

## 合金ペーストにより形成される SiGe 混晶層のその場観察と構造評価

## In-Situ Observation and Characterization of SiGe Alloyed Films

## Formed by Pre-Alloyed Pastes on Si Substrate

名大院工<sup>1</sup>, 東洋アルミ<sup>2</sup>, 阪大院工<sup>3</sup>, 東北大金研<sup>4</sup>○(M2) 福田 啓介<sup>1</sup>, 宮本 聡<sup>1</sup>, 中原 正博<sup>1,2</sup>, 鈴木 紹太<sup>2,3</sup>, ダムリン マルワン<sup>2,3</sup>,  
前田 健作<sup>4</sup>, 藤原 航三<sup>4</sup>, 宇佐美 徳隆<sup>1</sup>Nagoya Univ.<sup>1</sup>, Toyo Aluminium K.K.<sup>2</sup>, Osaka Univ.<sup>3</sup>, IMR, Tohoku Univ.<sup>4</sup>○Keisuke Fukuda<sup>1</sup>, Satoru Miyamoto<sup>1</sup>, Masahiro Nakahara<sup>1,2</sup>, Shota Suzuki<sup>2,3</sup>,  
Marwan Dhamrin<sup>2,3</sup>, Kensaku Maeda<sup>4</sup>, Kozo Fujiwara<sup>4</sup>, and Noritaka Usami<sup>1</sup>

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

【背景】シリコン(Si)太陽電池における変換効率の理論限界を突破するため、ゲルマニウム(Ge)をボトムセルとし、異なるバンドギャップを有する III-V 族半導体の上層セルからなる多接合型太陽電池が実現されている[1]。また、この上層セルとの格子整合性を保つことができ、高い Ge 濃度をもつ SiGe 混晶薄膜層を形成した Si 基板は、多接合型太陽電池の大規模展開が可能な代替基板材料として期待される[2]。我々は最近、Al と Ge 微粒子を配合した混合ペーストを Si 基板上に印刷し、900 °C 程度で熱処理するという簡便なプロセスにより、歪み緩和した SiGe 薄膜混晶層の形成を可能にした[3]。本研究では、合金化したより一様な Al-Ge ペーストを新たに用いて、その共焦温度近くでの低温熱処理により、高 Ge 濃度化される SiGe 混晶層の形成過程について検証した。

【実験方法】Al-Ge(Al:Ge=70:30)で配合した混合・合金ペーストを Si(001)基板上に印刷し、アルゴン雰囲気中で 500 °C 及び 900 °C で熱処理することで SiGe 混晶層を形成した。このとき、上部にデジタルマイクロスコープを設置した熱処理炉により、SiGe 混晶層の形成過程をその場観察した。表面に析出した Al 残留物は、10 倍希釈の HF 溶液で長時間浸漬することで選択エッチングし、X 線回折により SiGe 薄膜混晶層の構造・組成評価を行った。

【結果と考察】熱処理温度 500 °C におけるその場観察実験結果を図 1 に示す。混合ペースト試料では波立った溶解界面が形成されたが、合金化試料では比較的平滑な SiGe 混晶層の形成が観察された。また X 線回折結果からは、900 °C の熱処理ではペーストの差異による Ge 組成の違いは見られないものの、500 °C で熱処理した合金ペースト試料で、最も強い SiGe 回折ピーク(△)について Ge 組成が~30%程度まで増加することが分かった[図 2]。このことは、合金ペーストによる効率的な Al-Ge 溶解層の低温形成を示しており、Si 基板界面でのスピアリングが抑制された結果、SiGe 混晶層の平坦性向上と高 Ge 濃度化に繋がったと考えられる。本講演では、Si(111)基板上の SiGe 混晶層の結果についても報告する。

【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] Martin Diaz *et al.*, Solar Energy Materials & Solar Cells **143** (2015) 113-119 [3] M. Nakahara *et al.*, MRS Adv. **4**, 749 (2019).

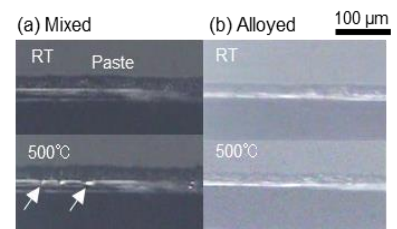


Fig. 1 Cross-sectional images obtained during in-situ observation experiments of (a) mixed and (b) alloyed paste

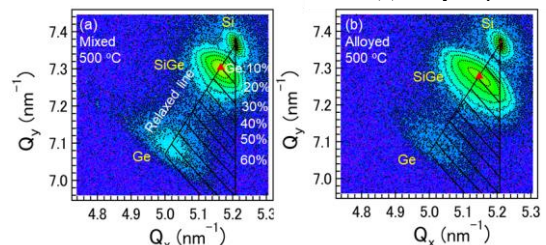


Fig. 2 XRD-RSMs of SiGe epitaxial films grown on Si substrates by annealing two types of (a) mixed and (b) alloyed pastes at a lower temperature of 500 °C.