Université de Strasbourg

CHENYUE HU

École doctorale Physique, chimie-physique ED 182 Université de Strasbourg

Tuning the Ferroelectric Properties in Low-Bandgap Double Perovskite Oxides for Optoelectronic Devices

Résumé

Les matériaux multiferroïques à faible bande interdite sont rares. Cependant, l'association des propriétés ferroélectriques, magnétiques et optiques au sein d'un même matériau permettrait le développement de dispositifs multifonctionnels avancés, tels que des mémoires, des capteurs et des composants optoélectroniques opérant dans le visible. Suite à une prédiction théorique, la double pérovskite Bi_2FeCrO_6 (BFCO) a démontré des propriétés ferroélectriques robustes à température ambiante. Le point clé du BFCO réside dans l'ordre Fe-Cr, responsable de sa forte aimantation (160 emu/cm^3) et sa faible bande interdite (1,5 eV), permettant l'absorption dans tout le spectre visible. Cette thèse vise à étudier les couches minces de BFCO déposées par ablation laser pulsé (PLD), en se concentrant sur leur ordre Fe-Cr, les lacunes de Bi, et leurs propriétés ferroélectriques. La microscopie électronique en transmission a mis en évidence l'ordre Fe-Cr dans les films BFCO(111) et a révélé une coexistence de phases polymorphes induite par la contrainte dans BFCO(001). La modulation des lacunes de Bi par une variation de la température de dépôt a montré l'impact des défauts sur les propriétés ferroelectriques et de transport des films de BFCO. Les propriétés ferroélectriques peuvent également être modulées par des facteurs externes lorsque les couches de BFCO sont intégrées dans des hétérostructures. Notamment la fonction de travail du substrat peut constituer un facteur clé pour le contrôler l'imprint dans un film ferroélectrique. De la compréhension de la microstructure à l'étude des performances macroscopiques, cette étude a ouvert la voie à de nouvelles perspectives de contrôle des propriétés des matériaux ferroélectriques pour une meilleure intégration dans des dispositifs optoélectroniques.

Mots-clés: ferroélectricité, Bi_2FeCrO_6, optoéléctronique, microstructure, défauts, imprint

Résumé en anglais

Low-bandgap multiferroic materials are scarce, yet combining ferroelectric, magnetic and optical properties within one single material enables the development of advanced multifuncitonal devices, such as memories, sensors, and optoelectronic devices operating in the visible range. Following theoretical predictions, the Bi_2FeCrO_6 (BFCO) double perovskite demonstrated robust ferroelectric properties at room temperature. The key parameter of BFCO is the Fe-Cr order, which is responsible for the enhanced net magnetization (160 emu/cm^3) and the reduced optical bandgap (1.5 eV) allowing light absorption over the entire visible range. This PhD thesis investigates the BFCO thin films deposited by pulsed layer deposition (PLD), focusing on their Fe-Cr ordering, Bi vacancies, and ferroelectric properties. The transmission electron microscopy evidenced the Fe-Cr order in BFCO(111) films, and proved the strain-driven polymorphic phase coexistence in BFCO(001). The modulation of Bi vacancies by changing the deposition temperature showed the impact of the defects on the ferroelectric and transport properties of BFCO films. The ferroelectric properties can also be tuned by suitably designing the heteorstructure integrating BFCO films. Particularly, we were able to show that the work function of the substrate is a key factor for the control of imprint value in a ferroelectric film. From the understanding of microstructure to the investigation of macroscopic performance, this study paved the way for the tuning of properties in ferroelectric materials for a better integration in optoelectronic devices.

Keywords: ferroelectricity, Bi_2FeCrO_6, optoelectronic, microstructure, defects, imprint