

紡糸およびドーピング法改良による布状熱電変換素子の高出力化

Increase of Output Power from Fabric-type Thermoelectric Generators by the Improvement of Spinning and Doping Methods

奈良先端大物質, °小泉 拓也, 伊藤 光洋, 阿部 竜, 小島 広孝, 中村 雅一

NAIST, °T. Koizumi, M. Ito, R. Abe, H. Kojima, M. Nakamura

E-mail: koizumi.takuya.kk8@ms.naist.jp

IoT 用センサネットワークの電源として、身の回りの廃熱から電気エネルギーを作り出す大面積・低コスト・フレキシブルな熱電変換デバイスが必要とされている。これを目指した有機およびカーボンナノチューブ (CNT) 複合材料の熱電性能は近年急速に向上している[1, 2]が、多くの場合、材料の性能は ZT ($\alpha^2\sigma T/\kappa$, α : ゼーベック係数, σ : 導電率, T : 絶対温度, κ : 熱伝導率) あるいはパワーファクター ($\alpha^2\sigma$) で議論されている。しかし、実使用環境での性能は大気への自然放熱で律速され、活性層に生じる温度差を十分に得るためにはデバイスに十分な厚みと低い熱伝導率が要求される。そこで我々は、CNT 複合材料の紡績糸を作成し、縞状に化学ドーピングした後に布に“縫う”というプロセスを用いることで、この要求を満たす布状熱電変換デバイスを実証してきた[3]。今回、紡糸法とドーパント材料を改良することによって、素子特性の高性能化と n 型ドーピングの高安定化に成功したので報告する。

CNT 紡績糸の作製法は、基本的にウェットスピニング法[4]による。ポリマーを含有した CNT 分散液を、回転させたビーカー内のメタノール中に射出して原糸を作製し、24 時間静置後、引き上げて乾燥させた。乾燥後の CNT 紡績糸を小プラスチック片に巻きつけ、一方に n 型ドーパント溶液を滴下することで、縞状ドーピング構造を形成した。それを 3 mm 厚のフェルトにドーピングピッチに従って縫いこむことで、素子を作製した。

CNT 原料の分散法を検討した結果、これまでの超音波を用いる方法ではなく、イオン液体 ([BMIM]PF₆) を用いて分散させることにより、紡績糸の熱電性能が向上した。ポリマーの種類と濃度を最適化した結果、ポリエチレングリコールを極少量用いることで、導電性を損なうことなく機械的強度が向上した。さらに、[BMIM]PF₆ が CNT に対し良い n 型ドーパントとして作用することを見出し、これを用いることで n 型部位の高性能化と高安定化に成功した (Fig. 1)。これら改良プロセスによって作製した布状熱電変換素子の出力特性を、Fig. 2 に示す。温度差に比例した電圧が安定して得られている。講演では、実験結果の詳細の他、[BMIM]PF₆ によるドーピング現象について調べた結果についても報告する。

本研究は、JSPS 科研費 15J10711 および村田学術振興財団の助成を受けて行われた。

[1] K. Suemori *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **103**, 153902 (2013); [2] Y. Nonoguchi *et al.*, *Sci. Rep.*, **3**, 3344 (2013); [3] 伊藤他, 応物 2016 春講演会, 21p-W351-9; [4] B. Vigolo *et al.*, *Science*, **290**, 1311 (2000).

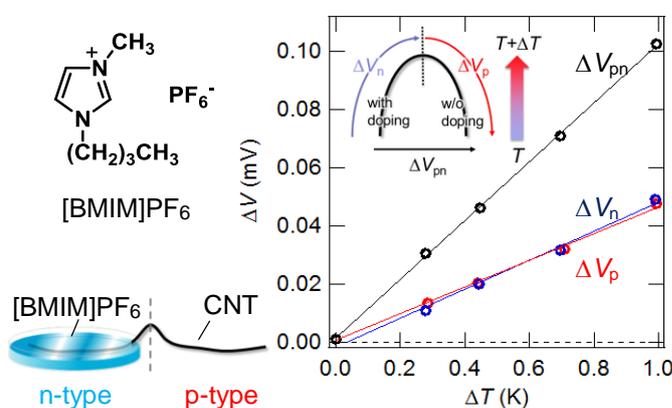


Fig. 1 n-type doping by [BMIM]PF₆

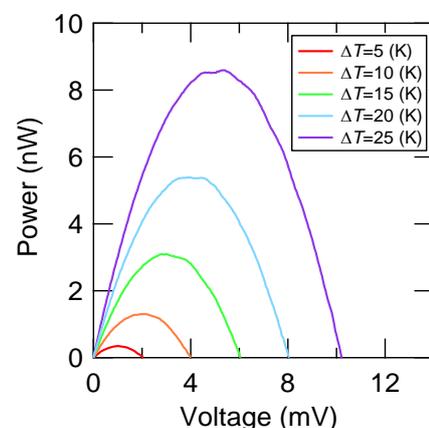


Fig. 2 Output power from fabric-type thermoelectric generator