

短尺垂直配向多層 CNT フォレストの初期成長光学特性

Optical Properties of Vertically Aligned
Multi-Walled Carbon Nanotube Forests at Initial Growth Stage高知工科大学¹, 高知工科大ナノテク研²○関家 一樹¹, 小路 紘史¹, 古田 寛^{1,2}, 八田 章光^{1,2}Kochi Univ. Technol.¹, Inst. Nanotechnol., Kochi Univ. Technol.²°Kazuki Sekiya¹, Hirofumi Koji¹, Hiroshi Furuta^{1,2}, Akimitsu Hatta^{1,2}

E-mail: 130087u@ugs.kochi-tech.ac.jp, furuta.hiroshi@kochi-tech.ac.jp

【はじめに】現在、CNT (Carbon Nanotube) は、構造異方性を利用した光デバイスへの応用が期待され、光学特性評価の研究が盛んである。垂直配向長尺 SWNT では直径が小さいほど短波長光を吸収し、その吸収は光の散乱の繰り返しにより生じるという報告⁽¹⁾、p 偏光吸収の角度依存性⁽²⁾、プラズマ CVD 成膜その場エリプソメトリ評価⁽³⁾、など多くの報告がある。我々は、CNT フォレストの光デバイス応用を目指すため、光波長程度の長さの CNT 初期成長段階に注目し、熱 CVD 装置のガス導入時間の精密制御により、~10 μm 長以下の MWNTs を再現よく合成した⁽⁴⁾。これまで、長さ制御された MWNTs (1 μm ~4 μm) の正反射率、FTIR 測定を行い、初期 MWNTs の光学特性を評価し⁽⁴⁾、MWNTs の正反射測定では、CNT 長さに対し指数関数で正反射が減衰したが、散乱成分が不明であった。また、FTIR 測定では、CNT 長さ(膜厚)に対応する干渉縞が観測され、その屈折率の値は 1 に相当する結果が得られたが、詳細な光学特性評価を必要としていた。

【実験】高抵抗 Si 基板上にスパッタ成膜により Fe/Al を 2nm/3nm 積層させて積層触媒とし、熱 CVD 法により CNT を合成した。原料ガスは C₂H₂ ガスを用いた。CVD 条件は、ベース真空度 5.0×10^{-4} Pa, CVD 温度 730°C, プレアニール時間 3 分 30 秒で統一した。合成時間は、自動化した電磁バルブの開閉で、原料ガス供給時間を制御した。また、ガス導入圧力はチャンバー前にパuffアタンクを置くことで、チャンバー内の圧力が 320m 秒以内で合成圧力に達した。CNT フォレストの光学特性を、分光光度計 U-3900 の 5°正反射(鏡面反射)による反射率測定と同装置の積分球 ϕ 60(拡散反射)で評価した。また、初期 MWNTs をエリプソメトリで評価した。

【結果と考察】Figure1 に MWNTs 長さ(高さ)1 μm ~3 μm の正反射率と積分球反射率について Si の反射率を 100%で規格化した、正反射率と拡散反射率を示す。Fig.1 に示すように、MWNTs が長くなると光の正反射率と拡散反射率は下がった。同じ MWNT 長で比較すると、

正反射率は、拡散反射率よりも正反射率が低く、3 μm 以下長さの MWNTs の光反射には散乱成分が大きく、さらに紫外域ではレイリー散乱が大きいことがわかった。Fig.2 は MWNTs 長さ 3 μm の入射光 63 度~75 度のエリプソメトリースペクトルである。Fig.2(a)に Ψ に対するスペクトル、Fig.2(b)に $-180^\circ \leq \Delta \leq 180^\circ$ に対するスペクトルを示す。Fig.2(b)に示すように、高角度入射では、CNT 軸方向の p 偏光振動成分が増加することにより、反射光の s 成分に対する p 成分の位相遅れ(Δ)が増加した。当日は全反射、拡散反射、エリプソメトリ結果の対応関係を議論する。

【引用文献】

- (1) K. Mizuno *et al.*, PNAS 106 (2009) 6044-6047.
- (2) Y. Murakami *et al.*, Carbon. 43(13) (2005) 2664-2676.
- (3) Y. Hayashi *et al.*, JJAP. 44 (2005) 1549-1553.
- (4) 関家一樹 *et al.*, 第 73 回秋季応用物理学会学術講演会予稿集, JSAP (2012) 17-076

【謝辞】本研究は科研費研究(24560050)の一部として行われた。

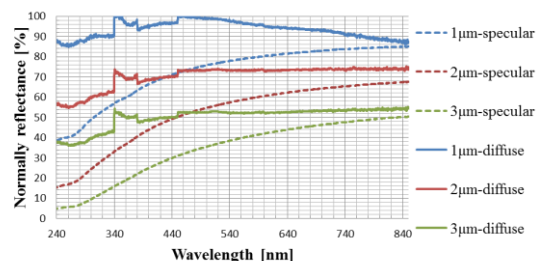


Fig. 1 Specular and diffuse reflection spectra of CNTs with various lengths.

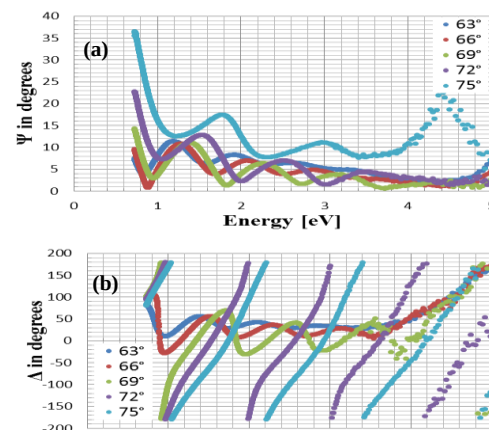


Fig.2 Spectroscopic ellipsometry of (a) Ψ and (b) Δ spectra of CNTs with length of 3 μm .