

LaAlO₃/SrTiO₃ 界面電子状態の放射光光電子分光による研究Electronic structure at the interface between LaAlO₃/SrTiO₃
studied by synchrotron radiation photoemission spectroscopy東大工¹, JST-CREST²○ 吉松公平¹, 安原隆太郎¹, 組頭広志^{1,2}, 尾嶋正治^{1,2}The University of Tokyo¹, JST-CREST²○ K. Yoshimatsu¹, R. Yasuhara¹, H. Kumigashira^{1,2}, and M. Oshima^{1,2}

1. はじめに 近年、ペロブスカイト酸化物 SrTiO₃/LaAlO₃ ヘテロ界面における high-mobility state の存在が報告され注目を浴びている。この high-mobility state を利用することで、新たな酸化物電界効果トランジスター等のデバイス応用の可能性が期待できる。しかしながら、SrTiO₃ と LaAlO₃ の界面における伝導の起源については、ヘテロ界面における電荷移動による説と、LaAlO₃ 堆積により誘起された SrTiO₃ 側の酸素欠損に起因する説があり、未だにその機構は明らかになっていない。デバイス設計には、high-mobility state の起源を明らかにし、その物性を制御することが必要不可欠である。そこで、本研究では *in-situ* 放射光光電子分光により、LaAlO₃/SrTiO₃ ヘテロ界面の電子状態を明らかにすることで、その起源を解明することを目的とした。

2. 実験方法 レーザー-MBE 法により Nb-SrTiO₃(001) 基板の上に基板温度 700 °C、酸素分圧 10⁻⁵ Torr の条件で、膜厚 20 ML の SrTiO₃ 薄膜を作製し、その上に、LaAlO₃ 薄膜を 0–6 ML 堆積した。膜厚は反射高エネルギー電子回折 (RHEED) 振動をモニターすることで、原子レベルで制御し、膜の表面モフォロジーと結晶性については、原子間力顕微鏡 (AFM) と X 線回折 (XRD) で評価した。

3. 結果と考察 図1(a)にLaAlO₃/SrTiO₃ 薄膜の

価電子帯スペクトルを、また図1(b)にフェルミ準位近傍の拡大図を示す。O 2*p* の形状は、LaAlO₃ 膜厚の増加に伴う系統的な変化が見られるのに対し、フェルミ準位上は変化が全く見られない。図1(b)の実線は、図1(c)のようにLaAlO₃/SrTiO₃ ヘテロ界面の一層のみで、(LaO⁺) 層から TiO₂ 層に単位格子あたり 0.5*e* の電荷移動が起こり、Ti 3*d* バンドに電子がドーピングされた場合のシミュレーション結果である。しかしながら、実験結果では、電荷移動による Ti 3*d* ピークは全く見られない。一方、Ti 2*p* 内殻スペクトルでは、LaAlO₃ 膜厚の増加に伴い、バンドバンドによる高結合エネルギー側へのシフトが見られている。これらの結果は、LaAlO₃/SrTiO₃ ヘテロ界面の high-mobility state の起源は電荷移動ではなく、SrTiO₃ 側に誘起された酸素欠損に起因していることを示している。すなわち、伝導性の起源は LaAlO₃ 堆積により SrTiO₃ 側に酸素欠損が誘起され、その欠損により生じたキャリアがバンドバンドした界面に流れ込むことであると考えられる。

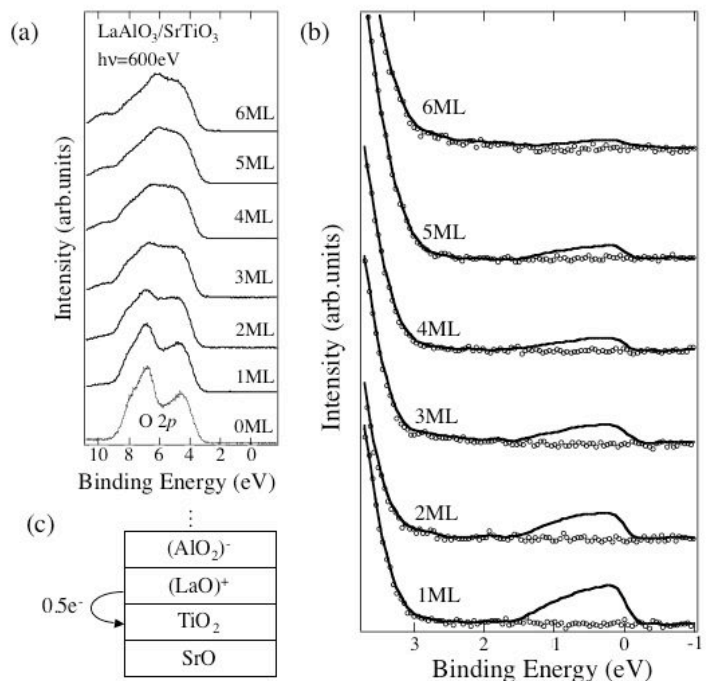


図1.(a) LaAlO₃/SrTiO₃ 価電子帯スペクトル

(b) (a)のフェルミレベル近傍の拡大図

(白丸が実際のスペクトル、
実線はシミュレーションによる Ti 3*d* バンド)

(c) LaAlO₃/SrTiO₃ 界面の電荷移動の模式図