

GeH₄-CVD による Si(111)基板上 SiGe 層における Ge 組成の向上 Improvement of the Ge composition in SiGe layers on Si(111) substrate by GeH₄-CVD

¹名大未来機構, ²名大院工, ³東洋アルミ, ⁴阪大院工, ⁵名大未材研

○今井 友貴¹, 伊藤 耕平², 勝部 涼司², 宮本 聡², 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}

¹ InFuS, Nagoya Univ., ² Grad. School of Eng., Nagoya Univ., ³ Toyo Aluminium K.K.,

⁴ Grad. School of Eng., Osaka Univ., ⁵ IMASS, Nagoya Univ.

○Yuki Imai¹, Kouhei Ito², Ryoji Katsube², Satoru Miyamoto¹, Shota Suzuki³,

Hideaki Minamiyama³, Marwan Dhamrin^{3,4}, Noritaka Usami^{1,2,5}

E-mail: imai.yuki.t2@f.mail.nagoya-u.ac.jp

【背景】 III-V 族半導体多接合太陽電池は、Si 系単接合太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率を実現する。しかし、作製コストの大半を占める基板として高価な単結晶 Ge あるいは GaAs 基板を必要とすることから、多接合太陽電池の利用は宇宙応用に限定されている。したがって、歪緩和した高 Ge 組成 SiGe 層を安価な Si 基板上に成長させることが出来れば、多接合太陽電池の更なる普及に必要な低コスト基板作製技術の確立につながる。これまで、Si 基板上への Al-Ge ペーストのスクリーン印刷および焼成により、傾斜組成 SiGe 層を Si 基板上へと成長させることに成功している[1]。本研究では、III-V 族半導体層との格子不整合を低減すべく、GeH₄ ガスを用いた超高真空化学気相成長法 (UHV-CVD) による SiGe/Si 仮想基板上への Ge バッファー層の成長に向けて、CVD 時のガス流量および成長温度が SiGe 層中の Ge 組成に及ぼす影響を調べた。

【実験方法】 Si(111)基板上に厚さ約 100 μm の Al-Ge ペースト (50 mol%Ge) をスクリーン印刷した。その後、800 °C の Ar 雰囲気中で焼成を行った。引き続き、化学機械研磨 (CMP) により、Al-Ge-Si 表面残留層を除去した。最後に、700 °C にて 10 分間の GeH₄-CVD を行った。試料の断面構造および組成分布は SEM-EDS 測定に評価した。また、CVD 前後の SiGe 層の結晶性および Ge 組成は X 線二次元逆格子空間マッピング (XRD-2DRSM) により分析した。加えて、試料の表面形態は共焦点顕微鏡により観察した。

【結果と考察】 Fig. 1 に CMP 後の試料の断面 SEM 像を示す。Fig. 1(a)の各領域における EDS 組成分析の結果、SiGe 層の表面側では、Ge 組成が約 50 mol%の領域が膜厚 5 μm 程度存在することが分かった (Fig. 1(b))。CVD 前の試料から得られた XRD-2DRSM から分かるように、Si 基板上に完全に歪緩和した SiGe 層の成長が認められた (Fig. 2(a))。一方、Fig. 2(b)に示す CVD 後の XRD-2DRSM の結果から、SiGe 層に起因したブロードな回折信号の裾がより高 Ge 組成領域側へと拡大していることが分かった。尚、CVD 前後における試料の表面 RMS ラフネスに顕著な差は認められなかった。これらの結果から、GeH₄-CVD によって SiGe 薄膜の Ge 組成を増加可能なことが示された。

【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. Fukuda *et al.*, *Sci. Rep.* **12**, 14770 (2022).

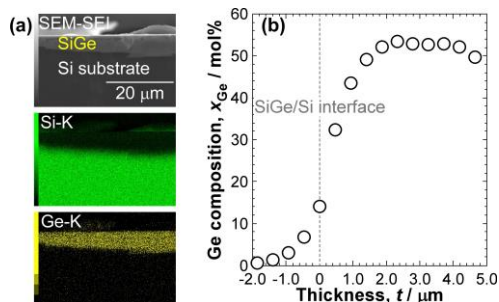


Fig. 1: (a) Cross-sectional SEM-EDS image of the Al-Ge(50 mol%Ge)/Si sample after annealing and CMP. (b) Corresponding EDS line profile of Ge in the depth-direction to the substrate for the SiGe layers.

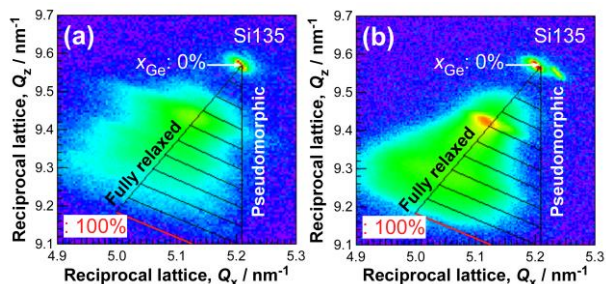


Fig. 2: XRD-2DRSM around the Si135 reciprocal lattice point for the SiGe/Si samples (a) before and (b) after GeH₄-CVD.