Avis de Soutenance

Monsieur Mohamed Oussama BOUNAB

Electronique, Micro et Nanoélectronique, optique et laser

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés
Epitaxie par jets moléculaires de couches minces à base d'oyxdes et contrôle in-situ de leurs propriétés fonctionnelles par des mesures en temps réel
Travaux dirigés par Monsieur Guillaume SAINT-GIRONS

Soutenance prévue le ***mercredi 18 novembre 2026*** à 14h00
Lieu : Ecole Centrale de Lyon, 36 Av. Guy de Collongue, 69134 Écully Cédex
Salle : amphi 203

Composition du jury proposé

M. Guillaume SAINT-GIRONS	Directeur de recherche	Institut des Nanotechnologies de Lyon	Directeur de thèse
M. Grégory ABADIAS	Professeur	Université de Poitiers	Rapporteur
Mme Ulrike Anne LÜDERS	Directrice de recherche	Laboratoire de Cristallographie et Sciences des Matériaux Caen	Rapporteure
Mme Nathalie LEMÉE	Professeure	Université de Picardie Jules Verne	Examinatrice
M. Alexandre ARNOULT	Ingénieur docteur	Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes Toulouse	Examinateur
Mme Clarisse FURGEAUD	Chargée de recherche	Institut des Nanotechnologies de Lyon	Co-encadrante de thèse

Mots-clés : Épitaxie par jet moléculaire, oxydes fonctionnels, métamatériaux optiques, caractérisations in situ en temps réel

Résumé :

Les couches minces d'oxydes épitaxiés, en particulier celles présentant une structure pérovskite, offrent un fort potentiel pour diverses applications. Leur flexibilité chimique et structurelle permet de contrôler finement leurs propriétés fonctionnelles telles que la ferroélectricité, la piézoélectricité, le magnétisme, la thermoélectricité et de fortes non linéarités optiques. Exploiter pleinement le potentiel de ces matériaux nécessite un contrôle de leur croissance à l'échelle atomique, à cet égard, l'épitaxie par jets moléculaires (MBE) constitue une technique particulièrement adaptée. Dans ce contexte, mon projet de thèse poursuit un double objectif : mettre en œuvre un contrôle en temps réel de la croissance d'oxydes par MBE grâce au couplage innovant d'instruments de suivi in situ, et utiliser ce dispositif pour élaborer des hétérostructures complexes à base de pérovskites dont les propriétés fonctionnelles sont contrôlées in situ. Le système de suivi in situ et en temps réel que nous avons développé combine la mesure optique des flux, la mesure de courbure, l'ellipsométrie spectroscopique et la diffraction d'électrons de haute énergie en incidence rasante. À terme, ce système de contrôle intégré vise à optimiser les propriétés physiques des structures épitaxiées directement lors de la croissance, offrant ainsi une approche plus efficace que les stratégies traditionnelles par essais et erreurs fondées sur une caractérisation ex situ. Outre le développement du système de suivi in situ de la MBE, cette thèse présente trois études de cas. La première porte sur le contrôle in situ de la croissance de titanate de strontium (STO) sur des substrats de silicium et d'arséniure de gallium, afin d'élaborer des couches tampons optimales pour l'intégration d'oxydes sur semiconducteurs. La seconde concerne le contrôle in situ de la croissance de couches minces de type Ruddlesden-Popper à base de STO. La troisième porte sur le contrôle in situ de la croissance de titanate de baryum, avec pour objectif l'optimisation des propriétés ferroélectriques de ces couches minces.

Summary:

Epitaxial oxide thin films, particularly those with the perovskite structure, have strong potential for various applications. Their chemical and structural flexibility enables exceptional tunability of functional properties such as ferroelectricity, piezoelectricity, magnetism, thermoelectricity, and large optical non-linearities. Realizing the full potential of these materials requires atomic-scale control of their growth, and to achieve this, molecular beam epitaxy (MBE) is a particularly suitable technique. In this context, the purpose of my PhD project is twofold: to achieve automatic and real-time control of MBE oxide growth by developing an innovative coupling of in-situ monitoring instruments, and to use it to grow perovskite-based complex heterostructures with functional properties controlled in-situ. The in-situ and real time monitoring system we are developing combines optical flux measurement, curvature measurement, ellipsometry, and reflection high-energy electron diffraction. Ultimately, this integrated control system aims to optimize the physical properties of epitaxially grown structures directly during synthesis, offering a more effective approach than traditional "trial-and-error" strategies based on post-growth characterization. In this thesis, in addition to presenting the development of the in-situ MBE monitoring system, we discuss three case studies. The first addresses the in situ control of the growth of strontium titanate (STO) on silicon and gallium arsenide substrates, to elaborate optimal templates for oxides integration on semiconductors. The second one concerns the in-situ control of the MBE growth of STO-based Ruddlesden–Popper thin films. The third one involves the in-situ control of MBE growth of barium titanate, aimed at optimizing its ferroelectric properties.