



# Al/Si(111)上に表面偏析した極薄 Si 層の光電子分光分析

大田 晃生<sup>1</sup>, 酒井 大希<sup>2</sup>, 宮崎 誠一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学 大学院工学研究科、<sup>2</sup>名古屋大学 工学部

キーワード : Si, 光電子分光, 化学結合状態

## 1. 背景と研究目的

Ge と共晶反応を示す Ag や Al を Ge(111)基板上への堆積において、基板面方位を反映した Ag および Al 結晶の形成制御を報告した。その後、窒素雰囲気や真空中の熱処理により、金属表面に Ge が偏析し、極薄 Ge 結晶や二次元結晶（ゲルマネン）が形成できることを明らかにした [1,2]。本研究では、Ge と同じ 14 族元素で Al と共晶反応を示す Si を用いた Al/Si(111)構造において、熱処理による Si の表面偏析とその化学結合状態を XPS により評価した。

## 2. 実験内容

n 型 Si(111)基板を H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> と NH<sub>4</sub>OH の混合溶液により化学洗浄し、4.5%に希釈した HF 溶液に浸漬することで水素終端表面を形成した。その後、基板温度 100°C で厚さ~30 nm の Al 膜を蒸着した。一部の試料は、窒素雰囲気中熱処理を行い、Si 原子の表面偏析を促進した。BL7U にて、395.7 eV のシンクロトロン光を用いた光電子分光分析を行った。

## 3. 結果および考察

Fig.1 に、熱処理前後の Al/Si(111)の Al2p および Si2p 内殻光電子スペクトルを示す。Al2p スペクトルでは、熱処理前後に Al 薄膜に相当する Al-Al 結合成分に顕著な変化は認められず、熱処理温度の上昇と共に Al 酸化成分が増大する。この Al 酸化成分は、試料の大気暴露による自然酸化と、熱処理時に炉内に残留した酸素による表面酸化が主要因と考えられる。Si2p スペクトルでは、Al 蒸着後に Si 酸化成分がわずかに観測される。395.7 eV で励起した Si2p 光電子の平均自由行程は~1 nm であり、観測された信号は試料表面に偏析した Si と解釈できる。さらに、300°C の熱処理後では Si-Si 結合成分が認められ、処理温度が上昇すると Si-Si 結合成分よりも Si 酸化成分が顕著に増大する。また、内殻光電子スペクトルの光電子脱出角度依存性から、表面酸化膜と Al 膜の間に Si が偏析することが分かった。したがって、Al/Si(111)では、熱処理により基板側から Si が表面側に析出すると同時に酸化反応が進行し、大部分が酸化したと考えられる。一方、厚さ~25 nm の Al/Ge(111)では、同様の窒素雰囲気熱処理により Ge の偏析は促進するが、偏析した Ge の酸化は認められない[6]。SiO<sub>2</sub> と GeO<sub>2</sub> の標準生成ギブスエネルギーはそれぞれ -856.7 kJ/mol と -497 kJ/mol であり、Ge よりも Si が O と結合し易いことが示唆され、この傾向と一致する。

## 4. 参考文献

1. K. Ito et al., JJP 57, 06HD08 (2018).
2. J. Yuhara et al., 2D Mater. 8, 045039 (2021).

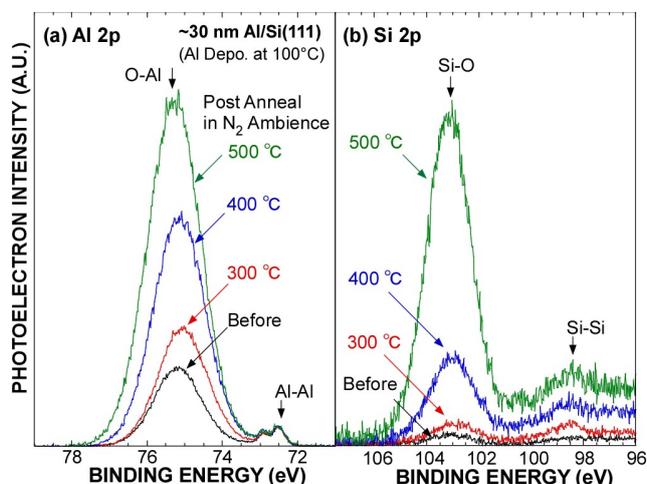


Fig. 1 (a) Al 2p and (b) Si 2p spectra for the Al/Si(111) before and after the post anneal in N<sub>2</sub>.