

14cm 数層 CNT フォレストの引張特性と電流容量

Tensile properties and current-carrying capacity of 14 cm-tall few-walled CNT forest

静大院工¹, 早大先進理工², 早大理工学術院³

○(M2) 林 竜弘¹, 中野 貴之¹, 杉目 恒志², 野田 優^{2,3}, 井上 翼¹

Dept. Elec. and Mater. Sci., Shizuoka Univ.¹, Dept. Appl. Chem., Waseda Univ.²,

Waseda Research Institute for Sci. and Eng., Waseda Univ.³

°Tatsuhiko Hayashi¹, Takayuki Nakano¹, Hisashi Sugime², Suguru Noda², Yoku Inoue¹

E-mail: hayashi@cnt.eng.shizuoka.ac.jp

【はじめに】CNT フォレストの長時間合成において、Fe 触媒の Al_2O_3 担持層への拡散及びオストワルドライピングが原因となり、CNT は自己成長停止して数 mm 程度の長さとなる。最近 Fe-Gd 触媒を用いた CVD 法により、長尺成長を可能にした CNT が報告された[1,2]。本研究では、Fe-Gd 触媒により達成された高さ 14 cm の連続結晶 CNT フォレストの引張特性と電子輸送特性を調査した。

【実験】CNT フォレストから取り出したバンドルは不均一な構造のため、直径が 30~100 μm のピンホールを通して、断面が真円となる無撓糸を作製した。CNT 無撓糸について、従来のマクロスケール試験と同様に、ゲージ長 1 cm で引張試験と直流二端子法を用いた電気測定を実施した。Ar 雰囲気下で 2800 $^{\circ}\text{C}$ 、1 時間黒鉛化熱処理を施した試料についても同様の測定を行った。

【結果】Fig.1 に示した SEM 像より、超長尺 CNT バンドルは、上部は垂直配向しているが中部はうねりが加わり、下部ではスパゲッティ状であることが分かった。Fig.2 に上部から下部までそれぞれの箇所での引張強度とヤング率を示す。上部程値が大きく、CNT の中空部を含めた CNT 一本あたりの公称引張強度は 0.54 GPa、公称ヤング率は 48 GPa であった。これは従来の電子顕微鏡内での単一 CNT の引張試験の報告値と同等である[3]。Fig.3 に、熱処理前後における電気的特性の変化を示す。黒鉛化により、導電率は 140 S/cm から 340 S/cm 、電流容量は 6700 A/cm^2 から 8800 A/cm^2 へ向上した。これは、黒鉛化における結晶欠陥の低減によるものと考えられる。熱処理後の比導電率は 1560 Scm^2/g であり、CNT 当たりの電流容量は $5.2 \times 10^4 \text{ A}/\text{cm}^2$ である。本 CNT の電流容量は、市販の Cu ワイヤの電流容量($5.8 \times 10^4 \text{ A}/\text{cm}^2$)と同等の結果を示した。

[参考文献]

- [1] W. Cho, M. Schulz, V. Shanov, Carbon 72, 264–273, 2014.
- [2] H. Sugime, T. Sato, R. Nakagawa, C. Cepek, S. Noda, ACS Nano 13, 13208–13216, 2019.
- [3] K. Shirasu, G. Yamamoto, T. Hashida, Mater. Res. Express 6, 055047, 2019.

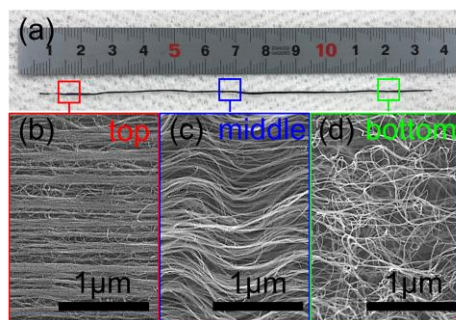


Fig.1 Morphology of ultra-long CNT bundle: (a) overall picture (b) top (c) middle (d) bottom

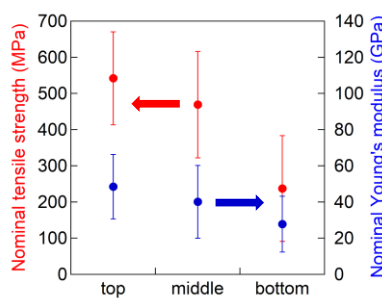


Fig.2 Tensile strength and Young's modulus at top, middle and bottom

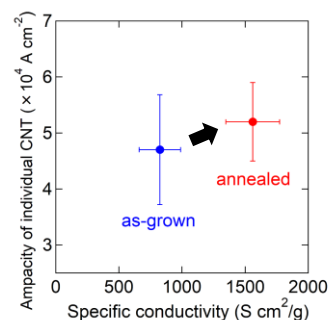


Fig.3 Conductivity and ampacity of as-grown and annealed CNT