



Title	Structural condensed matter physics study of strongly correlated LaM03(M = Mn, Ni) interfaces
Author(s)	穴田, 壮人
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76599
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名 (穴田 壮人)	
論文題名	Structural condensed matter physics study of strongly correlated LaMO_3 ($M = \text{Mn, Ni}$) interfaces (強相関酸化物 LaMO_3 ($M = \text{Mn, Ni}$) 界面の構造物性研究)
論文内容の要旨	
<p>本論文では、遷移金属酸化物 LaMO_3 ($M = \text{Mn, Ni}$) 界面に現れる特異な物性の起源を、表面X線回折法 (Crystal truncation rod = CTR 散乱法) による構造観測により研究した。</p> <p>第一に、CTR 散乱データを用いた表面・界面構造の解析手法を開発した (第 2 章)。ベイズ推定により構造モデルのパラメータの精度・確度を確率分布として定量評価し、60個以上にも及ぶパラメータの組み合わせの中から、確率の高い構造を効率的に抽出可能にした。この手法により、年単位を要した解析時間を数日単位にまで短縮した。</p> <p>次に、LaNiO_3超薄膜の界面構造の観測を行い、3層膜以下で発現する金属絶縁体転移の起源を構造の観点から述べた (第 3 章)。SrTiO_3基板上に製膜した場合、界面1-3層にかけて、0.1 \AAの格子の膨張が見られた。これは界面の顕著な酸素欠損の存在を示唆する。一方、LaAlO_3基板では、格子形状に膜厚依存性は見られなかったが、薄膜表面近傍で大きな構造の乱れを持つことが分かった。この構造の乱れが伝導電子の散乱を強め、絶縁化を助長していると考えられる。</p> <p>次に、磁性が膜厚依存する LaMnO_3超薄膜の界面構造、及び共鳴CTR散乱データを活用したMn価数の空間分布の観測結果を示した (第 4 章)。2、4層膜では、表面に顕著なc軸長の増大が見られた。これは反強磁性を示す構造に対応している。一方で7、10層膜では、膜の中央部で強磁性に対応する短いc軸長を観測した。共鳴CTR散乱のスペクトル強度の解析により、7、10層膜で界面に2価のMnが局在する結果が得られ、LaMnO_3内部での電荷移動を直接観測することに成功した。</p> <p>第 5 章では、$\text{LaNiO}_3/\text{LaMnO}_3$及び$\text{LaMnO}_3/\text{LaNiO}_3$多層膜の界面構造、及びMn価数の空間分布の解析を行い、その積層順の効果を観測した。また、$\text{LaNiO}_3/\text{LaMnO}_3$では$\text{Mn}^{4+}$が界面に局在しているのに対し、$\text{LaMnO}_3/\text{LaNiO}_3$では$\text{LaMnO}_3$領域に一様に分布していることまで観測できた。</p> <p>最後に本論文の要点をまとめている (第 6 章)。本研究により、構造を起点とした系統的な物性研究を、複雑な界面構造に対しても実現可能であることを示した。特に非侵襲的な方法による価数の空間分布測定は、分光的な手法に対し相補的な情報を与えるものである。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (穴田 壮人)		
論文審査担当者	(職)	氏 名
	主査 教授	鈴木 義茂
	副査 教授	石渡 晋太郎
	副査 教授	藤本 聰
	副査 教授	若林 裕助 (東北大学理学研究科)

論文審査の結果の要旨

本論文では、エピタキシャル界面の構造解析手法の開発と、それを利用した遷移金属酸化物界面の物性解明を報告している。遷移金属酸化物は電子感の相互作用により多彩な物性を示す。それらの界面では、異なる相の電子間に働く相互作用で更に新しい物性が期待され、界面付近での詳細な構造情報を知ることが必要とされてきた。

本研究では、表面X線回折データに対して界面構造を表現するパラメタをベイズ推定で求める解析手法の開発を行った。新規ソフトウェアの性能評価を、過去に報告された界面構造を利用して行い、高い信頼性を確認した。この新規解析法は走査透過電子顕微鏡に比べ一桁高い空間分解能を持ち、従来の表面回折で問題であった解析の困難を大幅に低減した手法であり、界面物性研究に大きな意義を持つ。この新手法をLaNiO₃超薄膜に対して適用し、その結果をもとにLaNiO₃超薄膜の絶縁化の機構を議論した。

遷移金属酸化物の物性理解には、イオンの価数が重要な場合が多い。殊に界面では局所的な電荷移動が物性の起源と思われる例が多数報告されている。界面付近での空間的な価数分布を得るために、Mn K吸収端を利用した共鳴表面X線回折の測定・解析をLaMnO₃超薄膜、及びLaNiO₃/LaMnO₃界面に対して行った。非破壊で深さ方向の価数分布を求める手法は類を見ず、今後の広い応用が期待される。

申請者はこれらの結果を正確に発表した。殊に解析手法の開発の部分に関しては独自性があり、深い理解に基づく手法開発が成されたことが伺われた。以上により、本論文を博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。