ガラス上 $Si_{1-x}Ge_x$ 薄膜の Al 誘起成長と熱電特性評価

Al-induced crystallization of $Si_{1-x}Ge_x$ thin film on glass and its thermoelectric properties

筑波大院 数理物質 [1]，産総研 [2]
○中田充紀 [1]，都甲薫 [1]，山本淳 [2]，末益崇 [1]
Univ. of Tsukuba[1], AIST[2]
°Mitsuki Nakata[1], Kaoru Toko[1], Atsushi Yamamoto[2], and Takashi Suemasu[1]
E-mail: bk201111021@s.bk.tsukuba.ac.jp

【はじめに】 SiGe は無毒で高温動作が可能な熱電変換材料として、古くから実用化されている。熱電変換効率の向上を目指し、薄膜化やナノ構造化の研究が活発化している。今回、Al 誘起成長法[1,2]を用い、高濃度の p 型不純物（Al）が添加された $Si_{1-x}Ge_x$（$0 \leqq x \leqq 1$）薄膜を形成すると共に、熱電特性を評価した。

【実験方法】 SiO_2 基板上に Al 層（Si: 100 nm, $Si_{0.4}Ge_{0.6}$, Ge: 50 nm）を堆積した後、大気暴露（Si: 48 h, $Si_{0.4}Ge_{0.6}$, Ge: 5 min）により AlO_x 界面層を形成する。その後、Al と同膜厚の非晶質 Si, $Si_{0.4}Ge_{0.6}$, Ge 層を堆積し、N_2 雰囲気で 100 h の熱処理（Si: 425 °C, $Si_{0.4}Ge_{0.6}$: 375 °C, Ge: 350 °C）を施すことで、層交換成長を誘起した（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。

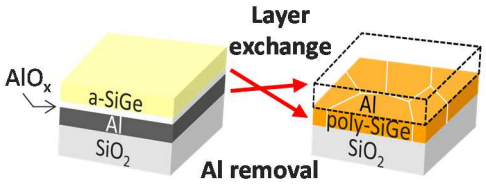

Fig. 1 Schematic of the sample preparation procedure.

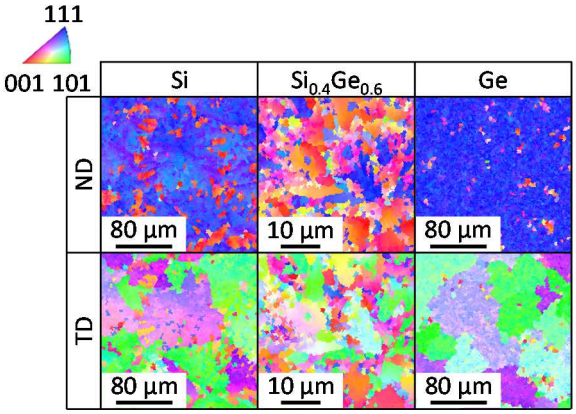

Fig. 2 EBSD images of the samples.

【結果・考察】 層交換後の試料について、上部 Al 層を希釈 HF（1.5%）で除去した後、EBSD 測定を行った。結果を Fig. 2 に示す。Si および Ge では、(111)面に優先配向した大粒径（~100 μm）の結晶が得られた。今回用いた $Si_{0.4}Ge_{0.6}$ 薄膜は比較的小粒径（~10 μm）であるが、大気暴露時間の長時間化等によって Si, Ge 並の結晶性が得られることが分かっている[2]。

Al 誘起成長した $Si_{0.4}Ge_{0.6}$ および Ge 薄膜について、電気伝導度およびゼーベック係数の温度依存性を測定した（Fig. 3）。併せてホール効果測定により算出した正孔密度を示す。Ge 薄膜がバルク Ge[3]に迫る電気伝導度を有することが判る。また、組成比や正孔密度の不一致から単純な比較は困難だが、$Si_{0.4}Ge_{0.6}$ 薄膜がバルク $Si_{0.7}Ge_{0.3}$[4]と同オーダーの特性を示していることが分かる。現在、バルク並の熱電特性を目指し、組成比や成長条件（粒径）の最適化を推進している。

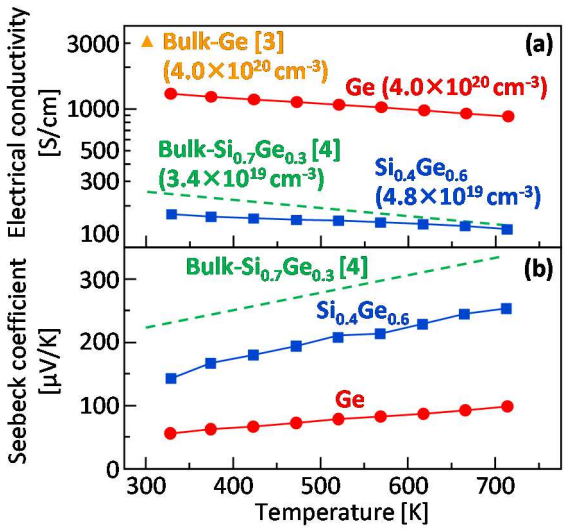

Fig. 3 Temperature dependence of (a) electrical conductivity and (b) Seebeck coefficient of the samples.

[1] K. Toko *et al.*, APL **101** (2012) 072106.
[2] M. Nakata *et al.*, Scr. Mater. **122** (2016) 86.
[3] J.C. Irvin *et al.*, Solid. State. Electron. **11** (1968) 599.
[4] J. P. Dismukes *et al.*, JAP **35** (1964) 2899.

© 2016年 応用物理学会