

熱電発電の高出力化に向けた Al 誘起層交換 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 膜の厚膜合成

Thickening of Al-induced layer-exchanged $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ film for improving thermoelectric power output

○小澤知輝¹, 草野欽太¹, 末益崇¹, 都甲薫^{1,2}

(1. 筑波大院 数理解物質, 2. JST さきがけ)

○Tomoki Ozawa¹, Kinta Kusano¹, Takashi Suemasu¹, and Kaoru Toko^{1,2}

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

E-mail: s1610972@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、体積増大による出力向上を目的として、層交換 SiGe の厚膜化を検討した。p 型 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 \leq x \leq 1$) 膜を 1000 nm まで厚膜化し、熱電特性を明らかにしたので報告する。

【実験方法】石英ガラス上に Al 層 (50, 300, 500, 1000 nm) を堆積した後、非晶質 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ (x : 0, 0.6, 1) 層を Al と同膜厚分堆積し、 N_2 雰囲気中で熱処理 (375–450 °C) を施すことで、層交換を誘起した (Fig. 1)。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 1000 nm までの層交換に成功し、EBSD 評価から、特に Si と Ge について厚膜化による小粒径化が確認された (Fig. 2)。高い熱抵抗が期待される。正孔密度 p は x 増加に伴い増加し、膜厚依存性は確認されなかった (Fig. 3(a))。これは、 p が SiGe 中の Al の固溶限によって決定されるという Al 誘起層交換の特徴を反映している。導電率 σ は p を反映し、 x の減少に伴い低下した。また、膜厚増加に伴い、 σ は Si と Ge については減少、SiGe では一定となった (Fig. 3(b))。これは粒径に伴う移動度の変化に起因している。ゼーベック係数 S は、 p と SiGe 混晶の基礎物性に従う傾向を示し、膜厚依存性は確認されなかった (Fig. 3(c))。以上の σ および S の傾向を反映し、室温での出力因子は、最大で $700 \mu\text{W}/\text{mK}^2$ ($\text{Si}_{0.4}\text{Ge}_{0.6}$, 膜厚 500 nm) に及んだ (Fig. 3(d))。これまで層交換法で得られた p 型 SiGe 熱電薄膜の中で最高の出力因子である^[1,2]。現在、熱電デバイスを試作し、出力の膜厚依存性を調査している。

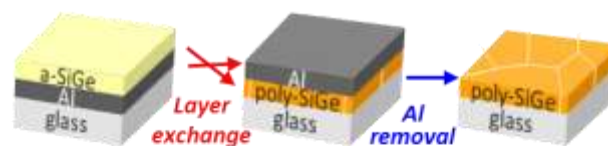


Fig. 1. Schematic of the sample preparation.

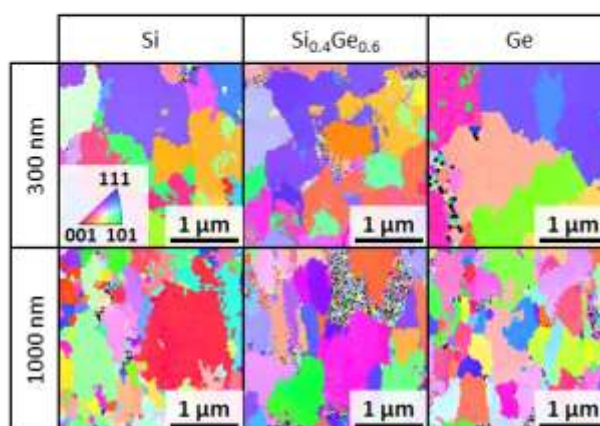


Fig. 2. EBSD images of the samples.

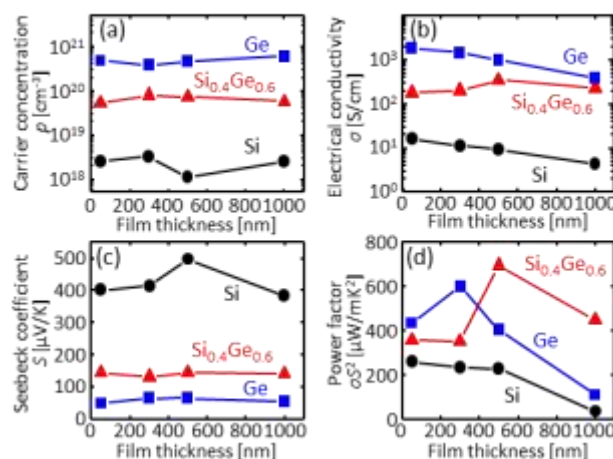


Fig. 3. Thermoelectric properties of the samples at RT.

[1] K. Kusano *et al.*, ACS Appl. Energy Mater. **1**, 5280 (2018).

[2] M. Tsuji *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **53**, 075105 (2020).