



Films minces épitaxiés d'oxynitrures multiferroïques multifonctionnels

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/LNO](#)

Candidature avant le 01/05/2024

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [BARBIER Antoine](#)

+33 1 69 08 39 23

antoine.barbier@cea.fr

Résumé

L'objectif de ce stage est d'élaborer des couches minces épitaxiées multiferroïques d'oxynitrures ferrite/pérovskite ($\text{CoFe}_2(\text{OxN}_{1-x})_4/\text{N}:\text{BaTiO}_3$) par épitaxie par jets moléculaires assistée de plasmas azote et oxygène atomiques : un nouveau matériau magnéto-électrique hybride. On procédera par dopage de films minces dont les conditions de croissance sont déjà maîtrisées au laboratoire CEA/SPEC. On étudiera la structure cristalline ainsi que les propriétés ferroélectriques et magnétiques.

Sujet détaillé

La transition énergétique et les technologies de communication modernes requièrent le développement de nouveaux matériaux dédiés, en particulier, à la production d'énergie propre et/ou permettant des économies d'énergie et de matériaux dans les systèmes électroniques. Dans ce cadre, les oxynitrures constituent une classe de matériaux pertinents. Parmi ceux-ci, les composés hybrides ferroélectriques et ferromagnétiques sont particulièrement bien adaptés pour réaliser des capteurs multifonctionnels. On s'attend à de nouvelles propriétés de transport induites par le dopage par l'azote. La réalisation de films minces monocristallins hybrides d'oxynitrures est cependant délicate et a été peu étudiée à ce jour.

Nous allons explorer la possibilité de moduler les propriétés de couches minces magnétoélectriques laminaires de ferrites de cobalt dopés N ($\text{CoFe}_2(\text{OxN}_{1-x})_4$, ferrimagnétique) déposées sur du titanate de Baryum dopé azote ($\text{N}:\text{BaTiO}_3$, ferroélectrique) dont nous maîtrisons déjà la croissance par l'adjonction d'un plasma azote durant la croissance. On étudiera l'influence du dopage azote sur les propriétés électroniques, magnétiques et ferroélectriques en fonction de l'épaisseur des couches et des paramètres de croissance. Des données de dichroïsme magnétiques, pour certaines situations, existent déjà et seront exploitées en détail.

Autres chercheurs potentiellement impliqués : Jean-Baptiste Moussy, Pâmella Vasconcelos (DES/ISAS/DRMP/S2CM/LM2T) et Sylvia Matzen (C2N)

Mots clés

Oxynitrures, épitaxie par jets moléculaires, ferroélectricité, ferrimagnétisme, synchrotron, lithographie

Compétences

Le (la) candidat(e) abordera les techniques d'ultra-vide associées à la croissance par épitaxie par jets moléculaires assistée par plasma d'oxygène et azote. On utilisera la diffraction des électrons rapides (RHEED), la spectroscopie d'électrons Auger (AES), la photoémission des niveaux de coeur (XPS), la microscopie en champ proche (PFM), les mesures magnétiques (VSM), la lithographie et les mesures ferroélectriques et la diffraction des rayons X. La modélisation fine de la structure électronique sera abordée pour l'interprétation des données de spectroscopie.

Logiciels

Epitaxial multifunctional multiferroic oxynitride thin films

Summary

The objective of the internship is to grow epitaxial thin multiferroic ferrite/perovskite ($\text{CoFe}_2(\text{OxN}_{1-x})_4/\text{N}:\text{BaTiO}_3$) oxynitride films by oxygen and nitrogen plasma assisted molecular beam epitaxy: a potentially new magnetoelectric material. We will proceed by nitrogen doping of oxide films for which the growth conditions are already mastered in the CEA/SPEC laboratory. The crystalline structure as well as the magnetic and ferroelectric properties will be studied.

Full description

Novel materials are required within the energy transition and modern communication technologies frameworks, in particular to produce clean energy and/or reduce electronic device consumption and overall materials usage. Within this context oxynitrides are a relevant class of materials. The magnetoelectric ones are very well suited to realize novel multifunctional sensors. Doping by charge carriers makes it possible to envisage new transport properties. The production of hybrid single crystalline thin oxynitride films is however challenging and has been little studied to date. We will explore the possibility of modulating the properties of thin laminar oxide magnetoelectric films of N doped cobalt ferrite ($\text{CoFe}_2(\text{OxN}_{1-x})_4$, ferromagnetic) deposited on nitrogen doped barium titanate ($\text{N}:\text{BaTiO}_3$, ferroelectric). Their growth conditions are already mastered and we will proceed by the addition of nitrogen plasma during growth. We will study the influence of the N doping on the electronic, magnetic and ferroelectric properties with respect to film thickness and growth conditions. Already existing magnetic dichroism data, for some situations, will be investigated in details.

Other researchers potentially involved : Jean-Baptiste Moussy et Pâmella Vasconcelos (DES/ISAS/DRMP/S2CM/LM2T), Sylvia Matzen (C2N)

Keywords

Oxynitrides, molecular beam epitaxy, ferroélectricité, ferrimagnétisme, synchrotron, lithography

Skills

The candidate will address the UHV techniques associated with the growth by molecular beam epitaxy. 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), magnetic measurements (VSM), lithography and ferroelectric measurements and X-ray diffraction. Electronic structure modeling will be used for the interpretation of spectroscopic data.

Softwares