SiO_2 上に形成した $Ge_{1-x}Sn_x$ 多結晶の熱電特性評価

Evaluation of thermoelectric properties for $Ge_{1-x}Sn_x$ polycrystal formed on SiO_2

静大工 [1]，静大電研 [2]，内海 隼也 [1]，立岡 浩一 [1]，○志村 洋介 [1,2]
Shizuoka Univ.[1], Res. Inst. Electron. Shizuoka Univ.[2], J. Utsumi[1], H. Tatsuoka[1], and ○Y. Shimura[1,2]
E-mail: shimura.yohsuke@shizuoka.ac.jp

IV 族半導体材料からなる熱電変換デバイスが期待されている。熱電変換デバイスの高効率化への課題は電気伝導率およびゼーベック係数とは独立した熱伝導率の低減であり、これまでに Ge への Sn 導入が熱伝導率を低減することを報告している[1]。本研究では、SiO_2 上に形成した多結晶 $Ge_{1-x}Sn_x$ 薄膜の電気伝導率およびゼーベック係数への Sn 導入の効果を検証した。

分子線エピタキシー装置を用いて 5~10 nm の Sn を室温で SiO_2/Si 基板上に堆積し、275 °C で 30 分間の in-situ 熱処理を施すことで Sn ナノドット(ND)を形成した。その後基板温度 225 °C および 150 °C で膜厚 80 nm の Ge を堆積し、固相成長した $Ge_{1-x}Sn_x$ 多結晶薄膜を得た。格子位置 Sn 組成、電気的特性およびゼーベック係数は、それぞれ X 線回折、Van der Pauw 法によるホール効果測定およびゼーベック係数測定装置によって評価した。

Ge 堆積時の基板温度が 225 °C の場合、初期 Sn 膜厚の増大に伴い格子位置 Sn 組成が増大した一方で、Sn の増大が凝集を促進した(Fig.1)。また、電気伝導率 σ はキャリア濃度には依存しておらず、Sn 増大に伴う凝集の進行に伴い低下した(Fig.2)。Ge 堆積時の基板温度を 150 °C に低減することで Sn 組成が増大しながらも凝集が抑制され、高い Sn 組成と高い電気伝導率を両立した。ホール効果測定の結果、全ての試料においてキャリアは正孔であり、キャリア濃度は 10^{18} /cm^3 のオーダーで Sn 組成および表面形態に対する依存が見られず、多結晶の結晶粒界が支配的なキャリア発生サイトであることが示唆される。従ってキャリア濃度に相関のあるゼーベック係数 S も Sn 組成への依存は見られていない。

以上から、パワーファクター(PF=$S^2\sigma$ [W/cmK^2])変化は凝集による電気伝導率の変化が支配的で(Fig.3)、基板温度の低減は凝集の抑制と Sn 組成増大による熱伝導率低減両方に寄与し、熱電変換デバイスの高効率化が期待される。

[1]J. Utsumi, *et al.*, Semicond. Sci. Technol. **33**, 12404 (2018). 謝辞：本研究は JSPS 科研費(18K13786)の助成を受けたものである。

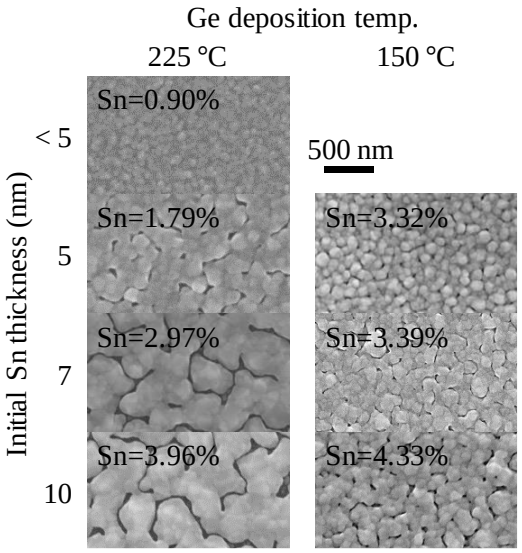

Fig.1 SEM images for $Ge_{1-x}Sn_x$ grown on Sn-ND having several initial thicknesses at 225 °C and 150 °C.

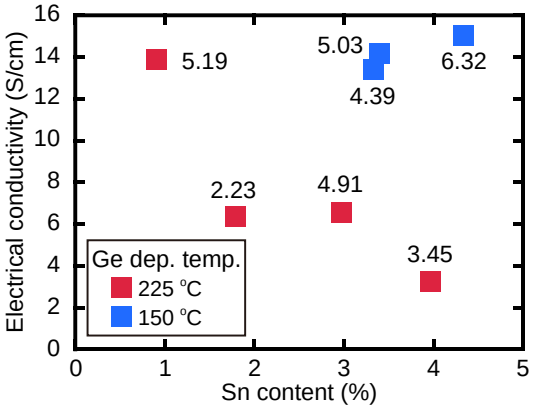

Fig.2 Electrical conductivity as a function of Sn content. Values near by plots indicate carrier concentration in the unit of 10^{18} /cm^3.

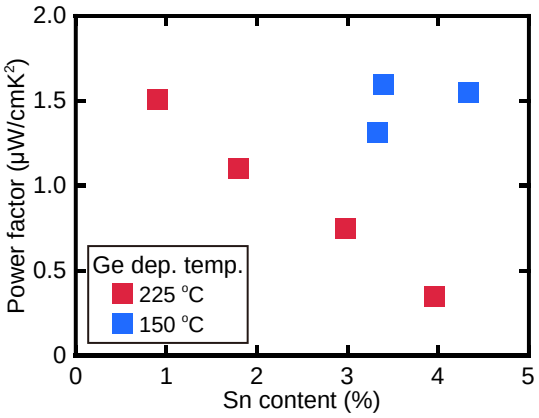

Fig.3 Power factor as a function of Sn content.