

印刷と焼成によるシリコン系混晶半導体の エピタキシャル成長のその場観察

In-situ observation of Si-based alloy epitaxial growth using printing and firing

名大工¹, 東洋アルミ², 東北大金研³ ○(B) 福田 啓介¹, 中原 正博^{1,2}, 深見 昌吾¹, 宮本 聡¹,

ダムリン マルワン², 前田 健作³, 藤原 航三³, 宇佐美 徳隆¹

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

°Keisuke Fukuda¹, Masahiro Nakahara^{1,2}, Shogo Fukami¹, Satoru Miyamoto¹,

Marwan Dhamrin², Kensaku Maeda³, Kozo Fujiwara³, Noritaka Usami¹

E-mail: usa@material.nagoya-u.ac.jp

【背景】 全率固溶系であるシリコン・ゲルマニウム(SiGe)混晶の薄膜は、格子定数とバンドギャップを広い範囲で制御することが可能であり、多接合型太陽電池のボトムセルである Ge 基板を代用するための仮想基板として期待されている。また、これにスズ(Sn)を添加することで IV 族半導体の直接遷移化が見込め、光学特性向上の面からも注目されている。我々は、アルミニウム(Al)共晶化による液相エピタキシャル成長を利用することで、Si 基板上に Al-Ge 混合ペーストをスクリーン印刷して非真空下で焼成するという、単純且つ低コストな高速プロセスにより SiGe 混晶薄膜の形成に成功した[1]。また最近では、この手法を Si 基板上での Al-Sn 混合ペーストの印刷と焼成に展開し、平衡固溶限界程度の Sn 含有率~0.35%を有する SiSn 薄膜の形成も可能であることを示した[2]。本研究では、SiSn 及び SiGe 混晶の薄膜形成に対する結晶成長の様子をその場観察し、焼成における昇温・冷却過程での Al 混合ペースト界面での熔融・共晶反応を実時間で検証する。

【実験方法】 混合比を調整した Al-Sn(Al:Sn=70:30)及び Al-Ge(Al:Ge =70:30)ペーストを Si(100)基板上にスクリーン印刷し、100 °Cで 10 分間乾燥することでペースト溶媒は除去した。次に、結晶成長その場観察装置を用いて、デジタルマイクロスコップで印刷ペーストと基板界面の反応を断面観察し、Ar 雰囲気中で熱処理をすることで SiSn 及び SiGe 混晶の薄膜成長の様子をその場観察した。試料近傍に設置した熱電対で焼成温度を逐一測定しながら、昇温レートは~40 °C/min、1350 °C以下の温度で 5 min 焼成を行った後急冷した。

【結果と考察】 各ペースト試料の印刷と焼成によるその場観察結果を Fig. 1 に示す。Al-Sn ペースト試料では、620 °C付近で基板界面の熔融が開始し、昇温と共に次第に熔融領域が増加した[Fig. 1(b)]。急冷時にはファセット化が進行し、900 °C以下で基板界面近くに白い析出物が観察された[Fig. 1(c)]。同様に Al-Ge ペースト試料に対しても、600 °C付近でわずかに基板界面の熔融が観測されたが、SiSn 混晶薄膜のような明瞭な析出物は確認されなかった[Fig. 1(d)]。これは、平衡固溶限界を超えた Sn が析出物として基板界面付近に偏析しながら、SiSn 混晶層が形成することを示唆しており、SEM-EDX 観察や SIMS 評価などの元素分析結果[2]とも一致している。

【謝辞】 本研究は東北大学金属材料研究所における共同研究 (19K0010) の支援による。

【参考文献】 [1] M. Nakahara *et al.*, MRS Advances **4**, 749 (2019); S. Fukami *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, 045504 (2019). [2] M. Nakahara *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. to be appeared.

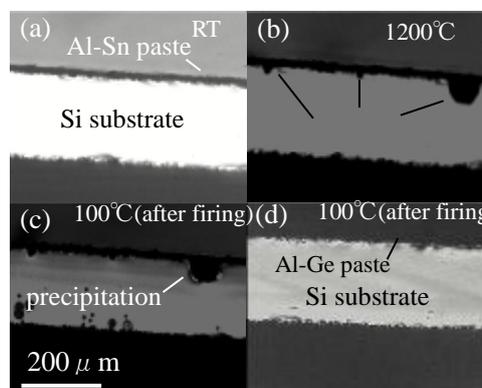


Fig. 1: Cross-sectional microscope images obtained by in-situ observation of eutectic reaction at the Al-based paste interface for (a)-(c) SiSn and (d) SiGe epitaxial growth, respectively.