

真空蒸着による Ge(111)上の Al ヘテロエピタキシャル成長

Hetero-epitaxial Growth of Al on Ge(111) by Vacuum Evaporation

名大院工¹、名大高等研究院²、名大未来研³

○小林征登¹、大田晃生^{1,2}、黒澤昌志^{1,2}、洗平昌晃^{1,2,3}、池田弥央¹、牧原克典¹、宮崎誠一¹

Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ.¹, Inst. Adv. Res., Nagoya Univ.², IMaSS, Nagoya Univ.³

○M. Kobayashi¹, A. Ohta^{1,2}, M. Kurosawa^{1,2}, M. Araidai^{1,2,3}, M. Ikeda¹, K. Makihara¹, S. Miyazaki¹

E-mail: kobayashi.masato@h.mbox.nagoya-u.ac.jp

序 > これまでに、化学溶液洗浄した Si(111)や Ge(111)表面上に Ag を真空蒸着堆積することで、Ag 薄膜をヘテロエピタキシャル成長できることを報告した[1]。さらに、Ag/Ge(111)構造の N₂ 雰囲気中熱処理により、Ag 表面の原子レベル平坦化を明らかにした[2]。Al は、Ag と同じ面心立方格子の結晶構造をとり、格子定数(Ag: 0.409 nm、Al: 0.405nm)も同等であることから、Ag と同様に Ge(111)上にエピタキシャル成長する可能性が考えられる。そこで、本研究では、真空蒸着により形成した Al/Ge(111)構造において、Al 膜厚をパラメータにして、表面形状や結晶構造を調べた。

実験方法 > p 型 Ge(111)基板を 4.5%HF で洗浄後、真空蒸着(到達圧力:~1.5×10⁻⁴ Pa)により厚さ 45nm から 160nm の Al 層を堆積した。蒸着した Al 層の厚さは触針段差計により評価した。また、一部の試料は Al 表面の自然酸化を防ぐために、大気暴露せずに真空中で熱処理を行った。

結果及び考察 > Fig.1 に、異なる厚さの Al 層を Ge(111)上に堆積した試料の AFM 表面形状像を示す。Al 層厚が 45nm から 160nm に増大するに伴い、Al の粒径が大きくなり、表面のラフネスを示す平均二乗粗さ(RMS)も 1.44nm から 1.79nm に増大する。Fig.1 と同様の試料において、表面近傍の結晶性を電子後方散乱回折(EBSD)分析結果を Fig.2 に示す。厚さ 45nm の Al 層では(111)の配向を示す青色がほぼ均一に分布しており、

Ge(111)の結晶構造を反映して Al がヘテロエピタキシャル成長することがわかった。一方、厚さ 160nm の Al 層では、複数の色彩コントラストが見られ、表面近傍で多結晶であることが示される。どちらの試料においても、X 線回折法(XRD)の θ -2 θ スキャンでは、Al(111)に起因する信号が強く観測されていることを考慮すると、Ge(111)近傍では Al(111)が成長し、膜厚の増大とともに結晶構造が乱れたと解釈できる。次に、Ge(111)上にエピタキシャル成長した Al 層厚が 50~70nm 程度の試料に対して、真空中熱処理(~1.5×10⁻⁴Pa)を行った。300°C(1 時間)

の熱処理では、表面形状に顕著な変化は認められないが、420°C(4 時間)の熱処理をすることで、表面平坦化が進行し、RMS も 0.92nm に減少する。さらに、高温の 450°C(1 時間)で熱処理を行うと、ラフネスが増大する。420°C の熱処理した 2 試料の EBSD 分析結果は、Fig.2(a)と同様な(111)が配向した結晶構造を示すことから、結晶構造を維持したまま表面平坦化を行うことができた。

結論 > Al 真空蒸着において、Ge(111)基板上に厚さ~50nm の Al(111)層がヘテロエピタキシャル成長し、その後の 420°C の真空中熱処理において、表面平坦化が進行することが分かった。

参考文献 > [1] M. Kurosawa *et al.*, JJAP, **55**, 08NB07 (2016). [2] K. Ito *et al.*, JJAP, **57**, 06HD08 (2018).

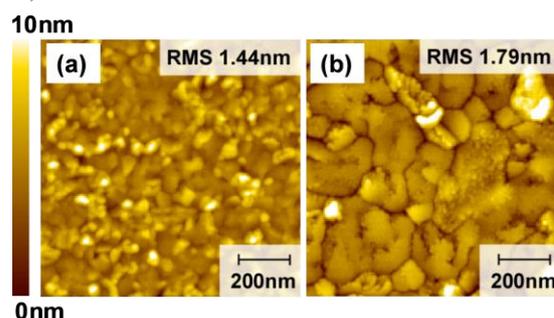


Fig.1 AFM topographic images taken for (a) 45nm- and (b) 160nm-thick Al deposited on wet-cleaned Ge(111).

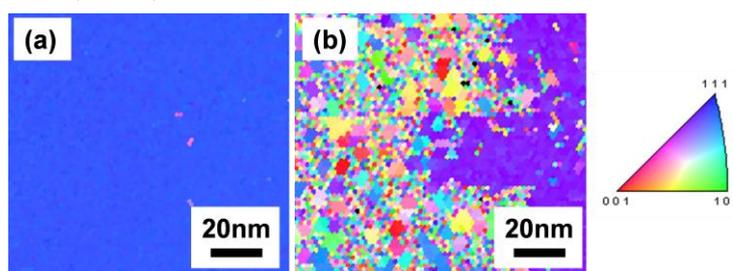


Fig.2 EBSD orientation maps of the (a) 45nm- and (b) 160nm-thick Al layers grown on Ge(111).

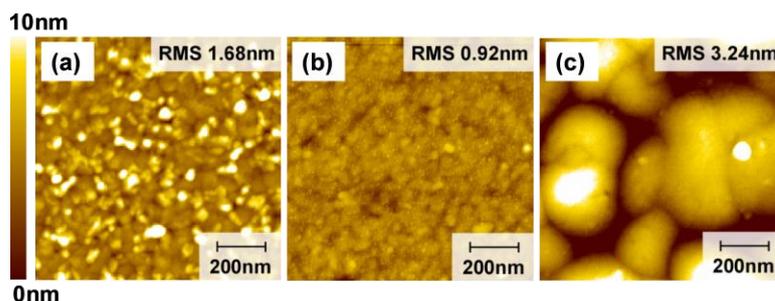


Fig.3 AFM topographic images taken for Al/Ge(111) after annealing at (a) 300°C (b) 420°C and (c) 450°C.