pn 接合を有する熱電薄膜の熱起電力評価

Thermal Voltage in Thermoelectric Thin Film with pn Junction

奈良先端大 [1] ○村川 星斗 [1], 上沼 睦典 [1], 梅田 鉄馬 [1], Jenichi Felizco[1],
石河 泰明 [1], 浦岡 行治 [1],
NAIST [1] ○Hoshito Murakawa[1], Mutsunori Uenuma[1], Kenta Umeda[1], Jenichi Felizco[1],
Yasuaki Ishikawa[1], Yukiharu Uraoka[1]
E-mail: murakawa.hoshito.mz9@ms.naist.jp

【はじめに】

熱電変換素子(Thermoelectric Generator, TEG)は、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。本研究室では、薄膜型熱電変換素子の実現に向けて研究しており、これまでにアモルファス InGaZnO (IGZO)薄膜を用いた n 型のみの薄膜型 TEG について動作実証を行ってきた[1][2][3]。薄膜型 TEG の出力電力密度を上げるためには、p 型と n 型の両方の材料を用いた構造が有効であると考えられる。しかし、pn 接合部を有する熱電材料については報告が少なく、詳細な研究が必要である。そこで本研究では、pn 接合を持つ試料を作製し、熱起電力に対する pn 接合の影響について評価した。n 型の薄膜材料として IGZO を、p 型の材料として CuI を用いた。

【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(300 nm)および CuI 単膜、IGZO と CuI を半分ずつ成膜し pn 接合を形成した 3 種類のサンプルを作製した。成膜条件はそれぞれ、IGZO は Ar/O_2 = 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、CuI は Ar = 20.0 sccm、成膜圧力 1.0 Pa、RF 電力 20 W とした。作製した薄膜の両端に電極として Mo(100 nm) / Au(20 nm)を堆積した。作製した試料については、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、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】

図(a)に IGZO 単膜、図(b)に IGZO/CuI 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。IGZO 単膜および CuI 単膜試料では温度差の向きにかかわらず熱起電力と温度差には線形関係が見られた。この傾きから求めたゼーベック係数は、IGZO は酸素流量が少ない順に-50 μV/K、-80 μV/K、-120 μV/K 、CuI は 315 μV/K であった。一方、O_2 : 0 %の IGZO と CuI で pn 接合を作製した試料では、起電力は温度差に対し線形的な関係を示すが、温度差の向きを反対にすると起電力に差が見られた。測定値の傾きから得られる見かけ上のゼーベック係数は、温度差の向きを変えた場合でそれぞれ 77 μV/K、66 μV/K であり、IGZO と CuI の線形結合より高くなっていることが明らかとなった。温度差の向きを変えることで生じる起電力は pn 接合部の起電力であると考えられる。

また、IGZO/CuI で pn 接合を形成した素子は、接合部に形成されるエネルギー障壁のため単膜の状態と比較して導電率が低くなった。実際の薄膜型 TEG デバイス構造では、pn 接合部を加熱する構造になるが、抵抗の増大や pn 接合部の起電力はデバイスの特性を低減させるため、pn 接合間に金属を挟み込むことや、両素材を十分に縮退させることが必要である。

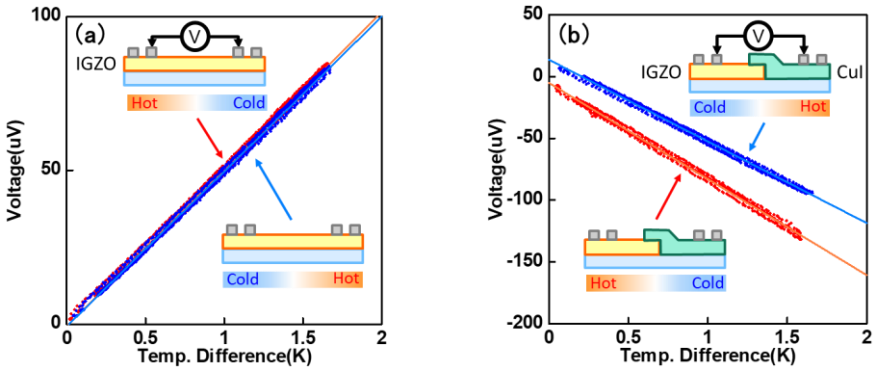

Fig.1 Thermal Voltage of (a) IGZO film and (b) IGZO/CuI p-n junction film measured against temperature difference

参考文献
[1] M. Uenuma, Y. Tawa, Y. Fujimoto, and Y. Uraoka, ECT conference 2016, OA7.4
[2] M. Uenuma, J. C. Felizco, D. Senaha and Y. Uraoka, 17th PowerMEMS2017
[3] 梅田鉄馬,上沼睦典,瀬名波大貴, Jenichi Felizco,石河泰明,浦岡行治,足立秀明,65th *JSAP spring*,18p-P3-14,(2018)