

Al 誘起層交換による $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 熱電薄膜の低温合成

Low-temperature synthesis of $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ thermoelectric film by Al-induced layer exchange

○都甲薫¹、中田充紀¹、山本淳²、末益崇¹

(1. 筑波大院 数理工学、2. 産総研)

○Kaoru Toko¹, Mitsuki Nakata¹, Atsushi Yamamoto², and Takashi Suemasu¹

(1. Univ. of Tsukuba, 2. AIST)

E-mail: toko@bk.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。もし絶縁体 (SiO_2 、ガラス、プラスチック等) 上に SiGe 熱電素子を低温形成できれば、至るところにある未利用エネルギーを、情報端末やセンサー機器等の電源として利用可能となる。今回、Al 誘起層交換[1,2]を用い、高濃度 p 型 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($0 \leq x \leq 1$) 薄膜を自己組織的に低温合成すると共に、その熱電特性を評価した。

【実験方法】 石英ガラス基板上に Al 層 (50 nm) を堆積した後、大気暴露 (30 min) により AlO_x 界面層を形成する。その後、非晶質 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ (x : 0, 0.15, 0.3, 0.6, 1) 層 (50 nm) を堆積し、 N_2 雰囲気中で熱処理 (340–450 °C) を施すことで、層交換を誘起した (Fig. 1)。全ての堆積は RF マグネトロンスパッタリング法によって行われた。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】 EBSD 像 (Fig. 2) に示すように、全組成域において、(111)面に高配向した大粒径 (> 50 μm) 結晶を実現した。正孔密度および導電率は、Ge 組成の増加、ならびに成長温度の上昇に伴い増加した (Fig. 3)。これは、各組成・各温度において固溶限相当の Al (アクセプタ) 原子が SiGe 中に添加され、活性化することに起因している。ゼーベック係数はバルク SiGe の値と概ね一致した (Fig. 4(a))。パワーファクターは $\text{Si}_{0.4}\text{Ge}_{0.6}$ および Ge で最大となり、室温付近で約 400 $\mu\text{W}/\text{mK}^2$ を示した。低温プロセスで合成した SiGe として最高値であり (Fig. 4(b))、プラスチック上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.*, APL **101**, 072106 (2012).

[2] K. Toko *et al.*, APL **101**, 022106 (2014).

[3] H. Takiguchi *et al.*, JJAP **50**, 041301 (2011).

[4] M. Takashiri *et al.*, JAP **100**, 054315 (2006).

[5] J. Lu *et al.*, Nanoscale **7**, 7331 (2015).

[6] G. Joshi *et al.*, Nano Lett. **8**, 4670 (2008).

[7] J. P. Dismukes *et al.*, JAP **35**, 2899 (1964).

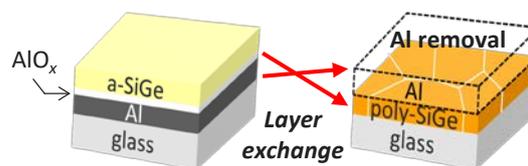


Fig. 1 Schematic of the sample preparation.

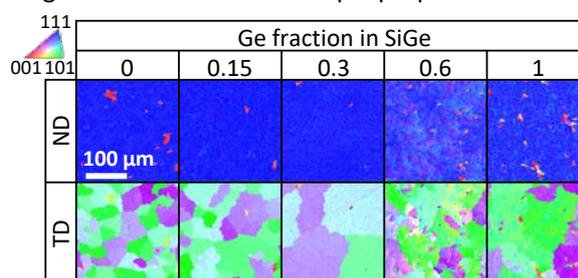


Fig. 2 EBSD images of the samples.

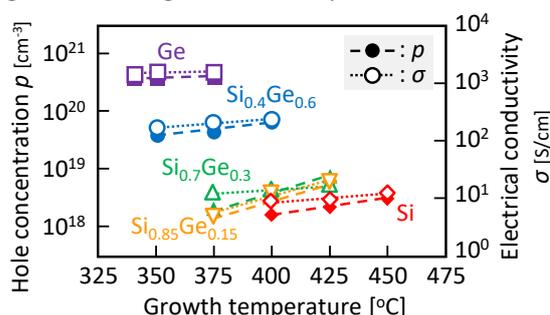


Fig. 3 Electrical properties of the samples as a function of growth temperature.

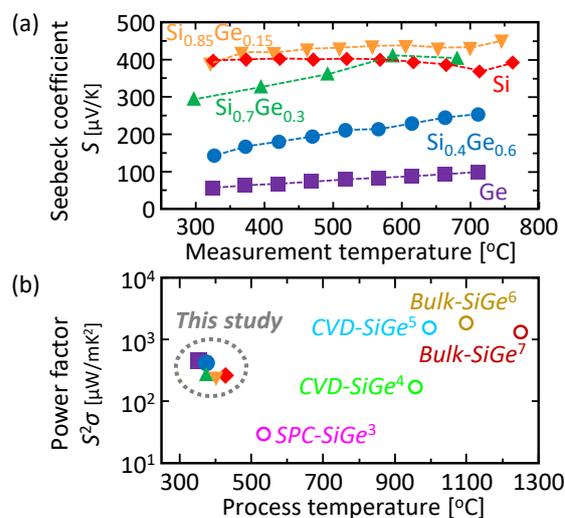


Fig. 4 Thermoelectric properties of the samples: (a) Seebeck coefficient. (b) Power factor at RT.