



## Etude de microstructures de composites multiferroïques artificiels $\text{MFe}_2\text{O}_4/\text{BaTiO}_3$ ( $\text{M}=\text{Co}, \text{Ni}, \text{Mn}$ )

**Spécialité** Physique des matériaux

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/LNO](#)

**Candidature avant le** 01/04/2019

**Durée** 4 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [BARBIER Antoine](#)  
+33 1 69 08 39 23  
[antoine.barbier@cea.fr](mailto:antoine.barbier@cea.fr)

### Résumé

L'objectif de ce stage est d'étudier des inclusions de ferrite ( $\text{MFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{M}=\text{Co}, \text{Ni}, \text{Mn}$ ) ferrimagnétique dans une matrice ferroélectrique de  $\text{BaTiO}_3$ . Nous nous appuierons sur l'expertise acquise ces dernières années au laboratoire CEA/SPEC dans la réalisation par épitaxie par jets moléculaires de couches minces de ces composés. L'étude sera réalisée par des méthodes de pointe accessibles en rayonnement synchrotron à synchrotron-SOLEIL.

### Sujet détaillé

Le couplage magnéto-électrique entre des oxydes ferroélectriques et ferro-, ferri ou antiferro- magnétiques suscite un vif intérêt dans le domaine des applications liées à la spintronique et à la conversion d'énergie. La maîtrise de ce type d'oxydes sous forme de nanostructures encapsulées est aujourd'hui particulièrement intéressante. Dans ces systèmes il y a une forte interdépendance des paramètres magnétiques, ferroélectriques et structuraux. Une étude pertinente doit donc aborder l'ensemble de ces aspects.

Le  $\text{BaTiO}_3$  est l'un des matériaux ferroélectriques de référence et appartient à la famille des oxydes de structure pérovskite. Les ferrites ont de nombreux atouts comme des températures de Curie élevées et une excellente stabilité chimique. L'inclusion de microstructures de ferrites dans un film de  $\text{BaTiO}_3$  est un système très bien adapté à la compréhension des mécanismes sous-tendant les propriétés multiferroïques.

La croissance en films minces de ces matériaux est déjà maîtrisée au laboratoire CEA/SPEC. Les dépôts sont réalisés par épitaxie par jets moléculaires assistée par plasma d'oxygène atomique. Dans le cadre du stage proposé une initiation aux techniques de dépôts ultra-vide autour de ces matériaux sera considérée. Les échantillons de ferrite encapsulés seront étudiés ensuite sur les lignes de lumière DIFFABS, DEIMOS et HERMES du synchrotron SOLEIL pour déterminer les propriétés cristallines, la cartographie chimique ainsi que l'ordre magnétique et ferroélectrique.

Les couches élaborées durant ce stage s'inscrivent dans le cadre de recherches à long terme. Ce sujet pourra être prolongé par une thèse. Le stage, tout comme le sujet de thèse pourront donner lieu à un co-encadrement. L'étudiant(e) sera administrativement rattaché au synchrotron-SOLEIL et sera associé au laboratoire CEA/SPEC.

---

Contacts : MOCUTA Cristian, +33 1 69 35 81 20, mocuta@synchrotron-soleil.fr; OHRESSER Philippe, +33 1 69 35 96 82, philippe.ohresser@synchrotron-soleil.fr; BARBIER Antoine, +33 1 69 08 39 23, antoine.barbier@cea.fr

### **Mots clés**

Oxydes, multiferroïque, épitaxie par jets moléculaires, synchrotron

### **Compétences**

Le (la) candidat(e) abordera les techniques d'ultra-vide associées à la croissance par épitaxie par jets moléculaires ainsi qu'une première approche d'études menées sur grands instruments. On utilisera la diffraction des électrons rapides (RHEED), la spectroscopie d'électrons Auger (AES), la photoémission des niveaux de cœur (XPS), la microscopie en champ proche (PFM), la microscopie électronique de basse énergie (LEEM), la diffraction des rayons X sur la ligne DIFFABS et éventuellement la spectroscopie d'absorption des rayons X (XAS) et la spectro-microscopie X-PEEM au synchrotron SOLEIL sur les lignes DEIMOS et HERMES.

### **Logiciels**

---

## Study of artificial multiferroic composites MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/BaTiO<sub>3</sub> (M=Co, Ni, Mn)

### Summary

The objective of the internship is to study ferrimagnetic ferrite inclusions (MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, M=Co, Ni, Mn) in a ferroelectric BaTiO<sub>3</sub> matrix. The realization of the samples will benefit from the expertise gained in recent years, in the CEA/SPEC laboratory, in growing thin films of such compounds by molecular beam epitaxy. The study will be realized by advanced methods using synchrotron radiation at synchrotron-SOLEIL.

### Full description

The magneto-electric coupling between ferroelectric and ferro, ferri or antiferro-magnetic oxides is nowadays of high interest in the field of spintronics and energy conversion. Mastering this type of oxide nanostructures in the form of embedded microstructures is particularly relevant today. In such systems there is a strong interdependence between the magnetic, ferroelectric and structural parameters. A relevant study must address all of these aspects.

The BaTiO<sub>3</sub> is an archetypical ferroelectric material that belongs to the family of ferroelectric oxides with a perovskite structure. Ferrites have many advantages like high Curie temperature and high chemical stability. The inclusion of ferrites microstructures in a BaTiO<sub>3</sub> film is a very suitable system for understanding the mechanisms underlying the multiferroic properties.

The growth of thin films of these materials is already mastered in the CEA/SPEC laboratory. The deposits are realized by molecular beam epitaxy assisted by atomic oxygen plasma. Within the internship ultra-high vacuum growth techniques will also be used. The encapsulated ferrite samples will be studied on beamlines DIFFABS, DEIMOS and HERMES at synchrotron SOLEIL to access to the crystalline properties, chemical mapping as well as the magnetic and ferroelectric orders.

The developed of such layers during this internship is part of a long-term research program. This topic may be extended by a thesis work. The internship as well as the PhD may lead to a co-management between the CEA / SPEC laboratory and synchrotron SOLEIL beamlines. The intern will administratively depend on synchrotron SOLEIL and associated with the CEA/SPEC laboratory.

Contacts : MOCUTA Cristian, +33 1 69 35 81 20, mocuta@synchrotron-soleil.fr; OHRESSER Philippe, +33 1 69 35 96 82, philippe.ohresser@synchrotron-soleil.fr; BARBIER Antoine, +33 1 69 08 39 23, antoine.barbier@cea.fr

### Keywords

Oxides, multiferroic, molecular beam epitaxy, synchrotron

### Skills

The candidate will address the UHV techniques associated with the growth by molecular beam epitaxy and a first approach of studies conducted on large instruments. The techniques that will be used are Reflexion High Energy Electron Diffraction (RHEED), Auger Electron Spectroscopy (AES), Photoemission core level spectroscopy (XPS), Piezo Force Microscopy (PFM), Low Energy Electron microscopy (LEEM), X-ray diffraction on the DIFFABS beamline and eventually X-ray absorption spectroscopy (XAS) and X-PEEM spectro-microscopy on the DEIMOS and HERMES beamlines of synchrotron SOLEIL.

### Softwares