Bドープ AI 誘起層交換による p 型 Si_{1-x}Ge_x 熱電薄膜の性能向上

Improved thermoelectric performance of p-type Si1-*x***Ge***x* **thin films**

by B doping during Al-induced layer exchange

- ⁰辻美紀江¹, 草野欽太¹, 末益崇¹, 都甲薫^{1,2}
 - (1. 筑波大院 数理物質, 2. JST さきがけ)

^oMikie Tsuji¹, Kinta Kusano¹, Takashi Suemasu¹, and Kaoru Toko^{1,2}

(1. Univ. of Tsukuba, 2. JST PRESTO)

E-mail: s1511034@s.tsukuba.ac.jp

【はじめに】SiGe 混晶は、宇宙用の熱電変換素 子として高い実績を持つ. 我々は SiGe 熱電素子 の独立電源への応用を目指し、Al 誘起層交換を 用いて優れた熱電特性を有する SiGe 薄膜を絶縁 基板 (ガラス、プラスチック)上に合成してきた [1,2]. 今回, 層交換中に自己組織的にドーパント が固溶・活性化する現象を利用し、Al 中の B 添加 を検討した. p型 Si_{1-x}Ge_x(0 $\leq x \leq 1$)薄膜の導電率 を高め, 熱電特性を向上させることに成功したので 報告する.

【実験方法】 石英ガラスおよびプラスチック(ポリイ ミド)上にA1:B層(50 nm)を堆積した後,大気暴露 (30 min)により AlO_x 界面層を形成した.その後, 非晶質 Si_{1-x}Ge_x(x: 0, 0.15, 0.3, 0.6, 0.8, 1)層(50 nm)を堆積し, N₂雰囲気で熱処理(340-450 °C)を 施すことで,層交換を誘起した(Fig. 1(a)).堆積に はスパッタリング法を用いた.層交換後の試料につ いて,上部 Al層を希釈 HF(1.5%)で除去した.

【結果・考察】 全ての組成について低温(≤400 ℃)で層交換成長が発現し,(111)面に高配向した大粒径(50 µm)の Si_{1-x}Ge_x(0≦x≦1)薄膜が得られた(Fig. 1(b)).また,湾曲による性能劣化はなく,高い出力因子を維持した(Fig. 2).正孔密



Fig. 1 (a) Schematic of the sample preparation. (b) EBSD image of a Si_{0.4}Ge_{0.6} sample on glass.



Fig. 3 Thermoelectric properties of the samples at RT.

度 $p \circ B$ 濃度依存性(Fig. 3 (a))から, 全組成において B 濃度の増加に伴い pが増加することが判った. この挙動は, SiGe 中の B の固溶度が Al の固溶度を上回ることに起因している. また p の増加を反映し, 電気伝導率 σ の増加も確認された(Fig. 3 (b)).本法により, 低温でありながら自己組織的に高濃度のド ーピングをすることに成功した.また, ゼーベック係数 S は B 濃度と Ge 組成の増加に伴い減少した(Fig. 3 (c)).これは正孔密度の増加と SiGe 混晶の基礎物性に従う傾向である. SiGe 混晶化に伴う熱伝導率 の低減を考慮すると, Si_{0.4}Ge_{0.6} が最適組成であり, B 濃度 1%の Si_{0.4}Ge_{0.6} において従来の出力因子を上 回った(Fig. 3 (d)). B 濃度 5%の試料は概ね低い出力因子を示しており, これは過剰な B の析出による 移動度劣化に起因すると考えられる. B を 1%添加した Al 誘起層交換により, プラスチック(ポリイミド)上 に Si_{0.4}Ge_{0.6} 薄膜を合成した結果, 出力因子は 240 μ W/mK² に及んだ. 無機材料をベースとしたフレキシ ブル熱電変換素子の可能性を開拓する成果である.

[1] K. Toko et al., JAP 122, 155305 (2017). [2] K. Kusano et al., ACS Appl. Energy Mater. 1, 5280 (2018).