

薄膜熱電材料の pn 接合界面が熱電特性に及ぼす影響

Effect of pn junction interface in thin film thermoelectric material on thermoelectric properties

奈良先端大¹ ○村川 星斗¹, 上沼 睦典¹, 石河 泰明¹, 浦岡 行治¹,
NAIST¹ ○Hoshito Murakawa¹, Mutsunori Uenuma¹, Yasuaki Ishikawa¹, Yukiharu Uraoka¹
E-mail: uenuma@ms.naist.jp

【はじめに】

薄膜を用いた熱電変換素子(Thermoelectric Generator, TEG)は、室温付近で $\mu \sim \text{mW}/\text{cm}^2$ の発電が可能であると考えられており、微小電力で駆動するデバイスの電力源として注目されている。薄膜型 TEG の出力電力密度向上のためには、p 型と n 型の両方の材料を用いた構造が有効であり、近年では pn 接合を用いた新規熱電素子も報告されているが[1]、p/n 両方の薄膜材料の研究や pn 界面の研究が必要である。本研究グループでは、酸化物薄膜の TEG 実現に向けて研究しており、これまでに n 型のアモルファス InGaZnO (IGZO) 薄膜を用いた uni-leg 薄膜型 TEG の動作実証や[2]、p 型酸化物材料である CuO の熱電特性評価を行ってきた[3]。本研究では、n 型材料の IGZO と p 型材料の CuO を用いて pn 接合を作製し、接合界面が熱電特性に及ぼす影響について評価した。

【実験方法】

RF マグネトロンスパッタ法を用いて合成石英基板(20 mm×5 mm)上に IGZO(2:2:1:7)単膜(膜厚 300 nm)を成膜した後、オーバーラップができるように CuO 薄膜(膜厚 400 nm)を作製した。IGZO(2:2:1:7)薄膜の成膜条件は、Ar/O₂ = 20.0/0.0 (0%)、19.8/0.2 (1%)、19.6/0.4 (2%) sccm、成膜圧力 0.6 Pa、RF 電力 100 W とし、成膜後、300℃の窒素雰囲気下での熱処理を行った。CuO は Cu をターゲットとした反応性スパッタを用い、Ar/O₂ = 10.0/10.0 (50%) sccm、成膜圧力 0.2 Pa、RF 電力 100 W として作製した。電極には Au(膜厚 30nm) / Mo(膜厚 20nm)を堆積した。作製した試料について、I-V 特性及び暗室で導電率と両端に温度差を与えた際の起電力を測定した。また、サンプルの向きを入れ替えることで温度差を与える向きを反対にして同様の測定を行った。

【結果と考察】

Fig.1 (a)に IGZO(2%)/CuO の試料に与えた温度差と起電力の関係を示す。赤と青のプロットで温度差の向きが反転している。Fig.1 (a)より、温度差の向きを反転した際に、起電力に差が生じることがわかる。この現象は pn 接合試料に特有のものであり、IGZO 単膜や CuO 単膜の試料では温度差の向きによる影響は確認されなかった。温度差がない状態での起電力(V_T)と IGZO 成膜時の酸素分圧との関係を Fig.1 (b)に示す。酸素分圧の増加に伴い V_T が増加しているのは、IGZO のフェルミ準位の変化に関連しており、IGZO の伝導帯下端と CuO の価電子帯上端とのエネルギーギャップに影響していると考えられる。

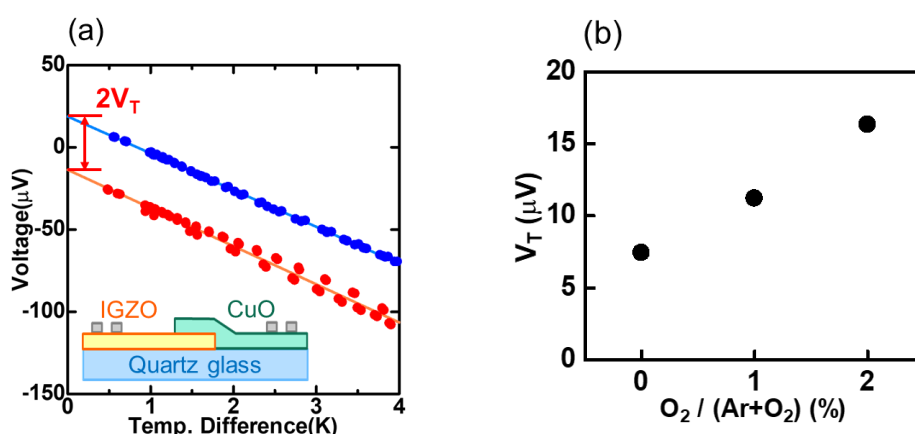


Fig.1 (a) Thermal Voltage of IGZO/CuO p-n junction (Red plot: Hot side is IGZO, Blue plot: Hot side is CuO)
(b) Relationship between V_T values and O₂ partial pressure

参考文献

- [1] F. Maculewicz *et al.*, Journal of Applied Physics 125, 184502 (2019)
- [2] K. Umeda *et al.*, 65th JSAP spring, 18p-P3-14, (2018)
- [3] H. Murakawa *et al.*, ECT 2019