PEEM) imaging of domain walls at the surface of BaTiO₃.

Subject :

In ferroic materials domain walls (DWs) separate domains with different order parameters. Domain wall engineering in ferroic materials is one possible route where the DW rather than the bulk material becomes the active element. The challenge then is to predict and control the nanoscale DW functionality [1].

In BaTiO₃ the ferroelectric polarizations of adjacent domains can be oriented at 90° or 180° with respect to one another. In the case of 90° orientation the domain wall is also ferroelastic, separating domains under different mechanical strain. This allows envisaging electro-mechanical coupling between applied mechanical stress and the ferroelectric response of the material.

Our aim is to carry out in-situ studies of the electro-mechanical coupling using photoemission electron microscope (PEEM) imaging [2] of DWs at the surface of BaTiO₃.

A micro-engineered system for the application of mechanical stress will be used to control the density and structure of the domains and DWs in single crystal ferroelectric and ferroelastic materials, principally BaTiO₃.

The internship requires initial characterization in the laboratory the performance of the system for applying stress. Domain ordering and DWs will be imaged using optical microscopy. Then, the micro-mechanical system will be mounted in the PEEM analysis chamber under ultra-high vacuum (10⁻¹⁰ mbar) and first complementary measurements carried out to validate the experimental set-up.

[1] G. Catalan, J. Seidel, R. Ramesh, Rev. Mod. Phys. 84, 119 (2012)

[2] Full field electron spectromicroscopy applied to ferroelectric materials

N. Barrett, J. E. Rault, J. L. Wang, C. Mathieu, A. Locatelli, T. O. Mendes, M. A. Niño, S. Fusil, M. Bibes, A. Barthélémy, D. Sando, W. Ren, S. Prosandeev, L. Bellaïche, B. Vilquin, A. Petraru, I. P. Krug and C. M. Schneider, J. Appl. Phys. 113, 187217 (2013).
