

単一のカーボンナノコイルを対象とした電気特性測定系の構築と 電気特性に与える黒鉛化処理の影響

Development of measurement system for electrical properties of single carbon nanocoil and effect of graphitization treatment on electrical properties.

豊橋技術科学大学¹, 東海カーボン², 湘南合成樹脂製作所³, 東邦ガス⁴, 山梨大学⁵

中村 康史¹, 須田 善行¹, 滝川 浩史¹, 植 仁志², 清水 一樹³, 梅田 良人⁴, 島 弘幸⁵

Toyohashi Univ. of Technol.¹, Tokai Carbon Co., Ltd.²,

Shonan Plastic Mfg. Co., Ltd.³, Toho Gas Co., Ltd.⁴, Univ. of Yamanashi⁵

Yasushi Nakamura¹, Yoshiyuki Suda¹, Hirofumi Takikawa¹,

Hitoshi Ue², Kazuki Shimizu³, Yoshito Umeda⁴, Hiroyuki Shima⁵

E-mail: nakamura.yasushi@pes.ee.tut.ac.jp

1.はじめに

カーボンナノコイル (CNC) は螺旋形状を有する繊維状炭素ナノ材料である。この特徴的な構造から、ナノスプリング⁽¹⁾ やナノインダクタ⁽²⁾ などさまざまな分野への応用が期待されている。しかし、デバイスなどへの応用のためには CNC 一本の機械的・電気的特性の測定が不可欠である。本研究では単一のカーボンナノ材料のための電気抵抗測定系を用いて、複数の CNC について電気抵抗の測定を行い、コイル形状との関係を調査した。さらに黒鉛化させた CNC についても測定することで構造の違いによる特性について比較した。

2.測定試料の作製

CNC は研究室内で化学気相合成法 (CVD) によって合成した。この一部をアルゴンガス中、2600 °C で 30 分間加熱することで黒鉛化 CNC (G-CNC) を作製した。黒鉛化 CNC についてラマン分光測定を行ったところ G/D 比が CNC の 0.94 に対して 1.79 となり、黒鉛化されていることを確認した。測定用試料は集束イオンビーム加工観察装置 (FIB) により作製した。作製した試料を図 1 に示す。ガラス基板上にイオンコータを用いて厚さ 200 nm の Au を製膜した。次に FIB のエッチングを用いてガラス基板を 5 μm 四方に露出させ、そこに CNC を架橋した。そして CNC の両端を Pt デポジションにより固定した。つぎに、CNC の片端の Pt デポジション部分を FIB のエッチングにより周りの金の部分と切り離すことで独立した電極を作製した。

電気抵抗の測定は、走査型電子顕微鏡 (SEM) 内のマニピュレータとソースメータを利用した。銀ペーストを用いて試料台と Au 膜を固定することにより CNC の片端が電氣的に接続された。次に、ソースメータと接続したマニピュレータを電氣的に独立した電極と接触させることにより CNC の直流電気抵抗を測定した。

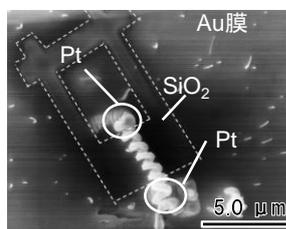


Fig. 1 SEM micrograph of CNC fixed to the Au film

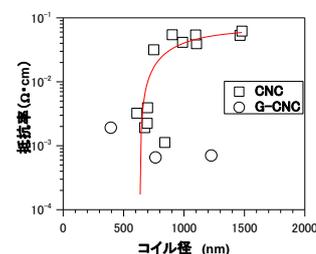


Fig. 2 Relationship of resistivity with the coil diameter

3.CNC の形状と電気抵抗率の関係

構築した測定系を用いて複数の CNC について電気抵抗を測定した。図 2 に CNC のコイル径と抵抗率の関係を示す。測定された抵抗率は $1.06 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ から $8.0 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ の間に分布していた。また、コイル径によって電気抵抗率は増加する傾向を示した。

この現象について我々は CNC のアモルファス構造に由来するものと考えた。そこでアモルファス構造から黒鉛構造へと変質させた黒鉛化 CNC について測定を行った。3 本の黒鉛化 CNC は CNC と比べて抵抗率が一桁程度低下した。さらにコイル径が 2 倍以上異なっても抵抗率は $6.5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ から $1.9 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ と狭い範囲に分布していた。このことから、形状による抵抗率の変化は CNC のアモルファス構造によるものであることが推察された。

謝辞 本研究の一部は、豊橋技術科学大学 EIIRIS プロジェクト、JSPS 科研費 24360108, 25630110 を受けて行なわれた。

文献

- (1) T. Yonemura, et al: Carbon, 83, 183 (2015)
- (2) S. Motojima, et al: Diamond & Related Materials, 13, 1989 (2004)