

酸化 Ga/Si (111) 表面の熱処理過程の STM 観察

STM observation of annealing processes of the oxidized Ga/Si(111)

○苗代 拓也¹、岡田 有史¹、西村 慶也¹、吉村 雅満²、角野 広平¹ (1. 京工繊大、2. 豊田工大)

○Takuya Naeshirozako¹, Arifumi Okada¹, Keiya Nishimura¹,

Masamichi Yoshimura², Kohei Kadono¹ (1. Kyoto Inst. Tech., 2. Toyota Tech. Inst.)

E-mail: aokada@kit.ac.jp

【はじめに】Si(111) への Ga の蒸着過程は、Scanning Tunneling Microscope (STM) を始めとする様々な手法で研究されており [1]、蒸着量に応じた表面再構成の相図が示されている [2]。また、1/3 ML 以下で現れる Ga の $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ R30°構造が室温において酸素に対するパッシベーション膜として機能することも報告されている [3]。一方で、Ga₂O₃ は熱的・化学的に安定な酸化物であり、スピントロニクスなどへの応用が期待されている [4]。本研究では Si(111) 基板上に 1 ML 近くの Ga を真空蒸着し、続くアニールによって形成される相とそれを加熱しながら酸素に暴露した際の酸化初期過程および酸素曝露後の表面構造の熱安定性について、STM を用いて観察する。

【実験】蒸着および STM 観察は酸素導入機構、Ga (6N) を充填した自家製の蒸着セル、STM を備えた超高真空チャンバー (ベース圧力 3×10^{-8} Pa) 内で行った。基板には B ドープ Si(111) ウエハーを用い、STM 観察は全て室温にて行った。Si(111) 基板は脱ガスの後、毎回の実験の前にフラッシングとアニールを行い、STM 観察で清浄化をチェックした。この清浄表面に Ga を蒸着し、続いてアニールを行い、形成された構造を観察した。その後、試料を通電加熱しながら 1×10^{-5} Pa の酸素ガスに暴露した後、表面の変化を観察した。また、酸素曝露後の試料を様々な温度でアニールし、構造の変化を観察した。

【結果・考察】被覆率 ~ 1 ML の Ga/Si(111) 表面は、ドメイン境界を持つ Bilayer 相で覆われた。この相を約 600°C で加熱しながら酸素に 100 L 暴露すると、Fig. 1 に示す構造が観察された。観察結果より、Bilayer 相の酸化過程はドメイン境界から開始するものと考えられる。酸化後の Bilayer 相は真空中で 690°C 以上、10 分間アニールを行うと消失した。Fig. 2 は酸素曝露後の試料を真空中で約 750°C、10 分間アニールした後の STM 像で、表面構造は Si-(7 $\times$ 7) 構造が支配的であったが、高さ 1 $\sim$ 2.5 nm の突起が散在しており、これらは残存の Ga によるナノ粒子であると考えられる。

【参考文献】 [1] D. M. Chen, et al., *Phys. Rev. Lett.* **61**, 2867 (1988); M. Y. Lai et al., *Phys. Rev. B* **61**, 12608 (2000); M. Y. Lai et al., *Phys. Rev. B* **60**, 1764 (1999). [2] P. Kumar et al., *Solid State Commun.*, **151**, 1758 (2011). [3] K. Fujita et al., *Appl. Surf. Sci.*, **107**, 6 (1996). [4] M. Passlack et al., *J. Appl. Phys.*, **77**, 686 (1995); Z. Li et al., *Appl. Phys. Lett.*, **77**, 3630 (2000).

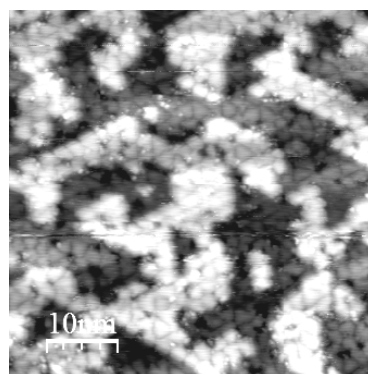


Fig. 1 STM image of oxygen-exposed Ga/Si(111) (~ 1 ML) surface ($V_{\text{sub}} = +2.0$ V, $I_t = 0.1$ nA).

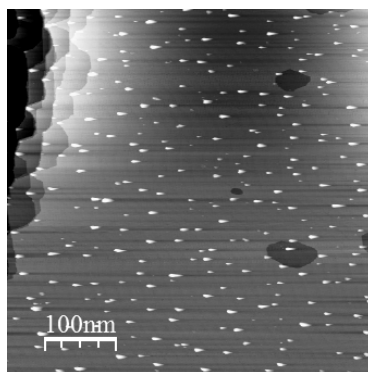


Fig. 2 STM image of further annealed oxygen-exposed Ga/Si(111) surface ($V_{\text{sub}} = +2.5$ V, $I_t = 0.1$ nA).