

Si 基板上に形成した高 Ge 組成 SiGe 薄膜のクラック低減に向けた熱処理条件の検討

Investigation of annealing conditions for the reduction of the crack density in high-Ge-content SiGe films grown on Si substrates

¹名大院工, ²名大未来機構, ³東洋アルミ, ⁴阪大院工, ⁵名大未材研

○伊藤 耕平¹, 勝部 涼司¹, 今井 友貴², 宮本 聡¹, 鈴木 紹太³, 南山 偉明³,
ダムリン マルワン^{3,4}, 宇佐美 徳隆^{1,2,5}

¹Grad. Eng., ²InFuS Nagoya Univ., ³Toyo Aluminium K.K., ⁴Osaka Univ., ⁵IMaSS Nagoya Univ.

○Kohei Ito¹, Ryoji Katsube¹, Yuki Imai², Satoru Miyamoto^{1,2}, Shota Suzuki³, Hideaki Minamiyama³,
Marwan Dhamrin^{3,4}, Noritaka Usami^{1,2,5}

E-mail: ito.kohei.n2@s.mail.nagoya-u.ac.jp

【背景】 III-V 族半導体を用いた多接合太陽電池は単接合太陽電池を超えるエネルギー変換効率が期待できる。しかし、ボトムセルに高コストな単結晶 Ge または GaAs 基板を必要とするため、多接合太陽電池を普及させるには安価なボトムセル作製技術の確立が必要である。これまで、凝固シミュレーションを基にしたペースト組成・熱処理温度の設計により、厚い高 Ge 組成領域を伴う SiGe 薄膜を Si 基板上にエピタキシャル成長できることを報告してきた[1]。しかし、試料表面全体にわたってクラック発生が観察された。本研究では、クラックフリーな高 Ge 組成 SiGe 仮想基板作製に向けて、熱処理温度および冷却速度が試料表面のクラック発生に与える影響を調査した。

【計算・実験方法】 Si(111)基板上に厚さ約 100 μm の Al-Ge ペーストをスクリーン印刷した。尚、Ge 含有量は 60 および 80 mol% とした。その後、900 および 1050 °C の Ar 雰囲気中で 2 分間アニールを行った。また、冷却速度は徐冷 (最大冷却速度: 130 °C/min) および急冷 (最大冷却速度: 240 °C/min) で行った。最後に、化学機械研磨(CMP)により Al-Ge-Si 表面残留層を除去した。SiGe 薄膜の断面構造および組成分布は SEM-EDS 測定により評価した。また、SiGe 薄膜の表面形状はレーザー共焦点顕微鏡観察により分析した。

【結果と考察】 Fig. 1 に、Ge 含有量 80 mol% の Al-Ge ペーストを 1050 °C で熱処理後、急冷した試料 (Sample HR)、徐冷した試料 (Sample HS)、及び Ge 含有量 60 mol% の Al-Ge ペーストを 900 °C で熱処理後、徐冷した試料 (Sample LS) の断面 SEM 像および Ge 組成プロファイルを示す。いずれの試料における Ge 組成プロファイルも凝固シミュレーションによる計算値とよく一致し、SiGe 層の表面側に高 Ge 組成領域が存在することがわかる (Fig. 1(d))。しかし、すべての試料表面においてクラック発生が認められた (Fig. 2)。これは、SiGe と Si の熱膨張係数差に起因すると考えられる。Sample HR 及び HS の比較から、冷却速度の違いによるクラック密度における有意な差は認められなかった (Figs. 2(a) and 2(b))。一方、熱処理温度を 900 °C に下げることで、クラック密度の減少が観察された (Fig. 2(c))。これらの結果から、SiGe 層中のクラック密度の減少には、熱処理温度の低減が有効であることが分かった。

【謝辞】 本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業 (JPJN14004) および JST COI-NEXT (No. JPMJPF2204) の支援を受けたものである。

【参考文献】 [1] K. Ito *et al.*, PVSEC-35 Tu2-P31-34 (2024).

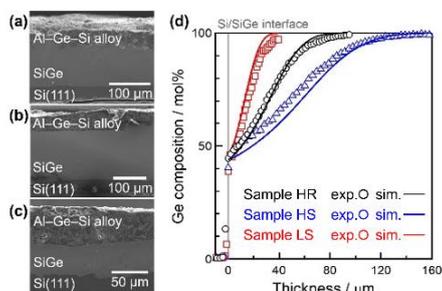


Fig. 1: Cross-sectional SEM images of the Al-Ge/Si samples after annealing at (a), (b) 1050 and (c) 900 °C, respectively. (d) Corresponding EDS line profiles of Ge in the SiGe layer in the direction perpendicular to the substrate.

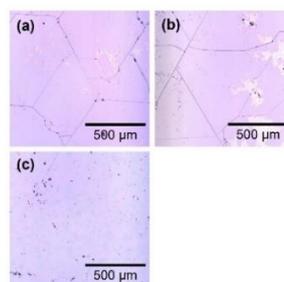


Fig. 2: Laser scanning confocal micrographs of the surface of the samples shown in Figs. 1(a), (b), and (c) after CMP, respectively.