微細加工技術を用いた薄膜型熱電デバイスの開発

Development of thin-film-based in-plane π-type thermoelectric devices by microfabrication

物材機構 [1], 産総研 [2], 筑波大 [3]
○大久保勇男 [1]，村田正行 [2]，大井暁彦 [1]，Mariana S. L. Lima[1,3]，櫻井岳暁 [3]，相澤 俊 [1]，森 孝雄 [1]
NIMS[1], AIST[2], Univ. of Tsukuba[3]
°Isao Ohkubo[1], Masayuki Murata[2], Akihiko Ohi[1], Mariana S. L. Lima[1,3], Takeaki Sakurai[3], Takashi Aizawa[1], Takao Mori[1]
E-mail: OHKUBO.Isao@nims.go.jp

【緒言】DX を推進するために必須である IoT は、急速に進展しており、種々の IoT 機器やそれを構成するための機器とデバイスの開発が盛んに行われている。この IoT 機器が独立駆動するための電源やセンサー等の開発が急がれており、熱電変換はその有力な候補の一つとされている[1]。熱電変換モジュールの研究開発は、バルク材料を用いて作製されるモジュールが主流であるが、IoT 機器へ熱電デバイスを活用するためには、電子機器との集積化や他の周辺電子デバイスとのワンチップ化が必要となり、熱電デバイスの微小化が求められる。本研究では、微小化の実現に優れた微細加工技術を用いて、高密度な多数の微細なπ接合を作り込んだ平面π型薄膜熱電デバイス(図)の試作を行い、良好なデバイス特性を得ることに成功した[2,3]。

【方法】分子線エピタキシー装置で sapphire(0001)基板上に作製した、比較的高い出力因子を示す p 型 $Mg_2Sn_{0.8}Ge_{0.2}$ エピタキシャル薄膜[4,5]をベースに、フォトリソグラフィとドライエッチングにより平面π型薄膜熱電デバイスを作製した[2,3]。n 型層には室温での薄膜形成が容易で、比較的大きな熱起電力を示す半金属ビスマス(Bi)を用いた。

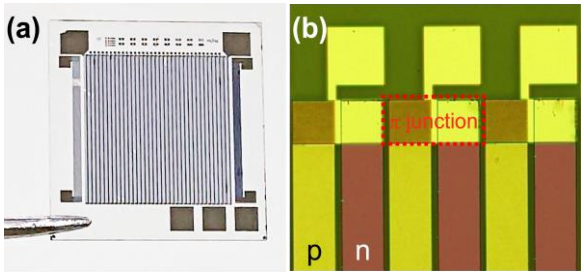

Figure: Photographs of a thin-film-based in-plane π-type thermoelectric device containing 36 p-n pairs. (a) Plan-view photograph and (b) enlarged optical microscopy image around π junctions (p-type $Mg_2Sn_{0.8}Ge_{0.2}$/metal electrode/n-type Bi).

【結果と考察】薄膜試料の 12 mm 角サイズの領域に作製した 36 対の p-n ペアの熱電デバイス(図)に、温度差(ΔT)を加えた測定(低温側 300 K 一定)では、ΔT = 10 K で出力電圧 50 mV と出力 5.3 nW、ΔT = 110 K では最大出力電圧 0.58 V と最大出力 0.6 μW を示した。p 型層と n 型層の断面積を考慮して算出される出力密度は、最大 21 mW·cm^{-2} (0.6 μW, ΔT = 110 K)に達し、高性能バルクモジュールの 1/100 から 1/10 程度であった。

References

[1] I. Petsagkourakis, K. Tybrandt, X. Crispin, I. Ohkubo, N. Satoh, T. Mori, *Sci. Technol. Adv. Mater.* **19**, 836 (2018).
[2] I. Ohkubo, M. Murata, M. S. L. Lima, T. Sakurai, Y. Sugai, A. Ohi, T. Aizawa, T. Mori, *Mater. Today Energy* **28**, 101075 (2022).
[3] 大久保勇男，村田正行，大井暁彦，相澤 俊，森 孝雄，クリーンエネルギー **31**, 15 (2022).
[4] M. S. L. Lima, T. Aizawa, I. Ohkubo, T. Sakurai, T. Mori, *Jpn. J. Appl. Phys.* **60**, SBBF06 (2021).
[5] T. Aizawa, I. Ohkubo, M. S. L. Lima, T. Sakurai, T. Mori, *J. Vac. Sci. Technol. A* **37**, 061513 (2019).

【謝辞】本研究は、JST 未来社会創造事業(No. JPMJMI19A1)、NEDO 等の支援のもと行われました。