

垂直配向 CNT forest film の横方向導電率評価

121075 沢田 侑斗 (先進エネルギーナノ材料研究室)
(指導教員 古田 寛 教授)

1. 研究背景

近年ニューラルネットワークを材料の中で実現する人工神経模倣回路の研究[1, 2]が注目を集めており、本研究室では CNT forest film を用いた人工神経模倣回路(カーボンナノチューブメタネットワーク)により、光・電気信号入出力による画像学習識別へ応用することを目指した研究を行なっている。従来研究として同研究室の楠本がスパッタ中の基板横方向コンダクタンスの測定で Ni 極薄膜の島状構造と導電性ネットワーク形成プロセスを評価する方法を報告した[4]。短尺の CNT forest film(以下 CNT)では CNT 間の電氣的コンタクトが形成されていることが予想され、自発的な電氣的ネットワークが期待できるが、これまでこれを評価した報告はほぼなく、実験で明らかにする必要がある。

2. 研究目的

本研究では熱酸化シリコン基板上に AlO/Fe を触媒として成長した CNT forest film の横方向コンダクタンスと膜厚から CNT の横方向導電率を明らかにすることを目的とする。

3. 実験方法

熱酸化シリコン基板上に AlO(30nm)/Fe(1nm)を成膜し、炭素源ガス C_2H_2 を用いた熱 CVD 法より基板上に CNT を成長させた。作製した CNT 基板にパターンされたメタルマスクを被せ、メタルマスク越しに Au を成膜して電極間距離 4mm の平行電極を作製した。電極上にインジウムを用いたはんだ付けを施し、エレクトロメーターに結線して Labview で印加電圧を制御することで電極間の CNT の電流電圧を測定した。

4. 実験結果

合成した CNT の断面 SEM 画像を図 1 に示す。

合成時間が 30、20 秒、10 秒、5 秒の試料は、CNT 表面の凹凸の差は±3%以内で均一であった。しかし、1 秒の試料は凹凸の差が±40%程度と不均一であった。

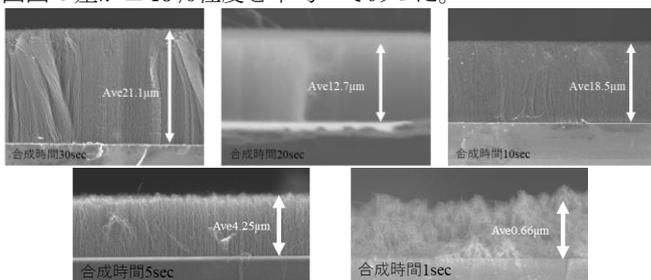


図 1 各合成時間における断面 SEM 画像

CNT の I-V 測定結果からオームの法則より CNT のコンダクタンスを算出し、膜厚と相関をとったグラフを図 2 に示す。

図中の各プロットについて Up とは 0~0.2V を印加したとき、Down は 0.2~0V を印加したときを表し、それぞれ 0.2V 時のコンダクタンスをプロットした。

グラフは 3 つの領域に分かれており 0~5 μm においては単位膜厚あたりにコンダクタンスが $8.34 \times 10^5 \Omega^{-1}$ 上昇し、5 μm ~18 μm では $3.20 \times 10^5 \Omega^{-1}$ 上昇したが、18 μm ~22 μm までは単位膜厚あたり $-11.2 \times 10^5 \Omega^{-1}$ で減少した。

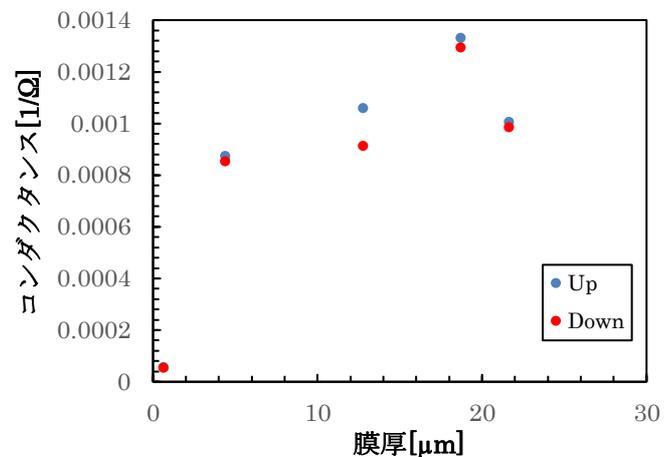


図 2 CNT のコンダクタンスと膜厚の関係

次に、膜厚から導電率を算出して、膜厚との相関をとった結果を図 3 に示す。図中の各プロットについて Up とは 0~0.2V を印加したとき、Down は 0.2~0V を印加したときを表し、それぞれ 0.2V 時の導電率をプロットした。

このグラフは 5 μm を境に 2 つの領域に分けることができる。0~5 μm では単位膜厚あたり 838S/cm で上昇するが、5 μm ~22 μm にかけて単位膜厚あたり 240S/cm で減少した。

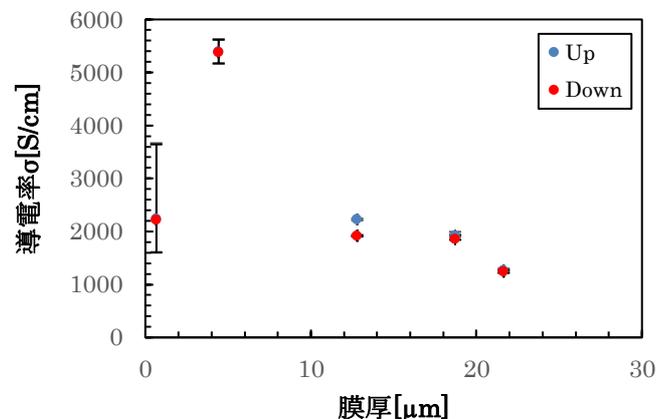


図 3 CNT の導電率と膜厚の関係

以上の結果から垂直に配向した CNT は 0~5 μm までは横方向に流れる電流が膜厚に大きく依存する。しかし膜厚が 5 μm を超えると電流量が膜厚に依存しなくなり、コンダクタンスは上昇する一方で導電率は下がる。短尺になることで膜構造は横方向配向が優勢になり、コンダクタンスの増加もしくは横方向配向 CNT 自身のコンダクタンスにより、導電率が上がったと考えられる。

参考文献

- [1] H. Tanaka, M. Akai-Kasaya, A. TermehYousefi et al., Nat Commun 9, 2693 (2018).
- [2] M. Kimura et al., Jpn. J. Appl. Phys., 54, 03CB02 (2015).
- [3] 甘利俊一, 日本神経回路学会誌, 1(1) (1994), 7-11.
- [4] Y. Kusumoto et al., J. Vac. Sci. Technol. A 32(3) (2014) 031502.

謝辞

本研究は科研費基盤 C(20K05093 代表古田寛)の支援を受けた