COLLEGE DOCTORAL PAYS DE LA LOIRE
ED MATIERE, MOLECULES, MATERIAUX & GEOSCIENCES

Nantes Université

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 596
Matière, Molécules, Matériaux et Géosciences
Spécialité : Sciences des Matériaux

Par

Oumar TOURE

Elaboration par pulvérisation cathodique réactive de couches minces de structure pérovskite pour microdispositifs de stockage électrochimique de puissance

Perovskite-based thin films deposited by reactive magnetron sputtering for high power electrochemical energy storage microdevices

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 10 Novembre 2026
Unité de recherche : Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel (IMN)

Rapporteurs avant soutenance :

Fatiha CHALLALI	Maîtresse de Conférences - HDR	Sorbonne Paris Nord - LSPM
Frédéric LE CRAS	Directeur de Recherche CEA Liten	Université de Bordeaux - ICMCB

Composition du Jury :

Président :	Prénom Nom	*à préciser après la soutenance*	
Examinateurs :	Antonella IADECOLA	Ingénieur de Recherche – HDR	Sorbonne Université - PHENIX
	Patrick LAFFEZ	Professeur des Universités	Université de Tours - GREMAN
	Aline ROUGIER	Directrice de recherche CNRS	Université de Bordeaux - ICMCB

Dir. de thèse :	Marie-Paule BESLAND	Directrice de Recherche CNRS	Nantes Université - IMN
Co-dir. de thèse :	Thierry BROUSSE	Professeur des Universités	Nantes Université - IMN
Co-encadrant :	Jérémy BARBE	Maitre de Conférences	Nantes Université - IMN

COLLEGE DOCTORAL PAYS DE LA LOIRE
ED MATIERE, MOLECULES, MATERIAUX & GEOSCIENCES

Nantes Université

Titre : Elaboration par pulvérisation cathodique réactive de couches minces de structure pérovskite pour les microdispositifs de stockage électrochimique de puissance

Mots clés : Matériau Perovskite, Couche mince, Pulvérisation magnétron, stockage de l'énergie, électrochimie, Batterie Lithium Ion

Résumé : Le développement de l'Internet des objets (IoT) amène un besoin croissant de microdispositifs de stockage et d'alimentation localisée en énergie électrique. Les oxydes de structure pérovskite, de formule générique (ABO_3) suscitent un intérêt croissant en tant que matériaux d'anode pour les micro-batteries Li-ion à haute puissance. Nous proposons une nouvelle stratégie pour élaborer des couches minces de pérovskite La_xNbO_3 et La_xTiO_3 par co-pulvérisation, en substituant partiellement le lanthane sur le site A par des lacunes. L'objectif est d'avoir une alternative aux matériaux d'anode habituellement utilisés pour les micro-batteries, que sont le lithium et $Li_4Ti_5O_{12}$. La création de canaux de lacunes au sein de la couche de pérovskite vise à permettre l'insertion du lithium ainsi qu'une diffusion ionique rapide au sein du matériau.

Dans ce doctorat, les couches minces de pérovskite ont été élaborées par co-pulvérisation magnétron réactive à partir de cibles de Lanthane et Niobium ou Lanthane et Titane. La cristallisation des couches minces est obtenue lors d'un recuit post-dépôt à haute température (T ≥ 1000 °C). Plusieurs techniques ont été utilisées pour caractériser les propriétés structurales et chimiques des couches minces (DRX, MEB, TEM, EDS, XPS, XAS), ainsi que les propriétés électrochimiques par voltampérométrie cyclique et cyclage galvanostatique. Des caractérisations de XAS et DRX operando ont également été développées afin d'avoir une meilleure compréhension des mécanismes de stockage dans ces matériaux.

Title : Perovskite-based thin films deposited by reactive magnetron sputtering for high power electrochemical energy storage microdevices

Keywords : Perovskite materials, Thin films, magnetron sputtering, energy storage, electrochemistry, Li-ion battery

Abstract : The development of the Internet of Things (IoT) is driving a growing need for electrical energy storage micro-devices. Perovskite-based oxides, of general formula ABO_3, are attracting increasing interest as anode materials for high-power Li-ion micro-batteries. In this work, we investigate a novel strategy for fabricating La_xNbO_3 and La_xTiO_3 perovskite thin films by co-sputtering, based on the partial substitution of lanthanum at the A-site with vacancies. The aim is to provide an alternative to standard anode materials such as lithium and $Li_4Ti_5O_{12}$, used in microdevices. Creating vacancy channels within the perovskite layer is intended to facilitate lithium insertion and enable rapid ionic diffusion within the material.

To achieve this, the perovskite thin films were produced using reactive magnetron co-sputtering from Lanthanum/Niobium or Lanthanum/Titanium targets. Crystallization of the thin films was induced through high-temperature (T ≥ 1000°C) post-deposition annealing. Several techniques were used to characterize the structural and chemical properties (XRD, SEM, TEM, EDS, XPS, XAS) of the films, as well as the electrochemical properties by cyclic voltammetry and galvanostatic cycling. Operando XAS and XRD characterizations were also developed in order to gain a better understanding of the storage mechanisms in these materials.