

放射光光電子分光による  $\text{LaAlO}_3/\text{SiO}_2/\text{Si}$  界面反応解析Analysis of interfacial reactions for  $\text{LaAlO}_3/\text{SiO}_2/\text{Si}$   
studied by synchrotron radiation photoemission spectroscopy東大院工<sup>1</sup>, JST-CREST<sup>2</sup>, STARC<sup>3</sup>安原 隆太郎<sup>1</sup>, 吉松 公平<sup>1</sup>, 豊田 智史<sup>1</sup>, 組頭 広志<sup>1,2</sup>, 尾嶋 正治<sup>1,2</sup>,劉 国林<sup>3</sup>, 劉 紫園<sup>3</sup>, 池田 和人<sup>3</sup>The Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, JST-CREST<sup>2</sup>, STARC<sup>3</sup>R. Yasuhara<sup>1</sup>, K. Yoshimatsu<sup>1</sup>, S. Toyoda<sup>1</sup>, H. Kumigashira<sup>1,2</sup>, M. Oshima<sup>1,2</sup>,G-L. Liu<sup>3</sup>, Z. Liu<sup>3</sup>, K. Ikeda<sup>3</sup>

$\text{LaAlO}_3$  は高い誘電率を持つ  $\text{La}_2\text{O}_3$  と、大きなバンドギャップおよび高い熱的安定性を兼ね備える  $\text{Al}_2\text{O}_3$  とで構成されていることから、金属/酸化物/半導体電界効果型トランジスタにおける次々世代のゲート絶縁膜として有力視されている。しかし、Si 基板に導入した不純物の活性化のため加熱処理を行う際に、界面酸化や還元反応などの界面反応が起こり、絶縁膜の特性が劣化することが問題となっている。そこで本研究では、放射光光電子分光を用いて  $\text{LaAlO}_3/\text{SiO}_2/\text{Si}$  構造試料の加熱処理前後における界面電子状態の変化を調べることで、界面反応機構の解明を行ったので報告する。

薄膜作製は多結晶  $\text{LaAlO}_3$  ターゲットを用い、1%フッ酸エッチングにより自然酸化膜を除去した Si 基板(001)面上に、レーザー-MBE 法によりアモルファス  $\text{LaAlO}_3$  薄膜を作製した。作製条件は基板温度 300 °C、酸素分圧  $10^{-6}$  Torr に最適化した。作製した薄膜は超高真空 (UHV:  $10^{-9}$  Torr) 中で通電加熱を行い、UHV 中で測定室に搬送して、KEK-PF BL-2C にて *in situ* 放射光光電子分光測定を行った。

図 1 (a) に Si 2s スペクトルの加熱温度依存性を示す。700 °C 加熱により、Si 酸化物の Si 基板ピークに対する相対強度が増大している。これは上部  $\text{LaAlO}_3$  層に Si が拡散することにより  $\text{LaAlSiO}_x$  が生成したためと考えられる。図 1 (b) に示す Al 2p スペクトルにおいても as-grown に比べて 700 °C 加熱によりピーク位置が高結合エネルギー側へシフトしており、 $\text{LaAlSiO}_x$  の存在を支持する結果が得られている。さらに高温で加熱処理を行うと、850 °C 加熱後において Si 酸化物ピーク強度が激減していることから、還元反応が進行していることが分かる。それに伴い Al 2p ピークがブロードになっており、これは Al 金属、 $\text{LaAlSiO}_x$ 、 $\text{AlO}_x$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の 3 つの成分にピーク分離できる。この結果から、 $\text{LaAlO}_3$  薄膜は UHV 中加熱に伴う還元反応により  $\text{LaAlSiO}_x$ 、Al 金属成分等に分解することを明らかにした。

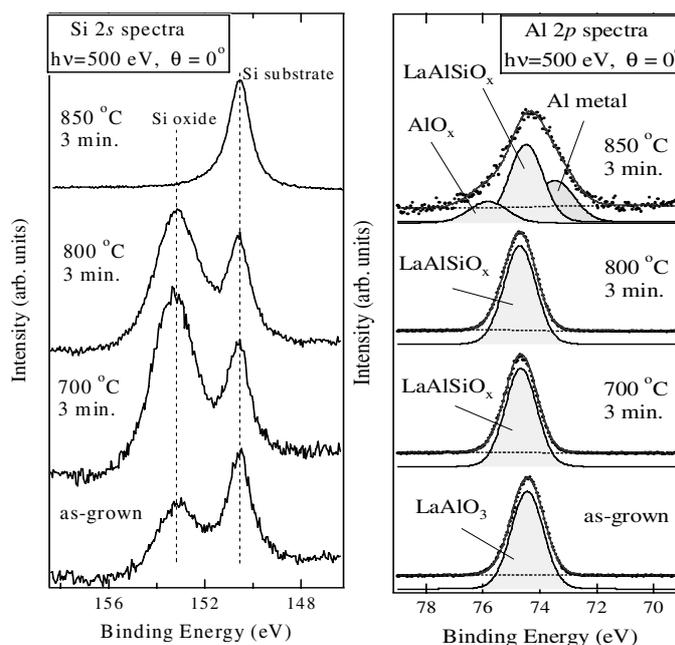


図 1 Si 2s (a) および Al 2p (b) 内殻光電子スペクトルの加熱温度依存性