

Al-Ge 合金ペーストによる Si(111)基板上への SiGe 混晶薄膜の成長

Epitaxial growth of SiGe thin films by firing Al-Ge alloyed pastes on Si(111)

名大院工¹, 東洋アルミ², 阪大院工³, 東北大金研⁴

福田 啓介¹, 宮本 聡¹, 鈴木 紹太^{2,3}, 中原 正博^{1,2}, ダムリン マルワン^{2,3},

前田 健作⁴, 藤原 航三⁴, 宇佐美 徳隆¹

Nagoya Univ.¹, Toyo Aluminium K.K.², Osaka Univ.³, IMR, Tohoku Univ.⁴

Keisuke Fukuda¹, Satoru Miyamoto¹, Shota Suzuki^{2,3}, Masahiro Nakahara^{1,2}, Marwan Dhamrin^{2,3},

Kensaku Maeda⁴, Koza Fujiwara⁴, and Noritaka Usami¹

E-mail: fukuda.keisuke@j.mbox.nagoya-u.ac.jp

【背景】近年、シリコン(Si)太陽電池の理論限界効率を超える、III-V 族半導体ベースの多接合型太陽電池がゲルマニウム(Ge)基板上に実現されている[1]。上層セルと格子整合可能で低コストな代替基板材料として、Si 基板上に Ge-rich(>80%)な表面平坦層を有する歪み緩和シリコンゲルマニウム(SiGe)混晶薄膜の実現が望まれる[2]。我々は最近、Al-Ge 微粒子ペーストの印刷と焼成という簡便且つ高速プロセスにより、Si 基板上に Ge-rich な表面層を持つ SiGe 混晶薄膜を成長し、予め合金化したペーストを用いることで高 Ge 濃度化と平坦性の向上に成功した[3]。ここで、Si(001)基板上の Ge-rich な表面層では、下地界面に対して{111}ファセットを持って島状に成長する傾向があることがわかっている。本研究では、Al-Ge 合金ペーストを用いた SiGe 混晶薄膜の更なる均一成長と高品質化に向け、Si 基板の結晶方位がその結晶成長に与える影響について調査した。

【実験方法】Al:Ge=7:3 で配合した合金ペーストを Si(001)及び Si(111)基板上にスクリーン印刷し、アルゴン雰囲気の中で 900 °C で熱処理することで基板表面に SiGe 混晶薄膜を成長した。最表面の Al 残留物は、10 倍希釈の HF 溶液で 15 時間浸漬することで選択エッチングし、透過型電子顕微鏡(TEM)及び X 線回折(XRD)を用いて SiGe 混晶薄膜の構造評価を行った。

【結果と考察】Si(001)及び Si(111)基板試料に対する、TEM 像とエネルギー分散型 X 線分析(EDX)結果を図 1(a)(b)に示す。Si(001)試料では、Ge-rich 層が{111}界面ファセットを持って島状成長する一方で、Si(111)試料では全体的に層状成長した。また、両基板試料とも{111}方向に層状の組成傾斜を有しており、Ge-rich 層界面のような急峻に組成変化する領域において、転位導入が集中する様子が観察された。また XRD 逆格子マッピング測定からも、TEM-EDX 結果と一致した組成で、SiGe 混晶中間層(~10%)と Ge-rich 表面層(70-90%)からなる組成傾斜が観測され、転位導入による効率的な歪み緩和が確認された[図 1(c)(d)]。以上より Si 基板の結晶方位によらず、エネルギー的に安定な{111}面に対し、組成傾斜と転位導入を伴って層状に均一成長しやすいと考えられる。

【謝辞】本研究は科研費・基盤 A(20H00303)及び東北大金研・GIMRT プログラムにより実施した。

【参考文献】 [1] R. R. King *et al.*, Appl. Phys. Lett. **90**, 183516 (2007). [2] M. Diaz *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **143**, 113(2015). [3] K. Fukuda *et al.*, to be submitted.

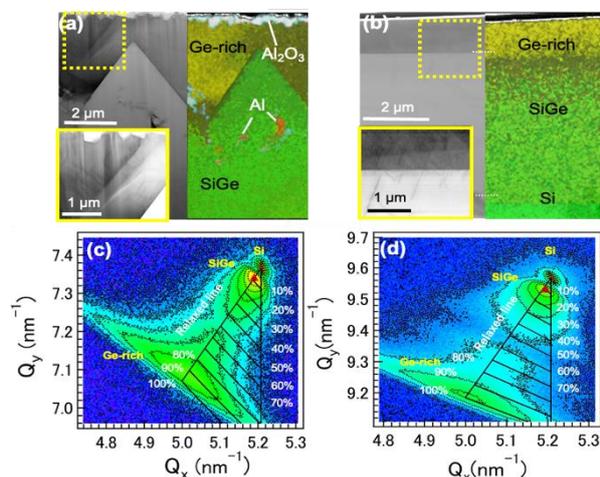


Fig. 1 (a)(b) Cross-sectional bright-field STEM images and EDX elemental mappings of SiGe epitaxial films grown on Si(001) and Si(111) substrates, respectively. The insets display magnified STEM images in yellow dotted boxes. (c)(d) XRD reciprocal space mappings around (224) and (135) lattice points for the respective samples.