



Soutenance de thèse

Lundi 21 novembre
14h00
Amphithéâtre

«Étude du polymorphisme de VO₂ pour des applications en microélectronique et radiofréquences»

Laura DIEBOLD

Jury members :

Mme Corinne Champeaux, Professeure, Université de Limoges, Institut de Recherche sur les Céramiques, France, Rapportrice & Examinatrice
M. Mircea Gabriel Modreanu, Professor, Tyndall National Institute, University College Cork, Irlande, Rapporteur & Examineur
Mme Aline Rougier, Directrice de recherche, CNRS, Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux, France, Examinatrice
M. Brahim Dkhil, Maître de conférences, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay, France, Examineur
M. Pascal Aubert, Professeur, Université Paris-Saclay, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies, France, Directeur de thèse
M. Thomas Maroutian, Chargé de recherche, CNRS, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies, France, Co-encadrant de thèse
Mme Olga Ishchenko, Responsable R&D, TE-OX, France, Co-encadrante de thèse

Abstract :

Dans l'industrie des communications, des efforts permanents sont déployés afin d'améliorer les performances des dispositifs et d'augmenter la vitesse d'échange de données. Historiquement, les composants utilisés en télécommunication reposent sur les matériaux semiconducteurs. En complément, les matériaux à changement de phase offrent des propriétés attrayantes pour de nouveaux dispositifs électroniques. La société TE-OX® a concentré son activité dans le domaine des radiofréquences (RF) sur le dioxyde de vanadium (VO₂) qui a démontré un comportement prometteur pour la fabrication de composants ultrarapides et fiables. Il s'agit en particulier d'exploiter la transition métal-isolant du VO₂ qui a lieu proche de la température ambiante. Bien que le VO₂ soit un simple oxyde binaire, son appartenance à un diagramme de phase complexe où coexistent de nombreuses phases à stœchiométrie mixte rend difficile la fabrication de ce matériau. L'obtention de VO₂ de haute qualité nécessite à la fois une maîtrise de la méthode de croissance et une bonne compréhension des mécanismes conduisant à la formation et à la stabilisation de cet oxyde.

Dans ce travail, la pulvérisation cathodique radiofréquence à effet magnétron et la synthèse hydrothermale ont été utilisées pour explorer les phases polymorphes de VO_2 , en particulier les phases monocliniques M1 et B. Les analyses structurales réalisées principalement par diffraction des rayons X ont mis en évidence que les déformations dans le VO_2 développées lors de sa croissance étaient un élément clé de la stabilisation des polymorphes, et qu'elles pouvaient affecter la transition entre les phases M1 et rutile (R). En modifiant l'orientation et la nature du substrat (saphir Al_2O_3 , titanate de strontium SrTiO_3) pour la croissance de films minces par épitaxie, nous mettons en évidence que la phase stabilisée est différente et que le mode de croissance des oxydes est modifié. Dans le cas de la croissance sur substrats d' Al_2O_3 -c et -r, le fort désaccord de maille entraîne la croissance de VO_2 (M1) avec relaxation des contraintes induites par l'épitaxie et formation de multiples variants cristallographiques. Les études des transitions structurale, électrique et optique ont montré que la déformation de compression suivant l'axe $c\text{VO}_2$ (R) (= $a\text{VO}_2$ (M1)) conduit à une diminution de la température de la transition métal-isolant. Afin d'approfondir nos recherches sur les effets des contraintes lors de l'élaboration des couches minces, nous avons étudié la croissance des films de VO_2 sur substrat SrTiO_3 . Les caractérisations physico-chimiques réalisées montrent que les phases B et M1 peuvent coexister au sein d'une même couche sur ce substrat. Les travaux menés par synthèse hydrothermale sur le VO_2 (B) mettent en évidence la faible stabilité des nanopoudres sous atmosphère contrôlée. Le dépôt en film mince sur substrat de SrTiO_3 stabilise donc ce polymorphe et limite sa réoxydation.

La société TE-OX vise à exploiter l'expertise sur les couches minces de VO_2 acquise lors de cette thèse afin de développer des commutateurs RF activés optiquement. Des dispositifs de test ont ainsi été élaborés et caractérisés dans le cadre de la thèse, afin démontrer leurs commutations de comparer leurs performances RF aux technologies déjà existantes sur le marché. Les caractéristiques RF mesurées démontrent la faisabilité des commutateurs à base de VO_2 avec des paramètres fonctionnels très performants. Les tests d'activation optique ont démontré que le faisceau devait être suffisamment focalisé et intense pour faire transiter le VO_2 . L'activation en moins de 10 ps mesurée avec un laser femtoseconde reste toutefois encourageante pour les prochaines générations de commutateur RF.