HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on the Epitaxial Strain Effects on Optoelectronic Properties of Functional Oxides with Rutile Structure [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	陳, 斌杰
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15542号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89795
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Binjie_Chen_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　陳　斌杰

審査担当者　主　査　教　授　本久 順一
副　査　教　授　葛西 誠也
副　査　教　授　島田 敏宏　（大学院工学研究院）

学位論文題名

Study on the Epitaxial Strain Effects on Optoelectronic Properties of Functional Oxides with Rutile Structure
（ルチル構造を有する機能性酸化物の光電子特性に及ぼすエピタキシャル歪の効果に関する研究）

ルチル型構造を有する酸化物は、光触媒活性、センサー特性、透明導電性などの多様な光電子物性を示す。例えば、TiO_2 に紫外線を照射することで生成する電子及び正孔は水を分解する。電子ドープ SnO_2 は、光学バンドギャップが大きく、キャリア有効質量が小さいため、透明導電性酸化物として古くから知られている。VO_2 は、68 °C で単斜晶からルチル構造への結晶構造相転移を起こす物質として知られている。単斜晶 VO_2 は、赤外線を透過する絶縁体だが、ルチル型 VO_2 は赤外線を透過しない金属であり (絶縁体-金属転移、以下 IMT と略す)、サーモクロミック材料として期待されている。

光電子物性を変化させる方法について、VO_2 を例にして説明する。[1] V^{4+} よりも高価数イオン (Nb^{5+}、W^{6+} など) をドープする、[2] 電界印加によって電子を蓄積させる、[3] 格子歪を導入するなどの方法により、ルチル型構造を 68 °C よりも低温で安定化させることができる。2002 年、Muraoka と Hiroi は、(001) TiO_2 単結晶上に VO_2 薄膜をエピタキシャル成長させると、IMT 温度が室温付近に低温化することを見出した。しかし、TiO_2 単結晶の使用は以下の点で実用化に不向きである。[1] ベルヌーイ (火炎溶融) 法では大型の単結晶を育成することができない、[2] 臨界膜厚が薄く、実用化に必要な膜厚にすると IMT 温度が上昇する。

本研究では、大型単結晶が市販されている M 面 Al_2O_3(サファイア) 単結晶を基板として選択した。M 面サファイア基板とルチル型 (001) VO_2、(001) TiO_2 および (001) SnO_2 のエピタキシャル関係を考えると、薄膜面内に異方的な格子歪が導入できるからである。まず、M 面サファイア基板上に VO_2/TiO_2 二重層を作製することにより IMT 温度を大幅に低温化し、次いで格子歪の緩和を抑制する方法を検討した。また、VO_2、TiO_2、および SnO_2 薄膜の光電子物性に及ぼす斜方歪導入の影響を系統的に研究した。この論文は、以下の 6 章で構成されている。

第 1 章では、研究背景ならびに目的について述べている。

第 2 章では、M 面サファイア基板上に成長させた VO_2/TiO_2 二層膜の IMT 挙動に対する歪みの影響を調べ、バルク VO_2 と比較して IMT 温度を大幅に低温化したと述べている。

第 3 章では、TiO_2 単結晶上に成長した VO_2 薄膜の格子歪を緩和させないため、TiO_2 歪補償層を挿入、多層膜化することで、VO_2 薄膜全体が 50 nm と厚くなっても格子歪を維持し、IMT 温度を室温付近に維持できたと述べている。

第 4 章では、M 面サファイア基板上に膜厚を変化させたルチル型 Nb ドープ TiO_2 薄膜を作製し、

膜厚が薄くなると格子歪が大きくなり、キャリア有効質量がアナターゼ型 TiO_2 に近づくと述べている。

第 5 章では、M 面サファイア基板上に膜厚を変化させたルチル型 SnO_2 薄膜を作製し、格子歪が全く導入されないという点で、TiO_2 や VO_2 の光電子物性制御方法とは異なる制御が必要であると述べている。

第 6 章では、学位論文を総括している。

これを要するに、著者は、ルチル構造を有する機能性酸化物の光電子物性に及ぼすエピタキシャル歪効果を系統的に明らかにすることに成功し、ルチル型酸化物の光電子物性制御とそれを利用したデバイス開発に対する貢献大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。