

Ge_{1-x}Sn_x 溶融成長時に生じる偏析現象の理解

Understanding of segregation phenomena in Ge_{1-x}Sn_x wires during rapid-melting growth

○中尾天哉¹, 西嶋泰樹², 清水智², 角田功², 中塚理^{1,3}, 黒澤昌志¹

(1. 名大院工, 2. 熊本高専, 3. 名大未来研)

○T.Nakao¹, T. Nishijima², S. Shimizu², I. Tsunoda², O. Nakatsuka^{1,3}, and M. Kurosawa^{1,4}

(1. Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., 2. NIT, Kumamoto College, 3. IMASS, Nagoya Univ.)

E-mail: tnakao@alice.xtal.nagoya-u.ac.jp, kurosawa@nagoya-u.jp

[はじめに] 絶縁膜上への単結晶 Ge_{1-x}Sn_x (GeSnOI) の形成は, その物性理解において重要な課題である. 限られた GeSnOI 形成手法の中でも溶融成長法は, 面内に Sn 組成傾斜 (2~14% [1,2]) を有する点で優れている. 先行研究においては Scheil の式 [3] に従う Sn 組成傾斜が報告されてきた [4,5]. 一方, 細線長を増大させると, 成長序盤の Sn 組成が Scheil の式と比べ約 10 倍になることが前回明らかとなった [6]. 本発表においては, 溶融成長時に生じる Sn 偏析現象の理解を進め, Sn 組成制御への指針を構築したので報告する.

[実験方法および結果] SiN (膜厚: 100 nm) を LPCVD 法により低抵抗 Si(001) 上に成膜した基板を用いた. 非晶質 Si (膜厚: 50 nm) を分子線堆積 (MBD) 法で堆積しアイランド状に加工後, 熱処理 (650°C, 15 時間) を行い多結晶シードを形成した. 非晶質 Ge_{0.8}Sn_{0.2} (膜厚: 100 nm) を MBD 法により室温堆積し, 細線形状 (全長 L : 1000 μm , 幅: 3 μm) に加工した. キャップ SiO₂ (膜厚: 800 nm) を PECVD 法により堆積した後, 急速熱処理 (>860°C) により溶融成長を誘起した.

顕微ラマン分光法により算出した Sn 組成を Fig. 1 に示す. Sn 組成は伸長歪み 0.3% を仮定し Ge-Ge ピークのシフト量から算出した [7]. 細線の先端部を除く大部分の領域 (<800 μm) において, Scheil の式で得られた組成分布 (灰色の実線) から高 Sn 組成側にずれたプロファイルが得られた. 偏析係数 k が一定でないことを示唆する結果であり, SiGe 溶融成長 ($L \geq 300 \mu\text{m}$) [8] においても同様のずれが報告されている.

液相中の Sn 組成分布 (Fig. 2) が偏析係数に与える影響を議論する. 前述のように, 細線長が短い場合 ($L \leq 125 \mu\text{m}$), Sn 組成傾斜は Scheil の式で再現できたことから, 液相中の Sn 組成は均一であったと考えられる (Fig. 2 左). 一方, 細線長が長い場合, 成長序盤では液相中に掃き出された Sn の組成が均一になる前に次の固化が進行した結果, 偏析係数が見かけ上増加 (すなわち, 固相中に取り込まれる Sn 組成が増大) したと考えられる (Fig. 2 右). Model 2 に基づき拡散長 δ を算出したところおよそ 200 μm と見積もられた. したがって, 組成傾斜が緩やかな成長序盤の Sn 組成を増加させるには, 固化速度 R の増大に加え細線長を少なくとも 200 μm 以上に設計し, Model 2 での成長を進行させることが鍵であると結論づけられる.

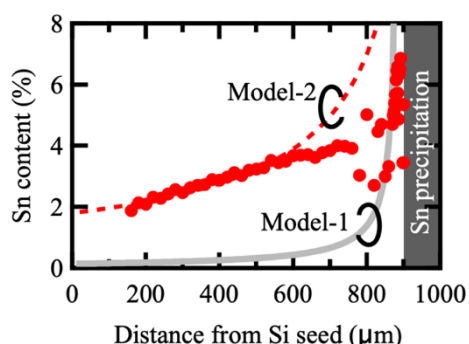


Fig. 1 Sn concentration profiles after rapid-melting growth as a function of the distance from the Si seeds.

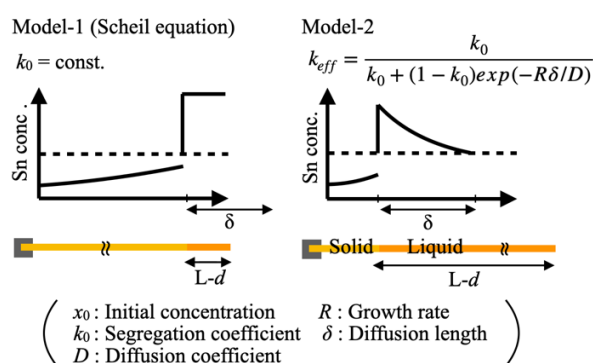


Fig. 2 Schematic illustrations of the Sn profiles near the solid/liquid interfaces, which affect the segregation coefficient and resulting Sn concentration.

[謝辞] 本研究の一部は, 科研費・若手研究 (A) (No. 17H04919) および新学術領域研究 (研究領域提案型) (No. 20H05188) の研究助成により実施されました.

[参考文献] [1] Z. Liu *et al.*, Sci. Rep. **6**, 38386 (2016). [2] Y. Wada *et al.*, JJAP **58**, SBBK01 (2019). [3] E. Scheil, Z. Metallkd. **34**, 70 (1942). [4] M. Kurosawa *et al.*, APL **101**, 091905 (2012). [5] R. Matsumura *et al.*, AIP Advances **5**, 067112 (2015). [6] 中尾ら, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会. [7] P. M. Mooney *et al.*, APL **62**, 2069 (1993). [8] R. Matsumura *et al.*, APL **101**, 241904 (2012).