

低温加熱下で作製したゲルマニウムナノ結晶の電子状態評価

Electronic Density of States of Ge nanocrystal grown under low temperature annealing

阪大院工 °中島 規晴, 遠藤 聡, 久家 隆太郎, 岩熊 征也, 田畑 博史, 久保 理, 片山 光浩

Grad. Sch. Eng., Osaka Univ. °N. Nakashima, S. Endo, R. Kuga, S. Iwaguma, H. Tabata, O. Kubo, M. Katayama

E-mail: nakashima@nmc.eei.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】近年、デバイス作製におけるスケージングの限界が近づく中、グラフェンのような原子一層分の厚みしか持たない機能性材料の創成や、原子レベルでの構造制御が行われている。シリコン (Si) 基板表面に異種原子を蒸着した際には、形成される薄膜やナノ結晶が成長条件により多彩に変化することから、多くの研究が行われてきた。特にV族元素で終端した Si 表面へのゲルマニウム (Ge) 薄膜成長では、サーファクタント効果によって、より平坦な薄膜が形成されることが知られている^[1]。しかし、プロセスの低温化の観点では、V族元素の有無に関しての明らかな違いは報告されていない。本研究では、アンチモン (Sb) 終端した Si(111)表面上^[2]に、低温加熱下で成長した Ge ナノ結晶について、走査トンネル顕微鏡 (STM)、および走査トンネル分光法 (STS) を用いて解析した結果について報告する。

【実験・結果】Si(111)基板の表面を清浄化後、600°Cで加熱しながら Sb を蒸着し、Sb 終端表面 (Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ R30°-Sb) を作製した。Sb 終端表面上で取得した STS スペクトルは-0.5 eV 付近でピークを確認した(Fig.2 緑点線)。次に、基板温度 200°Cで 0.2ML/min で 10 分間 Ge を蒸着し、表面の STM 観察を行ったところ、Sb 終端表面には確認されなかった一辺が 40 ~ 150nm の長さを持つ正三角形のナノ結晶が観察された (Fig.1(a))。ナノ結晶上には多層の成長が確認され (Fig.1(b))、一層のステップ高さは $3.0 \pm 0.4 \text{ \AA}$ であることから Ge ナノ結晶と考えられる。また、ナノ結晶の最上層は平坦ではないことが確認された (Fig.1(c))。この Ge ナノ結晶の上で STS 測定を行ったところ、二種類の STS スペクトルが得られた (Fig.2 赤・黄土色)。取得された STS スペクトルはそれぞれ、Sb 終端表面、および Sb を介さずに 450°Cで成長した Ge ナノ結晶表面上で取得した STS スペクトルと類似している。これより、作製された Ge ナノ結晶の最上層には Sb が偏析している部分と偏析していない部分の2つのサイトが発現したものと考えられる。しかし、基板温度 340°Cで Ge を同様に蒸着すると Fig.1 のような Ge ナノ結晶は見られなかった (Fig.3)。これは、温度が高くなることで活性状態となった Sb 原子が飛来した Ge 原子と置換し、Ge 原子の表面拡散が大幅に抑制されたため結晶の成長には至らなかったと推察できる。なお、同じ 200°Cで Sb 終端していない Si(111)表面上への Ge 蒸着ではナノ結晶は形成されなかった。

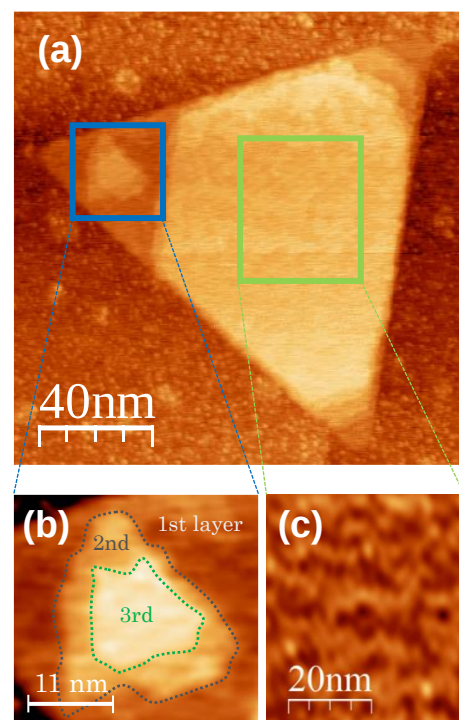
[1] A. Portavoce *et al.*: Mater. Eng B **101**, 181 (2003).[2] H. B. Elswijk *et al.*: Phys. Rev. B **44**, 3802 (1991).

Fig. 1 STM image of Ge film grown at 200°C ($V_s = -2.5 \text{ V}$, $I_t = 0.06 \text{ nA}$) (a) Whole, (b) magnified (blue area), (c) magnified (green area) images.

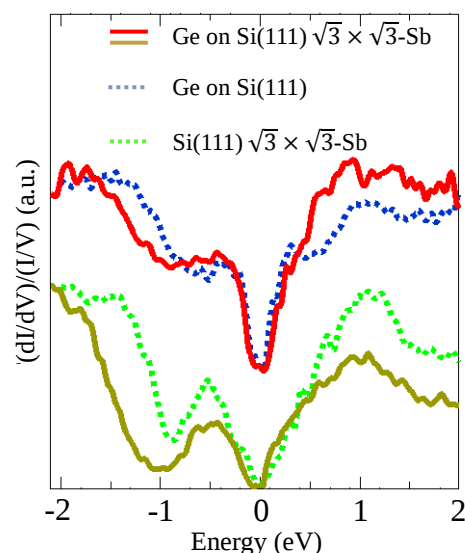


Fig. 2 STS spectra of Ge film



Fig. 3 STM image of Ge on Si(111)-Sb deposited at 340°C ($V_s = -2.0 \text{ V}$, $I_t = 0.2 \text{ nA}$)