

SWNT/VDF-TrFE 複合膜の熱電特性の濃度依存性

Thermoelectric properties depending on concentration of SWNT/VDF-TrFE composite

東理大理¹, 東理大工², 伊藤雅浩¹, 山田敦史¹, 橋爪洋一郎¹, 中嶋宇史¹, 山本貴博², 岡村総一郎¹

Faculty of Sci., Tokyo Univ. of Sci.¹, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Sci.², Masahiro Ito¹, Atsushi

Yamada¹, Yoichiro Hashizume¹, Takashi Nakajima¹, Takahiro Yamamoto², Soichiro Okamura¹

E-mail: m-ito@rs.tus.ac.jp

環境中に存在する熱エネルギーの約 2/3 の未利用の熱を、利用可能な電気エネルギーに変換する熱電変換技術に対する関心が高まっている。しかし、変換できる電力は微小であり、特性改善が強く求められている状況にある。最近では、希少元素を含まず、フレキシブル性に優れた単層カーボンナノチューブ(SWNTs: Single-walled Carbon Nanotubes)が注目されている。半導体性 SWNT を絶縁性物質に混合した際の熱電性能(ゼーベック係数)は、ポリスチレン [1]を用いた場合において向上することが知られている。また、強誘電体フッ化ビニリデン-三フッ化エチレン(VDF-TrFE)共重合体を SWNT 薄膜の上に積層し、VDF-TrFE を分極処理することで、SWNT のキャリア変調によってゼーベック係数が制御できることが報告されている [2]。しかし、自発分極によるキャリア変調は SWNT の界面から数 nm 以内程度であることが示唆されており、強誘電体ゲートトランジスタを用いた熱電応用は自発分極を利用しきれていない。そこで、本研究では、VDF-TrFE からより高密度なキャリア注入を実現することを目的とし、様々な SWNT 分率からなる SWNT/VDF-TrFE 複合膜を作製し、熱電性能について系統的に評価した。

eDIPS 法で生成された SWNT (名城ナノカーボン) と VDF/TrFE 粉末 (クレハ) を N-メチル-2-ピロリドン (NMP) に分散し、70°C で 10 時間かけて真空中でキャスト成膜した。SWNT の重量を変えることにより、SWNT と VDF/TrFE の混合比を調整した。

Figure 1 に、電気伝導率とゼーベック係数の SWNT の濃度依存性を示す。SWNT の分率によってゼーベック係数は最大で 20% 程度変化となっており、ゼーベック係数は材料の寸法によらないという解釈と矛盾しないものとなっている。一方で、電気伝導率は 2 wt% までは線形に増加し、2 wt% 以上では、ほぼ一定となった。電気伝導率の変化に比べて、ゼーベック係数はほぼ変化していないことから、電気伝導率に対するパーコレーション閾値が、SWNT 分率で 2 wt% 以下に存在することが示唆される。また、電力因子(Power factor)は電気伝導率の変化が支配的であるため、2 wt% までは増加し、それ以上で一定となった(Fig. 2)。以上の結果から、SWNT 濃度が 2 wt% のときに、熱電特性が飽和し、VDF-TrFE との界面密度も最大化されていると推測される。当日は、SWNT が 2 wt% 付近の複合膜へのキャリア注入効果による熱電性能の変化について議論する予定である。

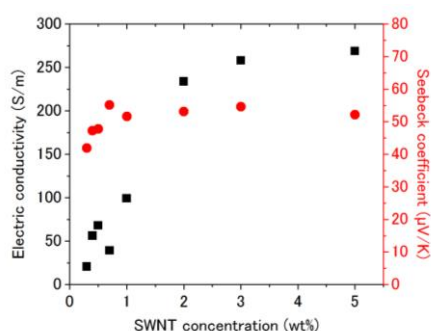


Fig. 1. Electrical conductivities and Seebeck coefficient of SWNT/VDF-TrFE composites as functions of the SWNT concentration.

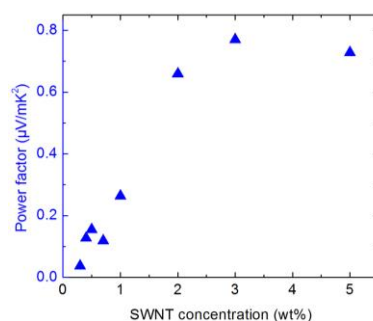


Fig. 2. Power factor of SWNT/VDF-TrFE composites as functions of the SWNT concentration.

[1] K. Suemori, Y. Watanabe, and S. Hoshino, Appl. Phys. Lett. **106**, 113902 (2015).

[2] S. Horike, M. Misaki, Y. Koshiba, M. Morimoto, T. Saito, and K. Ishida, Appl. Phys. Express **9**, 081301 (2016).