

半導体性カーボンナノチューブ薄膜の熱電特性における 合理的な一次構造デザイン

Rational Primary Structure Design for Boosting the Thermoelectric Properties of Semiconducting Carbon Nanotube Networks

奈良先端大物質¹, JST さきがけ² ◯幸本 洵一¹, 後藤 千草¹, 河合 壯¹, 野々口 斐之^{1,2}

Nara Inst. Sci. Tech.¹, JST PRESTO²,

◯Junichi Komoto¹, Chigusa Goto¹, Tsuyoshi Kawai¹, Yoshiyuki Nonoguchi^{1,2}

E-mail: komoto.junichi.ki4@ms.naist.jp ; nonoguchi@ms.naist.jp

近年、半導体性 SWCNT は理想的な一次元半導体材料として、物性と応用の両面から注目されている。SWCNT はグラフェンシートをシームレスに丸めた筒状物質であるが、その巻き角度により半導体から金属まで物性が変化する。近年半導体性 SWNT の優れた熱電特性が報告されているが[1]、個々の直径分布との関係性は実験的に解明されていない。本研究では導電性高分子により抽出された直径分布の異なる半導体性 SWCNT 薄膜を作製し、その熱電特性を調べた。

分散剤としてポリ(9,9-ジドデシルフルオレン)(PFD)、ポリ(9,9-ジオクチルフルオレン)(PFO)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン)-co-(2,6-ピリジン)](PFO-Py)の3種類のポリマーを用いて、SWCNT をトルエンおよび *m*-キシレン中に分散させ、それぞれ PFD/toluene、PFO/toluene、PFO/*m*-xylene および PFO-Py/toluene を得た。吸収スペクトルの S_{11} ピーク強度分布から PFO/toluene および PFO/*m*-xylene は、ほぼ等しい直径分布を有する一方で、PFD/toluene と PFO-Py/toluene はより太い直径分布を有していると推定された。また、発光測定からカイラリティを帰属し、既報[2]に基づいて個々のカイラリティに対する吸光係数を求め、平均直径を概算した。更に赤外分光法を用いて1次元のプラズモン共鳴に由来するバンドの強度を測定し、半導体純度を概算した。種々の分光分析と電子顕微鏡観察から、長さ、結晶性、固体状態でのバンドル太さなど一次構造の直径分布および半導体純度以外の因子が大きく異なることを確認した。

ろ過法により、分散液から厚み 200~250 nm の薄膜を作製した。一電子酸化剤であるビス(トリフルオロメタンスルホニル)イミド銀 (AgTFSI) を用いて p 型ドーピングを施し、電気伝導率とゼーベック係数の関係を調べた。PFO/toluene 複合膜よりも半導体純度の高い PFO/*m*-xylene、PFD/toluene、PFO-Py/toluene 複合膜において、ほぼ全ての測定範囲でゼーベック係数の向上がみられた。PFD/toluene および PFO/*m*-xylene 複合膜は同程度の半導体純度 (~97 %) を有し、より太い直径分布を有する PFD/toluene 複合膜は 10 倍以上の電気伝導率を示した。最後に、4 種類のサンプル中で最も太い直径分布かつ高い半導体純度を有する PFO-Py/toluene 複合膜は、PFO/toluene 複合膜と比較して約 10 倍のパワーファクターを示した。

[1] Y. Nakai *et al.*, *Appl. Phys. Express.* **7**, 025103 (2014).

[2] R. B. Weisman *et al.*, *Nano Lett.* **16**, 6903 (2016).