縞状ドーピングされた CNT 紡績糸による熱電布の作製

Thermoelectric Fabrics Using CNT Yarns with Striped Doping

奈良先端大物質創成 °伊藤 光洋, 小泉 拓也, 阿部 竜, 小島 広孝, 中村 雅一
NAIST, °M. Ito, T. Koizumi, R. Abe, H. Kojima, M. Nakamura
E-mail: i-mitsuhiro@ms.naist.jp

身の回りの廃熱から電力を得る熱電変換素子は IoT（モノのインターネット）用電源として有望である。中でも体温から電気を生み出せるのは魅力的であり、ヘルスモニタ用電源など多くの応用が期待される。従来の硬くて重い素子を身に着けるのは現実的ではないことから、近年、有機材料やカーボンナノチューブ(CNT)複合材料などの軽量でフレキシブルな熱電材料の研究が進んでおり、材料の性能を表す無次元性能指数 *ZT* も大きく向上しつつある。しかし、実用化のためには、*ZT* だけでなく実使用環境での性能や使い勝手を考慮し、熱電材料から素子構造に至るまでの総合的な新概念素子の開発が必要である。例えば、素子表面から大気への自然放熱を想定すると活性層に生じる温度差は素子の厚みと熱伝導率の関数となる。熱伝導計算から、十分な温度差を得て高い出力を得るためには、有機材料の低い熱伝導率を加味しても 2 mm 以上の活性層厚みが必要と計算される。しかし、従来の蒸着やウェットプロセスでは、このような厚みを持った高品質な固体活性層を作製することは容易ではない。また、モジュール構造を保持するための基材から直接活性層が応力を受けるため、十分なフレキシブル性を確保することも困難である。

本研究では、これらの課題を解決するために、糸状にした熱電材料を布に縫うことで作製する「熱電布」を考案した[1]。本研究により開発された素子作製法は、π型セルやその直列構造を形成するための複雑な配線プロセスを必要とせず、素子の厚みや面積の設計に自由度が高く、さらに、基材である布の柔軟性や伸縮性を活かすことができるという数多くの利点を有している。また、服そのものを熱電変換素子とすることが可能であり、ウェアラブルエレクトロニクス用電源として極めて有望である（図 1）。本研究ではこれを実証するために、ウェットスピニング法によって作製した CNT 紡績糸を熱電材料として使用した。CNT は一般的に熱伝導率が高いが、CNT 同士の接合部に他の材料を挿入することで、複合材料としての熱伝導率が大きく減少する[2]。つまり、断熱性の基材と熱伝導率の低い CNT 紡績糸を利用することで極めて熱伝導率の低い素子が得られ、実使用環境においても高い性能を発揮することができる。CNT 紡績糸に、p 型と n 型が交互になるように縞状ドーピングを施したものを用いて作成した「熱電布」は、大気中でゼーベック係数とセル直列数から想定される十分な熱起電力が発生することを確認した（図 2）。今後集積率を上げることで小型電子回路を動作させるために十分な出力が得られると考えている。

本研究は科研費補助金(15J10711)、NAIST 支援財団、村田学術振興財団の助成を受けて行った。

[1]中村, 伊藤: PCT/JP2015/001704 (2015 年 3 月出願); [2] M. Ito *et al.*, APEX **7**, 065102 (2014).

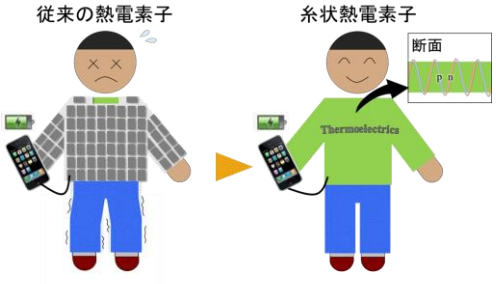

図 1　糸状熱電変換素子によって実現する「熱電服」

図 2　体温による発電実験

© 2016年 応用物理学会