

Spécialité : PHYSIQUE / Physique de la matière condensée

[Laboratoire : IRAMIS/SPEC/LENSIS](#)

## Imagerie et contrôle des parois de domaines polaires dans les matériaux ferroélastiques pour les densités de stockage élevées

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:

Les matériaux ferroélastiques peuvent contenir une très forte densité de parois de domaines polaires, ce qui pourrait permettre de les utiliser comme unité de mémoire nanométrique et robuste. L'objectif du stage est d'étudier la composition chimique locale au voisinage des parois de domaine et l'écrantage de la polarisation par injection d'électrons ou la présence de défauts, tels que des lacunes d'oxygène.

### Sujet :

#### Contexte

La miniaturisation des dispositifs de mémoire pour les densités de stockage très élevées à basse consommation d'énergie est un défi majeur pour une électronique post-CMOS afin d'implémenter de nouvelles fonctionnalités. L'ingénierie des parois de domaines (DWs ou « domain walls ») dans les matériaux ferroïques est une voie où la DW plutôt que le volume du matériau devient l'élément actif. Les verrous sont alors de pouvoir prédire et contrôler cette fonctionnalité nanométrique de la DW [1]. Les DWs sont des régions de transition dans lesquels les changements dans les paramètres d'ordre en allant d'un domaine à l'autre donnent lieu à des effets importants de gradients. Les matériaux ferroélastiques peuvent accommoder une très haute densité de parois [2] avec des moments dipolaires dans la paroi parallèles ou antiparallèles [3] au chevron. Ils peuvent servir de dispositifs fonctionnels robustes comme des mémoires.

Le  $\text{CaTiO}_3$  est le matériau ferroélastique non-polaire prototypique avec des parois polaires.

#### Objectifs

Le contrôle de la polarité des parois les rendrait adaptées pour le stockage de l'information à haute densité. L'objectif du stage est d'étudier la chimie locale au voisinage de la DW et l'écrantage de la polarité de la DW par les porteurs de charge libres (injection d'électrons) et par des défauts tels que les lacunes d'oxygène.

Le stage se déroulera au SPEC (UMR CEA/CNRS) de l'institut IRAMIS au CEA-Saclay en collaboration avec Raphael Haumont (ICMMO, Université Paris Saclay). L'élaboration contrôlée de cristaux avec des configurations de domaines ferroïques et piézoélectriques différentes en fonction du champ électrique appliqué pendant la croissance fournira une gamme de densités de parois, d'orientations et de polarités. L'étudiant utilisera la microscopie d'électrons à basse énergie (LEEM) et la microscopie à émission des photoélectrons (PEEM) pour caractériser les DWs [4]. Le sujet nécessite une bonne base en physique de l'état condensé et une aptitude pour le travail expérimental en équipe.

# Imaging and control of polar domain walls in ferroelastic materials for high density storage media

## Abstract:

Ferroelastic materials can contain a very high density of polar domain walls and could serve as robust, nanoscale memory cells. The aim of the internship is to study the local chemistry in the vicinity of the domain wall and the polarity screening by electron injection and defects such as oxygen vacancies.

## Subject :

### Context

Downscaling of memory devices for ultra-high storage densities and low power consumption is a major challenge for post-CMOS electronics in order to implement new functionalities. Domain wall (DW) 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]. DWs are transition regions where the changes of the order parameter from one domain to another result in strong gradient effects. Ferroelastic materials can contain a very high density of polar DWs [2] with dipole moments in the wall aligned parallel or antiparallel [3] to the apex and therefore serve as robust, nanoscale functional devices such as memory cells. CaTiO<sub>3</sub> is the prototypical non-polar ferroelastic showing DW polarity.

### Objectives

Control of the wall polarity would make them suitable for high density information storage. The aim of the internship is to study the local chemistry in the vicinity of the DW and the screening of DW polarity by free charge carriers (injected electrons) and defects such as oxygen vacancies.

The internship work will be carried out at SPEC (UMR CEA/CNRS) of the IRAMIS institute in the CEA-Saclay in collaboration with Raphael Haumont (ICMMO, Université Paris Saclay). The controlled elaboration of crystals, exhibiting different ferro/piezo-domains configurations, as a function of applied electric field during growth will provide a range of DW densities, orientations and polarity. The student will use low energy electron microscopy (LEEM) and photoelectron emission microscopy (PEEM) to characterize the DW arrays [4]. The subject requires a good grounding in solid state physics and a desire for experimental teamwork.

Figure (left) Orientation and hence DW density in single crystal CaTiO<sub>3</sub> controlled by in-situ electric field during growth. (centre) Octahedral tilts in CaTiO<sub>3</sub> on either side of a ferroelastic DW. (right) low energy electron image of DWs, R and V indicate ridges and valleys. Dark (light) contrast indicates positive (negative) polarity.

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

[2] H. Poettker and E.K.H. Salje, *J. Phys.: Condens. Matt.* 26, 342201 (2014)

[3] T. Zykova-Timan & E.K.H. Salje, *Appl. Phys. Lett.* 104, 082907 (2014)

[4] N. Barrett et al. *J. Appl. Phys.* 113, 187203 (2013)

---