

印刷と焼成による Si 基板上への SiGe 層のエピタキシャル成長における Si 基板方位の影響

Effect of Si substrate orientation on epitaxial growth of SiGe by printing and firing

深見 昌吾¹、[○]中原 正博²、Mel F. Hainey, Jr.¹、中川 慶彦¹、有元 圭介³、後藤 和泰¹、
黒川 康良¹、ダムリン マルワン²、前田 健作⁴、藤原 航三⁴、宇佐美 徳隆¹

(1. 名大院工、2. 東洋アルミ、3. 山梨大クリスタル研、4. 東北大金研)

[○]Shogo Fukami¹, Masahiro Nakahara², Mel F. Hainey, Jr.¹, Yoshihiko Nakagawa¹, Keisuke Arimoto³, Kazuhiro Gotoh¹,

Yasuyoshi Kurokawa¹, Marwan Dhamrin², Kensaku Maeda³, Kozo Fujiwara³, Noritaka Usami¹

(1. Nagoya Univ., 2. Toyo Aluminium, 3. CCST, Univ. Yamanashi, 4. IMR, Tohoku Univ.)

E-mail: masahiro-nakahara@toyol.co.jp

【諸言】全率固溶体合金である SiGe は、格子定数やバンドギャップを広範に制御することが可能であり、Ge と比較して安価な材料であることから、III-V 族多接合型太陽電池のボトムセルなどへの利用が期待されている。しかしながら、従来の SiGe の作製方法では、長い成長時間や高度な結晶成長設備を必要とする。そこで、我々は低コストかつ単純な高速プロセスとして、Al による Ge と Si の融点降下現象を利用した液相エピタキシャル成長に注目した。これまでに、Si(100)基板上に Al と Ge を混合したペーストの塗布と Ar 雰囲気中での熱処理により、大面積に連続的な SiGe/ Si(100)界面を得ることに成功し[1]、熱処理条件が SiGe 中の Ge 濃度、結晶性に与える影響を明らかにした[2]。しかしながら、いずれの熱処理条件においても SiGe は島状にエピタキシャル成長し、平坦性に優れた層状の SiGe は得られなかった。本手法では、熱処理条件に加え、Si 基板方位も SiGe の結晶成長を支配する重要な因子であると考えられる。そこで本研究では、Si(111)基板上に Al-Ge 混合ペーストを塗布した試料を、様々な条件で熱処理することで、Si 基板方位が SiGe の成長に与える影響について調査した。

【実験方法】Si(111)基板上に Al と Ge と混合したペーストをスクリーン印刷により塗布し、乾燥させた。その後、Si-Al の共晶点を十分に超える温度(700, 800, 900 °C)で熱処理を Ar 雰囲気中で行った。その後、リン酸混合溶液(H₃PO₄: CH₃COOH: HNO₃: H₂O=16:1:1:2)及び表面研磨により、試料表面のペースト残留物を除去した。熱処理後の試料について、走査型電子顕微鏡(SEM)、エネルギー分散型 X 線分析法(EDX)及び X 線回折逆格子マッピング(XRD-RSM)で結晶性を評価した。

【結果と考察】Fig.1 に Ar 雰囲気中で 800 °C で 5 分間熱処理を行った試料の断面の SEM-EDX 像を示す。Si(111)基板上に SiGe をエピタキシャル成長させることで大面積に層状の SiGe を得ることに成功した。また、EDX による SiGe 層の深さ方向の線分析では、Si 基板側から試料表面側に進むにつれて、Si 原子の割合が増加し、Ge 原子の割合が減少することが確認された。これは Si(100)基板上で島状に得られた SiGe の線分析の結果[1]と同様であり、Ge よりも融点が高い Si が冷却過程において優先的に析出したためである。また、XRD-RSM から算出された SiGe 中の Ge 濃度は、700, 800, 900 °C でそれぞれ 5 分間熱処理を行った場合、それぞれ 11.0, 9.2, 7.4 %であった。

本研究の一部は東北大金属材料研究所における共同研究 (18K0022) の支援による。

【参考文献】[1] 深見 他、第 65 回応用物理学会春季学術講演会、早稲田大学、20p-F214-9 (2018)

[2] 深見 他、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋国際会議場、18p-235-14 (2018)

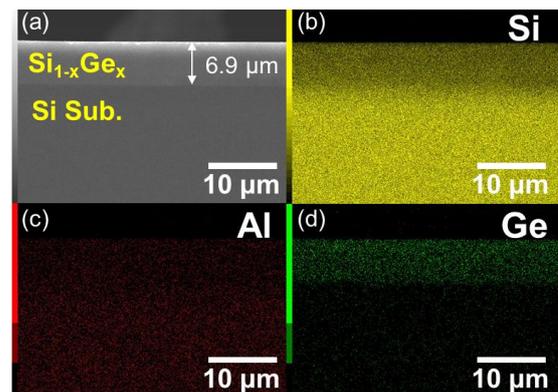


Fig.1. (a) Cross-sectional images of sample after annealing at 800 °C for 5 minutes in the Ar atmosphere. The atomic distribution of the sample (a) of (b) Si (c) Al, and (d) Ge, respectively.