

レーザ熱転写法によりプラスチックフィルムに形成した MWNT 配線のキャリア伝導メカニズムに関する考察

Carrier Transport Mechanism of MWNT Wirings

on Plastic Films using Laser Thermal Transfer Method

東理科大先進工 〇(B)松浪 隆寛, (M1)杉田 洋介, (M2)小松 裕明, 生野 孝

Tokyo Univ. of Science, 〇Takahiro Matsunami, Yosuke Sugita, Hiroaki Komatsu, Takashi Ikuno

E-mail: tikuno@rs.tus.ac.jp

カーボンナノチューブ(CNT)は、優れた電気特性から次世代の配線としてフレキシブルデバイスなどへの応用が期待されている。¹ フレキシブルデバイスの基板として用いられるプラスチックフィルムの多くは、化学気相成長法などの高温成長プロセスに適さないため、ソフトプロセス（低温・非真空）による CNT 配線形成技術が求められている。² これまで我々は、大気中・室温でポリプロピレン(PP)フィルム上に直接多層 CNT (MWNT) 配線が描画可能なレーザ熱転写法を開発し、レーザ照射条件により MWNT 配線の抵抗値が制御できることを報告した。³ しかし、レーザ熱転写法による配線形成メカニズムは十分理解できていない。

そこで本研究では、配線の微細構造観察、ラマンマッピング、そして有限要素法による熱伝導シミュレーションから、レーザ照射条件が配線の抵抗率、線幅、厚さの3パラメータに与える影響について考察した。

MWNT 配線は次のような手順で作製した。まず、PP フィルムに MWNT 分散液(MW-I, 名城ナノカーボン)をスプレー噴霧し、MWNT 膜/PP フィルムを得た。その後、MWNT 膜へ CW レーザ(波長 405 nm, 出力 66 mW, 走査速度 0.005-1 mm/s)を照射し、PP フィルム表面に MWNT 膜を転写した。配線微細構造の観察には、ラマン分光装置 (Renishaw, inVia Reflex), 光学顕微鏡, そして走査電子顕微鏡 (SUPRA 40, Carl Zeiss) を用いた。熱伝導シミュレーションは、COMSOL Multiphysics を用いた。

試料の中心 (Fig.1 の Position=0) にレーザを照射したときの各レーザ走査速度における MWNT/PP 界面の面内温度分布 (計算値) を示す。低速で走査するほど界面温度が上昇することが分かった (Fig.1)。1本の MWNT 配線を描画する際、意図的に走査速度を 1 mm/s から 0.05 mm/s に変化させ (Fig.2 の点線が境界)、速度遷移領域付近のラマンマッピング (G/D 比) と抵抗値を測定した。低速のほうが G/D 比が低く結晶性が悪化することがわかった。これは、Fig.1 のように、局所加熱により周囲の酸素や水と反応し酸化したためであると考えられる。さらに低速のほうが抵抗値が低かった。これは、配線を構成する PP が局所加熱により蒸発し PP 含有量が相対的に減少し、その結果配線の抵抗率が減少したためであると考えられる。当日は、MWNT 配線の微細構造観察とフィルム内の熱伝導計算結果から、MWNT 配線の抵抗制御のメカニズムについて議論する。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 22K04880 の助成により実施されたものである。

1. S. Park *et al.* *Nanoscale*, **5** (2013) 1727-1752.
2. Y. Sugita *et al.* 第 69 回応用物理学会春季学術講演会, 22p-P06-2.
3. H. Komatsu *et al.* (2023) (submitted).

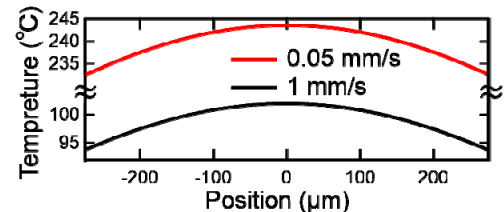


Fig.1 Temperature distribution at boundary of MWNT layer and PP

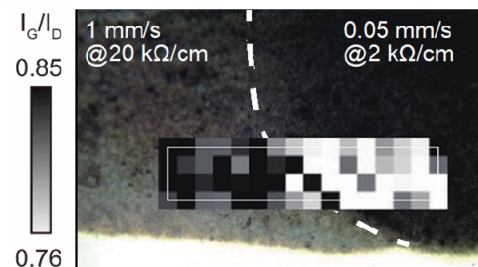


Fig.2 Raman mapping of MWNT wiring around the transition point of the scan speed.